II 90372/96,5

ELSEVIER
URBAN & FISCHER

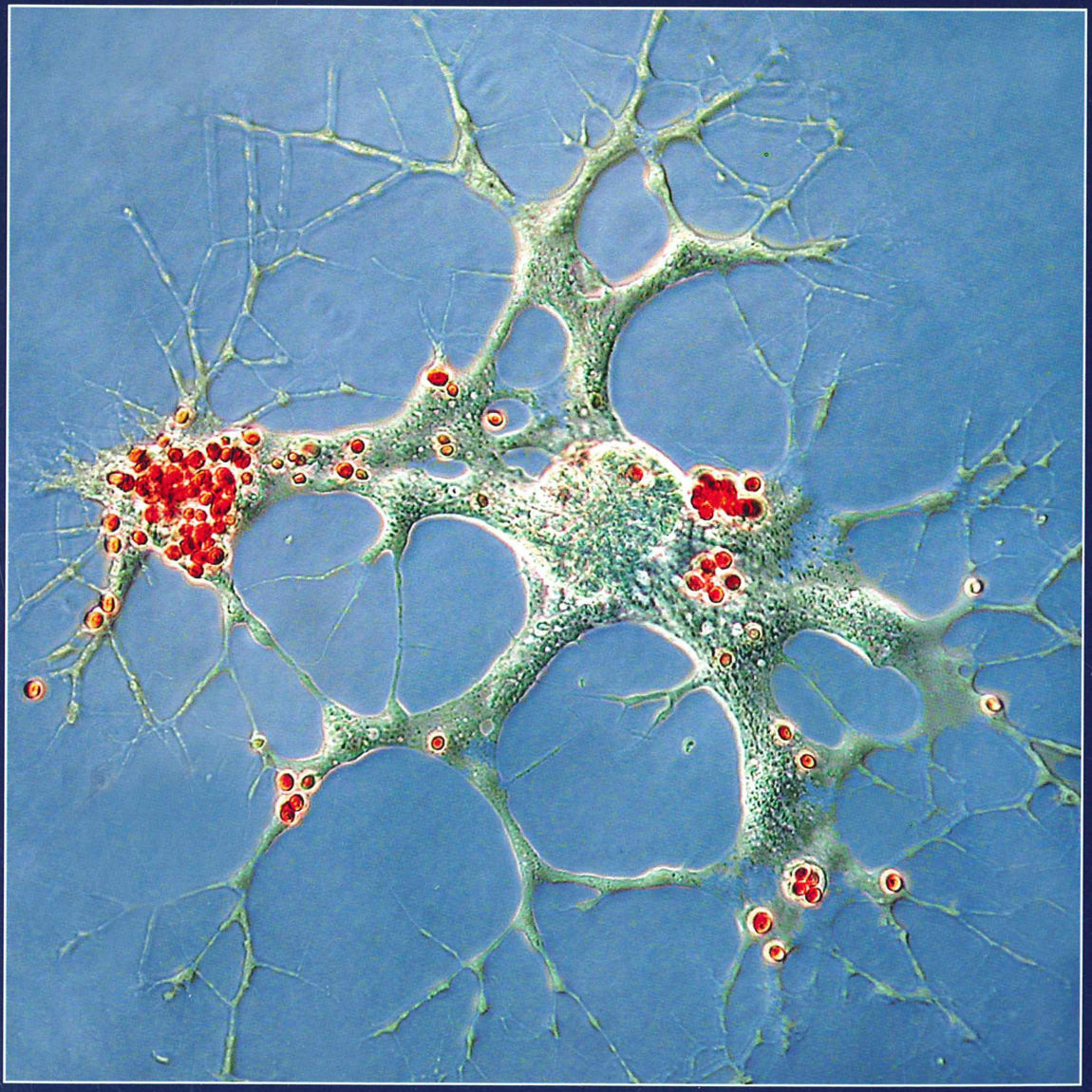
MIKROKOSMOS

1907 * 2007
100
JAHRE

Heft 5
96. Jahrgang
September 2007

www.elsevier.de/mikrokosmos

ISSN 0026-3680



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

MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

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

Mitteilungsorgan für den Arbeitskreis Mikroskopie im Freundeskreis Botanischer Garten Köln, Arbeitskreis Mikroskopie im Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen, Arbeitskreis Rhein-Main-Neckar, Berliner Mikroskopische Gesellschaft e.V., Mikroskopie-Gruppe Bodensee, Mikroskopischer Freundeskreis Göppingen im Naturkundeverein Göppingen 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, Tübinger Mikroskopische Gesellschaft e.V.

Inhalt

Artikel

257 Sukzession – Lebensgemeinschaften im Wandel
Heinz Günter Beer

263 *Drilophaga bucephalus* – Ein seltenes ektoparasitisches Rädertier
Ole Riemann und Alexander Kieneke

268 *Biomyxa vagans* – Weitere Studien und Beobachtungen: Kultur, Zellkerne, Cysten und morphologische Besonderheiten
Josef Brief

275 Leidys Schmetterlinge – Eine merkwürdige Variation der Moor-Schalenamöbe *Hyalosphenia papilio* (Leidy, 1874)
Chaim Glück

281 Von der äußeren Morphologie zur zellulären Ultrastruktur – Mikroskopische und zeichnerische Dokumentation eines Insektenorgans
Robert Sturm

291 Mikroskopie in der Schule zwischen 1871 und 1914
Teil 1: Bedeutung von Naturwissenschaften und Mikroskopie in Gesellschaft und Schule
Jürgen Hartwig Ibs

301 Einzellersuche im Wohnzimmer – Interessante Protisten aus einem Warmwasseraquarium
Hans-Jürgen Voß

308 „Digitale Lichtbox", die Zweite – Dias mit der digitalen Kamera abfotografieren
Hans Jürgen Steinkohl

312 Mit dem Tessovar auf Makropirsch – Hautflügler im Garten und auf dem Bürgersteig
Erich Lüthje

316 LED-Beleuchtung für das Stereomikroskop
Wolfgang Bettighofer

Rubriken

289 Nachricht

290, 307 Buchbesprechungen

318 Aus den Arbeitsgemeinschaften

319 Mikro-Markt

Im elektronischen MIKROKOSMOS-ARCHIV **www.elsevier.de/mikrokosmos** werden mit Erscheinen dieses Heftes vier Artikel über Säugetierhaare aus den Bänden 60, 61 und 62 (1970/71/72) wiedergegeben.

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

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

Mehr Informationen zum MIKROKOSMOS und anderen Zeitschriften finden Sie im Internet:
www.elsevier.de

Umschlagabbildung: Die Amöbe *Biomyxa vagans* nach Fütterung mit rot eingefärbten Hefezellen.
Siehe Artikel J. Brief, S. 268–274.

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

Sukzession – Lebensgemeinschaften im Wandel

Heinz Günter Beer

Eine biologische Lebensgemeinschaft (Biozönose) ist ein komplexes System unterschiedlichster Tier- und Pflanzenarten, deren Überleben durch eine Vielzahl von Wechselwirkungen der einzelnen Spezies untereinander und von äußeren Faktoren wie Temperatur, Luftdruck und Niederschläge geregelt wird. Aber wie die meisten fein ausbalancierten Systeme reagiert eine solche Artengemeinschaft auch sehr empfindlich auf innere wie auf äußere Störungen. Die Folge solcher Einflussfaktoren kann eine Veränderung der Artenzusammensetzung innerhalb der Biozönose sein. Diese Verschiebung der Populationsgemeinschaft eines ökologischen Systems nennt man Sukzession.

Solche Veränderungen einer Lebensgemeinschaft betreffen sowohl makroskopische als auch mikroskopische Systeme. Die Artenzusammensetzung und Artenvielfalt beispielsweise eines Gartenteiches wird auch von einer Reihe von Parametern beeinflusst, die unter bestimmten Bedingungen zu einer Sukzession führen können. In den meisten Fällen wird der Sukzessionsverlauf von verschiedenen miteinander wechselwirkenden Faktoren bestimmt.

Obwohl Sukzession häufig als eine Aufeinanderfolge von Phasen unterschiedlicher Artenzusammensetzung dargestellt wird, findet sie eigentlich auf der Ebene einzelner konkurrierender Arten statt. Mit dem Ressourcenangebot verändert sich im Laufe der Sukzession auch die Konkurrenzfähigkeit einzelner Spezies. Einige Mikroorganismen sind auf Grund ihrer hohen Vermehrungsrate und wegen ihrer exzellenten Verbreitungsmechanismen gute Erstbesiedler. Dazu gehören assimilierende Organismen wie Grünalgen, Blaualgen (Abb. 1) und autotrophe Flagellaten, die bei ausreichender Sonneneinstrahlung sehr genügsam sind. Viele davon sind aber nur so genannte vorübergehende Arten. Sie können sich in etablierten Lebensgemeinschaften nicht durchsetzen und bleiben nur dadurch erhalten, dass sie gestörte Lebensräume sehr rasch besiedeln, bevor sich stärkere Konkurrenten dort niederlassen. Viele mikroskopische Organismen können zwar einen gestörten Gewässerbereich besiedeln, aber sie werden dort nur kümmerlich wachsen, wenn die Umweltbedingungen an den Grenzen ihrer Toleranzfähigkeit liegen. Auch die Wachstumsraten der besiedelnden Arten und die Dauer bis zur Geschlechtsreife sind von entscheidender Bedeutung.

Vielfach beeinflussen auch die Organismen selbst die im Verlauf der Sukzession auftretenden Strukturveränderungen. Daran können direkte biotische Wechselbeziehungen beteiligt sein, zum Beispiel die Unterdrückung einer Art durch Ausbeutungs- und Konkurrenztendenzen. Durch ihre Anwesenheit verändern Organismen aber auch lokale abiotische Umweltparameter. Dies kann dazu führen, dass die Arten eines Sukzessionsstadiums den Weg für noch folgende Organismengruppen ebnen.

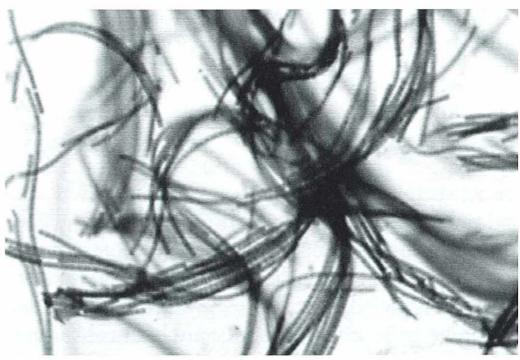


Abb. 1: Mikroskopische Hellfeldaufnahme von Fadenblaualgen (*Oscillatoria*), Schlammbewuchs. Vergr. 140fach.

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

Chemische Einflussparameter

pH-Wert

Der pH-Wert definiert sich als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration und beträgt bei 25 °C im reinen Wasser 7 (Wertneutralpunkt). Für alle Gewässer ist der pH-Wert ein Maß für den Grad der Aggressivität auf Flora und Fauna. Salze aus Anionen (negativ geladenen Ionen) schwacher Säuren und Kationen (positiv geladenen Ionen) starker Basen erhöhen den pH-Wert, Salze aus Kationen schwacher Basen und Anionen starker Säuren erniedrigen ihn. Calciumchlorid ($CaCl_2$), Magnesiumchlorid ($MgCl_2$), und Calciumsulfat ($CaSO_4$) erniedrigen den pH-Wert (saure Reaktion), ebenso Eisen- und Aluminiumsalze der Schwefel-, Salpeter- oder Salzsäure.
Carbonate der Alkali- und Erdalkalimetalle reagieren basisch. Häusliche Abwässer reagieren in der Regel neutral bis leicht alkalisch. In natürlichen Wassern liegt der pH-Wert zwischen 6,7 und 7,5. Ein pH-Wert unter 6,0 weist auf eine zurückgehende biologische Reinigungsleistung hin.
Der pH-Wert ist eine der maßgeblichsten chemischen Einflussparameter auf die Wassergüte und somit entscheidend für die Aufrechterhaltung der biologischen Balance. Eine starke Abweichung des pH-Wertes in den sauren als auch in den basischen Bereich führt zu einer allgemeinen Milieuverschlechterung für eine Reihe von mikroskopischen Lebewesen in den betroffenen Gewässern und gleichzeitig zu einer Begünstigung der Arten, die mit dem veränderten pH-Wert besser zurechtkommen. Der pH-Wert muss folglich als ein Faktor für das Entstehen und den Verlauf einer Sukzession gesehen werden.

Sauerstoffgehalt

Sauerstoff ist für das Leben der tierischen und pflanzlichen Organismen im Wasser unerlässlich. In das Wasser gelangt Sauerstoff sowohl aus der Luft über die Wasseroberfläche (der Übergang wird durch die Bewegung der Wasseroberfläche gefördert) als auch durch Sauerstoffausscheidung chlorophyllhaltiger Lebewesen (Pflanzen, Algen) infolge der Photosynthese. Verbraucht wird der Sauerstoff durch die Atmung der meisten im Wasser lebenden Organismen. Bei hoher pflanzlicher Produktion in Oberflächenwassern kann auch eine Übersättigung an Sauerstoff auftreten. In eisen- und manganhaltigen Gewässern erfolgt bei ausreichender Sauerstoffzufuhr eine Ausflockung dieser Metalle als schwerlösliche Hydroxide.
Da die Organismen aber einen unterschiedlichen Sauerstoffbedarf haben, wird bei einer Verminderung des im Wasser gelösten Sauerstoffs automatisch die Überlebensfähigkeit der Arten mit geringem Sauerstoffbedarf erhöht und gleichzeitig die Lebensbedingungen für Organismen mit hohem Sauerstoffbedarf erschwert. Eine Verminderung des pro Liter Wasser gelösten Sauerstoffes erschwert außerdem den Abbau organischer Stoffe durch Mikroorganismen; die biologische Selbstreinigung verlangsamt sich. Die Kontrolle des in pro Liter Wassers gelösten Sauerstoffs ist somit für die Beurteilung einer Sukzession von großer Bedeutung.

Temperatur

Die Messung der zu untersuchenden Gewässertemperatur ist vor allem in Bezug auf den gerade besprochenen Sauerstoffgehalt bedeutsam. Die Höhe des Sättigungswertes von Sauerstoff hängt direkt von der Temperatur des Wassers ab. Es gelten für einen Druck von 760 bar folgende Sättigungskonzentrationen:

°C	0	5	10	15	20	25	30
mg/l	14,6	12,37	10,92	9,76	8,84	8,11	7,53

Maßgeblich für die Wassertemperatur sind die Jahreszeit, die grundsätzlichen geographisch bedingten klimatischen Verhältnisse sowie die durchschnittliche Sonneneinwirkung, hervorgerufen durch die ortsspezifische Lage der Gewässer. Je nach ihrem artspezifischen Temperaturoptimum werden die Organismen entweder in ihrem Fortbestand begünstigt oder behindert.

Wasserqualität

Herrscht in einem Gartenteich ein reges Leben der unterschiedlichsten mikroskopischen Organismen, bedeutet dies auch eine große Menge von ausgeschiedenen Stoffwechselprodukten. Die biologische Wasserqualität wird dadurch

© Elsevier GmbH. All

natürlich erheblich belastet. Die Konsequenz daraus für die Artenvielfalt des Gewässers ist eine Verbesserung der Überlebenswahrscheinlichkeit der Arten, die auch bei starker Gewässerbelastung überlebensfähig sind. Gleichzeitig kann dadurch natürlich auch die Lebensgrundlage der Organismen zerstört werden, die auf eine gute Wasserqualität angewiesen sind.
Grundsätzlich lehrt uns dies, dass eine hohe Besiedlungsdichte auch der Auslöser oder das weitere Fortschreiten einer durch andere Ursachen bereits angelaufenen Sukzession sein kann.

Wasserhärte

Der Begriff der Härte entstand aus der Eigenschaft von Wasser, bei Anwesenheit von Calciumionen die Waschwirkung von Seifen vor allem durch die Bildung unlöslicher Kalkseifen (Calciumsalze höherer Fettsäuren) zu verringern. Als Härtebildner werden die im Wasser gelösten Calcium- und Magnesiumsalze zusammengefasst, zum Beispiel als Calcium- oder Magnesiumhydrogencarbonat [$Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$], Calciumchlorid ($CaCl_2$) und Calciumsulfat ($CaSO_4$).
Die Summe dieser Salze wird als Gesamthärte bezeichnet. Mit der temporären Härte (zeitweilige, vorübergehende Härte) oder Carbonathärte wird der Anteil an $Ca(HCO_3)_2$ und $Mg(HCO_3)_2$ bezeichnet. Die temporäre Härte kann durch Erhitzen des Wassers unter Bildung von unlöslichen Karbonaten ($CaCO_3$, Kesselstein) beseitigt werden. Mit der permanenten Härte (bleibende oder Sulfathärte) werden die Calcium- und Magnesiumsalze der Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Kiesel- und Phosphorsäure erfasst.
Die Härte des Wassers wird auf die Konzentration an Erdalkali-Ionen bezogen und in mmol/dm^3 oder Grad Deutscher Härte °dH (1 °dH = 10 mg/l) gemessen.

Chemische und biologische Dokumentation einer unter Laborbedingungen ablaufenden Sukzession

Im experimentellen Teil dieser Untersuchung soll nun gezeigt werden, wie der Prozess einer Sukzession auch in Gewässerproben abläuft, die aus einem heimischen Gartenteich stammten und in vorher gründlich gesäuberten Einmachgläsern auf einer Fensterbank platziert wurden. Die Wasserproben wurden an unterschiedlichen Stellen des Teiches entnommen. Probe 1 enthielt nur Teichwasser von den oberen Gewässerschichten, Probe 2 wurde mit Wasser von etwas tieferen Teichstellen mit ein wenig Pflanzen- und Blätterresten sowie einer kleinen Menge Schlamm vom Grund des Teiches versetzt, und Probe 3 bestand vor allem aus grundnahem Teichwasser mit Pflanzen- und Blätterresten und Schlamm vom Grund des Teiches. Nach verschiedenen Standzeiten wurden nun jeweils die chemischen Parameter wie Härtegrad, pH-Wert und Sauerstoffgehalt und die Temperatur der Gewässerproben bestimmt.

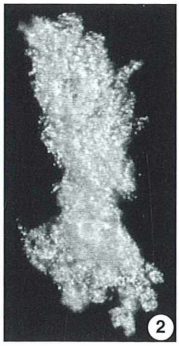
Tag 1

Die chemischen Werte am Tag 1 der Probenentnahme stellten sich wie folgt dar:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Härte [°dH]	7	7	8
pH-Wert	7	7	8
O_2 [mg/l]	7	5	5
Temperatur [°C]	19	19	19

Die Härte der Wasserprobe ist mit 7 °dH als weich zu bezeichnen. Auch ein pH-Wert von 7 zeigt uns den neutralen Zustand des Wassers. Die Sauerstoffkonzentration von 7 mg/l verrät uns einen durchschnittlichen Sauerstoffgehalt des Gewässers. Die gemessene Temperatur zur Zeit der chemischen Analyse betrug 19 °C.
Wichtig für die Aussagekraft der chemischen Parameter ist das möglichst genaue Aufrechterhalten der Untersuchungsbedingungen. Dazu gehört zum Beispiel eine möglichst konstante Raumtemperatur in der sich die Gewässerproben befinden und auch der Ort innerhalb des Zimmers an dem die Mikrobiotope stehen, sollte unverändert bleiben.
Bei der mikroskopischen Untersuchung konnten Organismen wie diverse Wimpertierchen (*Paramecium caudatum, Stentor polymorphus*), Zooflagellaten, Grünalgen, Cryptomonaden, Bauchhärlinge (Gastrotricha) und Amöben (*Amoeba proteus*) (Abb. 2) entdeckt werden. Diese Zusammensetzung der Probe lässt auf die Gewässerqualitätsstufe 3 schließen. Insgesamt werden vier verschiedene Hauptwasserqualitätsstufen definiert. Die Zuordnung in

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



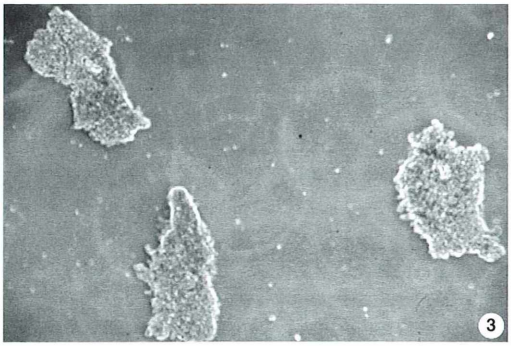


Abb. 2 und 3: *Amoeba proteus*. – Abb. 2: Dunkelfeldaufnahme einer Amöbe. Vergr. 180fach. – Abb. 3: Phasenkontrastaufnahme von drei Amöben. Vergr. 140fach.

eine der Wasserqualitätsklassen erfolgt auf Grund der speziellen Zusammensetzung an mikroskopischen Organismen. Dabei wird die Qualitätsstufe nicht nach einzelnen Organismen definiert, sondern immer anhand der Kombination mehrerer Protozoenarten.

Tag 5

Die zweite Wasseranalyse erfolgte am 5. Tag nach der Gewässerprobenentnahme und erbrachte folgende Analysewerte:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Härte [°dH]	7	7	8
pH-Wert	7,5	7	7
O_2 [mg/l]	7	5	5
Temperatur [°C]	18	18	18

Beim Vergleich der Resultate mit der ersten chemischen Analyse ergaben sich fast identische Werte. Innerhalb der ersten fünf Tage übte vermutlich der biologische Selbstreinigungsprozess noch keinen wesentlichen Einfluss aus. Auch die Kontrolle der Protozoen brachte kaum einen Unterschied zur mikrobiologischen Analyse vom ersten Tag. Zusätzlich traten Fadenblaualgen und Diatomeen auf.

Tag 15

Die Analyse der chemischen Parameter am 15. Tag nach Gewässerentnahme ergab folgende Werte:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Härte [°dH]	6	8	9
pH-Wert	7,5	7	7
O_2 [mg/l]	9	6	6
Temperatur [°C]	18	19	19

Bei der dritten Wasseranalyse begannen sich zwei Werte leicht zu verändern. Die Härtegrade der Proben 2 und 3 steigen um 1 °dH an. Vermutlich resultiert diese Erhöhung auf der Freisetzung von Salzen, die beim Abbau des in den Proben 2 und 3 vorhandenen organischen Pflanzenmaterials entstanden sind. Diese Ver-

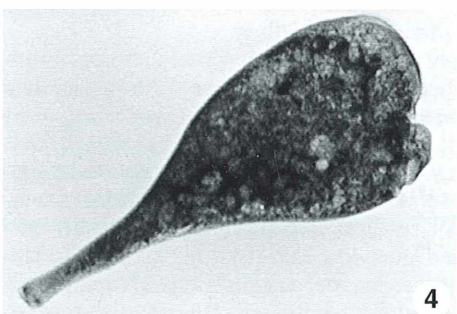


Abb. 4 und 5: Phasenkontrastaufnahmen von Trompetentierchen (*Stentor*), halb ausgestreckt (Abb. 4), Vergr. 180fach und kontrahiert (Abb. 5), Vergr. 160fach.

© Elsevier GmbH. All

besserung des O_2-Gehalts lässt sich durch die stärker anlaufende Selbstreinigung des Wassers erklären.
Jedes durch organische Stoffe verunreinigte Gewässer wird nach einiger Zeit wieder sauber, wenn ihm nicht weitere Schmutzstoffe zugefügt werden. Man nennt diesen Prozess Selbstreinigung. Bewirkt wird er fast ausschließlich durch Bakterien, die organische Stoffe aufzuspalten vermögen und sie in H_2O, CO_2 und mineralische Bestandteile zerlegen. Ist die Selbstreinigung abgeschlossen, so sind (theoretisch) alle organischen Stoffe verschwunden. Das Wasser ist wieder klar, sauerstoffreich und geruchsfrei.
Durch die Zersetzung eines Großteils des Pflanzenmaterials vermindert sich die Anzahl an Fäulnisbakterien mit ihren Sauerstoff zehrenden Stoffwechselprodukten. Gleichzeitig mit der gestiegenen O_2-Konzentration verschiebt sich auch die Einzellerpopulation.
Im Einzelnen wurden bei der protozoologischen Analyse folgende Organismen beobachtet: Bauchhärlinge, Pantoffeltierchen (*Paramecium bursaria*), Sonnentierchen, Wasserflöhe, Fadenblaualgen, Schraubenalgen, diverse Diatomeen, Grünalgen sowie Trompetentierchen (*Stentor polymorphus*) (Abb. 4 und 5).

Tag 30

Der allgemeine Trend der qualitativen Verbesserung unserer Miniaquarien setzt sich auch bei der vierten Wasseranalyse fort. Die Werte lauten wie folgt:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Härte [°dH]	6	8	7
pH-Wert	7,5	7	7
O_2 [mg/l]	7	7	7
Temperatur [°C]	19	19	19

Die Härtewerte sind bei der vierten Analyse weitgehend gleich geblieben. Hingegen hat sich die Tendenz der steigenden O_2-Konzentration bei den Proben 2 und 3 weiter fortgesetzt. Dies wirkt sich auch auf die Arten der beobachtbaren Mikroorganismen aus. Durch die steigende Sauerstoffkonzentration zeigen sich immer mehr Einzeller wie diverse Grünalgen (Abb. 6), Schraubenalgen, Sonnentierchen, Glockentierchen sowie Mückenlarven, Wasserflöhe und Rädertierchen.

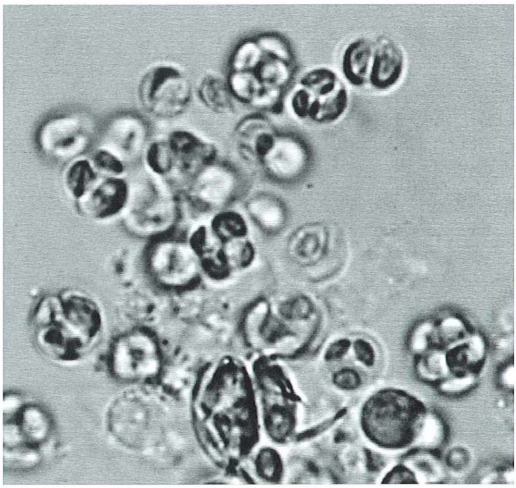


Abb. 6: Hellfeldaufnahme von Grünalgen (Chlorophyta). Vergr. 100fach.

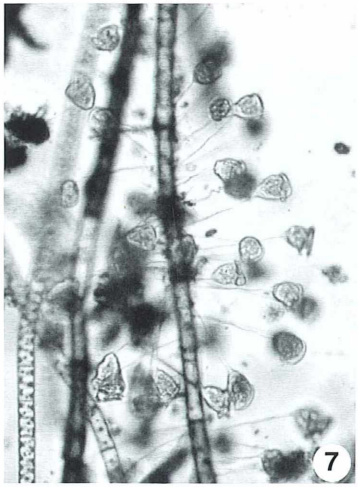
Tag 45

Bei der fünften und letzten Messung der chemischen Parameter wurden folgende Werte ermittelt:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Härte [°dH]	6	8	8,5
pH-Wert	7,5	7	7
O_2 [mg/l]	7	7,5	7
Temperatur [°C]	18	18	18

Die Tendenz bei der vierten Messung setzt sich auch bei der fünften Analyse noch leicht fort. Die Härtegrade zeigen nur wenig Veränderung und bleiben großteils auf dem Stand der Messung von Tag 30. Der Selbstreinigungsprozess ist nun fast abgeschlossen und jetzt auch mit bloßem Auge erkennbar. Das Wasser erscheint nun klar, geruchlos und mit einer Reihe von Kleinstkrebsen, Rädertierchen und Mückenlarven versetzt. Weiterhin finden sich Einzeller wie Glockentierchen (Abb. 7), ein paar Pantoffeltierchen und Schraubenalgen (Abb. 8). Die Anzahl der Protozoen pro Maßeinheit Wasser ist etwas rückläufig, was auf die verbesserte Wasserqualität zurückzuführen ist. Je klarer und chemisch reiner das Wasser ist, desto weniger Nährstoffe stehen den Organismen zur Verfügung. Die Anzahl der Mikroorganismen wird

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



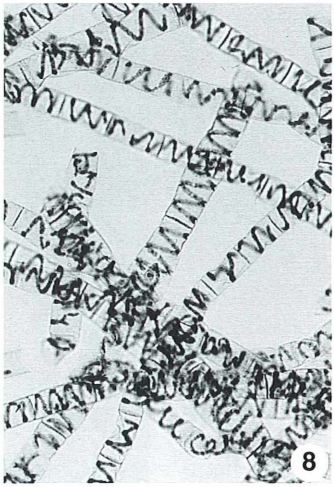


Abb. 7: Hellfeldaufnahme einer Kolonie von Glockentierchen. Vergr. 80fach. – Abb. 8: Hellfeldaufnahme von Schraubenalgen (*Spirogyra*) mit spiraligen Chloroplasten. Vergr. 80fach.

deshalb automatisch durch das geringere Nährstoffangebot zurückgehen. Die Qualität des Wassers hat nun die Saprobiestufe 1 erreicht.

Schlussfolgerungen

Die dargestellte Untersuchung zeigt recht deutlich, wie schon eine geringfügige Veränderung der äußeren Bedingungen oder der chemischen Parameter zu einer Verschiebung des Artenspektrums führen kann. Die Auswirkungen einer nur minimalen Erhöhung der Schadstoffbelastung kann also die mikrobiologische Balance unserer Gewässer stören.

Sukzessionen finden natürlich nicht nur im Wasser, sondern in fast allen Biozönosen statt. Ob es sich um Lebensgemeinschaften im Moor, in der Heide, im Gebirge oder im Wald handelt, überall reagiert ein Artenzusammenschluss von Pflanzen und Tieren auf äußere Störungen.

euromex
MICROSCOPES HOLLAND

Mikroskope
Stereomikroskope
Mikrotome
Kaltlichtbeleuchtung
Refraktometer

STEREOMIKROSKOP E-REIHE

- neueste Technologien
- hochwertige Optik
- präzise Metallverarbeitung
- sorgfältige Montage
- relativ niedrige Preise

MIKROSKOP F-REIHE

Fordern Sie unseren Prospekt an

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

Literaturhinweise

Burges, J., Marten, M., Tayler, R.: Mikrokosmos, Faszination mikroskopischer Strukturen. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1990.

Campbell, N. A., Reece, J. B., Markl, J.: Biologie. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin 2003.

Czihak, G., Langer, H., Ziegler, H.: Biologie. Springer Verlag, Berlin 1993.

Elling, W., Heber, U., Polle, A., Beese, F.: Schädigung von Waldökosystemen. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006.

Kinzelbach, R. K.: Ökologie, Naturschutz, Umweltschutz. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1989.

Madigan, M. T., Martinko, M. J., Parker, J.: Brock – Mikrobiologie. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin 2000.

Müller-Esterl, W.: Biochemie. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2004.

Verfasser: Heinz Günter Beer, med./naturwissenschaftliches Entwicklungslabor, Flurstr. 39, 90522 Oberasbach

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

Drilophaga bucephalus – Ein seltenes ektoparasitisches Rädertier

Ole Riemann und Alexander Kieneke

Die Rädertiere (Rotifera) dürften jedem Liebhabermikroskopiker, der auch nur hin und wieder Wasserproben aus Süßgewässern untersucht, bekannt sein. Wer Planktonproben aus nährstoffreichen Seen und Teichen entnimmt, wird regelmäßig Vertreter der Gattungen *Asplanchna, Brachionus, Keratella* und *Synchaeta* antreffen. Diese typischen Zooplankter der Süßgewässer können oftmals eine beachtliche Individuendichte aufweisen.

Wer aufmerksam die Kleinlebewelt des Phytals untersucht, untergetauchte Makrophyten (*Ceratophyllum, Callitriche, Myriophyllum* u. a.) ausspült und die Unterseite von Seerosenblättern abkratzt, wird immer wieder sessile Rädertiere aufspüren, die in gallertigen oder aus Detritusflocken und Kotpillen gebildeten Wohnröhren leben und mit ihrer breiten, oftmals mehrteilig gelappten Wimpernkrone Nahrungspartikel aus dem freien Wasser herbeistrudeln. Hier sind vor allem die Vertreter der Gattungen *Floscularia, Limnias, Ptygura* und die Art *Stephanoceros fimbriatus* zu nennen.

Neben diesen häufig anzutreffenden Arten des Freiwassers und des Phytals bietet der Pflanzengürtel einer Fülle weiterer Rädertierarten ein reiches Spektrum an Lebensmöglichkeiten. Im Gegensatz zu den charakteristischen Freiwasserformen tauchen diese Arten typischerweise in geringeren Abundanzen auf. Es handelt sich häufig um Formen mit gering versteiftem Integument (illoricate Arten), die sich teils schwimmend, teils kriechend durch das Pflanzendickicht bewegen. Immer wieder trifft der Mikroskopiker auf Vertreter der Gattungen *Cephalodella, Notommata, Trichocerca, Mytilina* und vieler anderer.

Die wenigsten allerdings dürften aus eigener Anschauung mit parasitischen Rädertieren vertraut sein, obwohl Parasitismus oder zumindest Kommensalismus bei einer Reihe von Rotiferen auftritt. Ein selten anzutreffender Ektoparasit an limnischen Oligochaeten stellt die Art *Drilophaga bucephalus* dar, von der wir das Glück hatten, im Rahmen vergleichender Untersuchungen Dutzende Exemplare zu finden, und über die wir an dieser Stelle eingehender berichten wollen.

Material und Technik

Um eine reiche Probenausbeute an periphytischen Rädertieren zu erhalten, wurden in einem seichten Graben flutende Büschel des Hornkrauts *(Ceratophyllum)* ausgewaschen. Das Probenwasser wurde anschließend durch eine Gaze von 40 µm Maschenweite gegossen, um die gewonnenen Bewohner des Periphytons hinreichend aufzukonzentrieren. Dabei fielen mehrere Exemplare des Oligochaeten *Lumbriculus variegatus* (Abb. 1c) auf, die sich bei Störungen mit charakteristisch schnellenden Bewegungen durch das Wasser schlängelten. Unter dem Binokular wurde deutlich, dass fast alle Tiere mehr oder weniger stark mit dem ektoparasitischen Rädertier *Drilophaga bucephalus* befallen waren.

Um Präparate für die Rasterelektronenmikroskopie herzustellen, wurde ein einzelner Oligochaet mit CO_2-haltigem Wasser betäubt und unter Zugabe von 1% OsO_4-Lösung rasch abgetötet. Anschließend erfolgten die Fixierung in einem Pikrinsäure-Formaldehyd-Gemisch und die Entwässerung für die Rasterelektronenmikroskopie.

Zur Darstellung der cuticularisierten Mastaxhartteile wurden einzelne Tiere unter dem Binokular mittels feiner Nadeln vom Integument des Oligochaeten abgelöst und in einen Tropfen SDS/DTT-Gemisch (Kleinow et al., 1990) überführt. Dieses Gemisch löst innerhalb weniger Minuten sämtliche Gewebe der Rotiferen auf, wodurch nur die chitinigen Mastaxhartteile erhalten bleiben. Mit Hilfe von feinen Glaspipetten kann man diese Hartstrukturen in destilliertes Wasser überführen, gründlich spülen und auf einen Probenteller für die Ras-

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

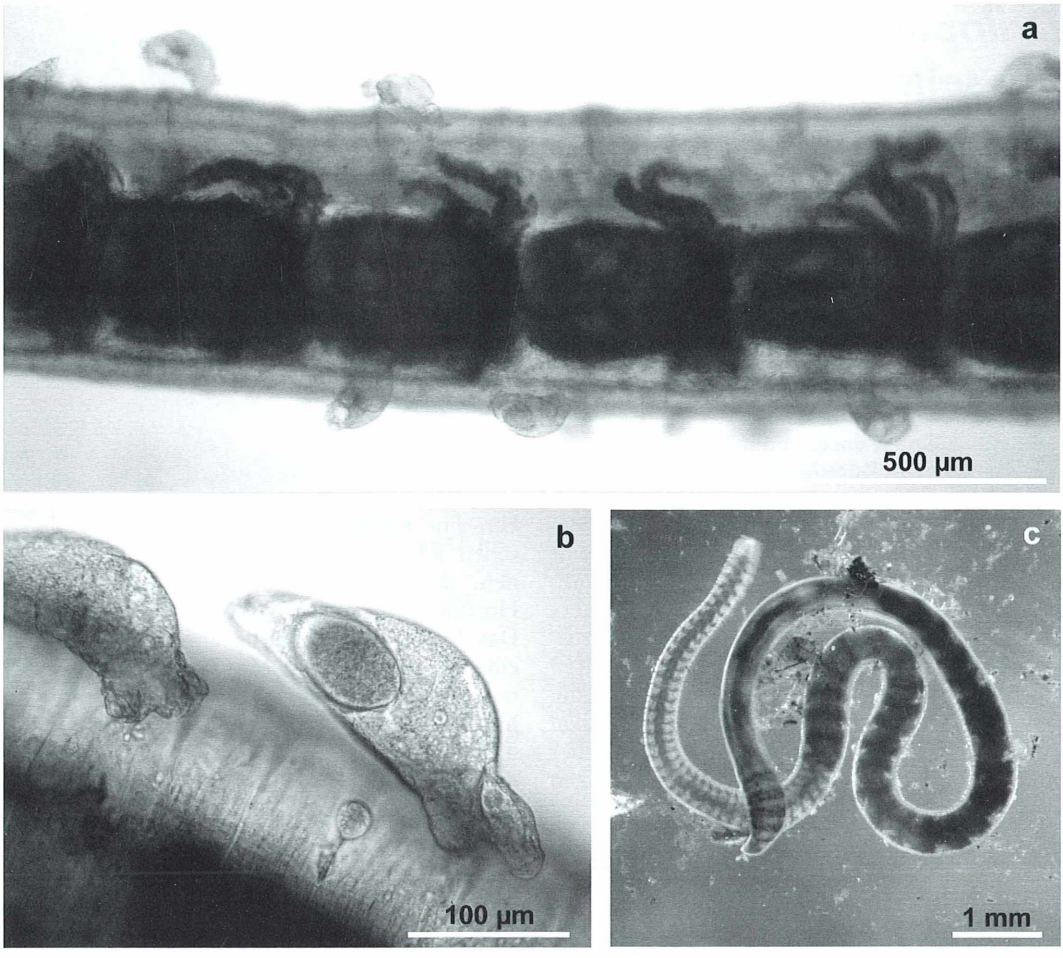


Abb. 1a: Ausschnitt eines *Lumbriculus variegatus* mit ektoparasitischem Rädertier *Drilophaga bucephalus*. b *Drilophaga bucephalus*, festgeheftet am Integument des Wirtes. c *Lumbriculus variegatus* Habitus. a und b Hellfeld, c Dunkelfeld.

terelektronenmikroskopie übertragen. Dort trocknen die Hartteile und werden vor der Untersuchung durch eine Bedampfung mit Gold leitfähig gemacht.

Morphologie und Lebensweise von Drilophaga bucephalus

Die gefundenen Exemplare von *Lumbriculus variegatus* (Abb. 1c) wiesen allesamt einen mehr oder weniger ausgeprägten Befall mit *Drilophaga bucephalus* auf. Abbildung 1a zeigt eine durch ein Mikroskop bei schwacher Vergrößerung aufgenommene Aufnahme. Dargestellt ist ein Ausschnitt eines Exemplars von *L. variegatus*. Deutlich heben sich der dunkle Darm und Gefäße ab, die vom Rückengefäß ausgehend den Verdauungstrakt als Lateralschlingen umschließen. Erst auf den zweiten Blick lässt sich der Ektoparasit *Drilophaga bucephalus* erkennen, der sich mit Hilfe seiner cuticularisierten Kieferstrukturen am Integument des Wirtes anheftet (Abb. 1b). *Drilophaga bucephalus* ist aber offenbar nicht der einzige Organismus, der *L. variegatus* besiedelt: Neben dem ektoparasitischen Rädertier finden sich angeheftete ektokommensalische Ciliaten auf dem Integument des Oligochaeten (Abb. 3a).

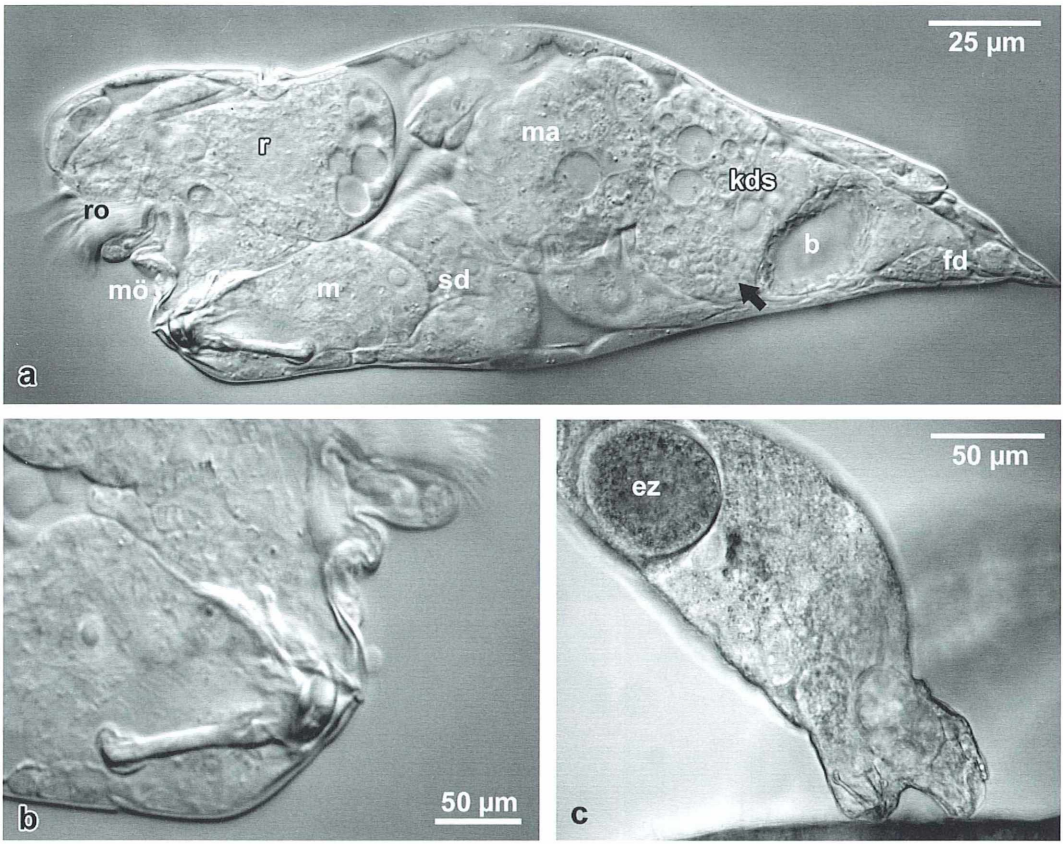


Abb. 2a: *Drilophaga bucephalus*, Habitus. b kontraktile Blase, fd Fußdrüsen, m Mastax, ma Magen, mö Mundöffnung, kds Keimdotterstock, r Retrocerebralorgan, ro Räderorgan, sd Speicheldrüsen. b Mundregion mit Mastaxhartteilen. c Eizelle (ez). a und b Differentieller Interferenzkontrast, c Hellfeld.

Betrachten wir *Drilophaga bucephalus* nun genauer. Abbildung 2a stellt ein Komposit zweier einzelner Aufnahmen dar, die mit Hilfe des Programms Adobe Photoshop® digital zusammengefügt wurden. Auf einer auffälligen Vorwölbung findet sich das Räderorgan, das – anders als bei den meisten frei lebenden Rotiferen – in Anpassung an die ektoparasitische Lebensweise eine Reduktion erfahren hat und lediglich ein apikales Cilienbüschel darstellt. Unmittelbar an die Mundöffnung schließen sich die Hartteile des Mastax an, der caudal von großen Speicheldrüsen umschlossen wird.

Die Mastaxhartteile selber lassen sich durch Auflösung der umgebenden Gewebe isolieren und mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops in einer Auflösung darstellen, die vom Lichtmikroskop nicht geleistet werden kann (Abb. 3b). Die paarigen, als Manubrien bezeichneten Hartstrukturen weisen an ihren distalen Enden krückenartige Erweiterungen auf, die als Ansatzstellen für Muskeln dienen, deren Aufgabe die Erweiterung des Mastaxlumens und damit die Erzeugung eines Saugdruckes ist. Über diesen Saugmechanismus wird vermutlich epitheliales Zellmaterial und eventuell Leibeshöhlenflüssigkeit des Wirtes aufgenommen. Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung illustriert, wie stark *Drilophaga bucephalus* im Integument des Wirtes verankert ist (Abb. 3c). Man erkennt, dass das Integument des Wirtes an der Stelle des Verbisses faltig aufgeworfen ist. Der Mastax ist über den Ösophagus mit dem Magen verbunden, in dem die Verdauung der aufgenommenen Nahrung erfolgt.

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

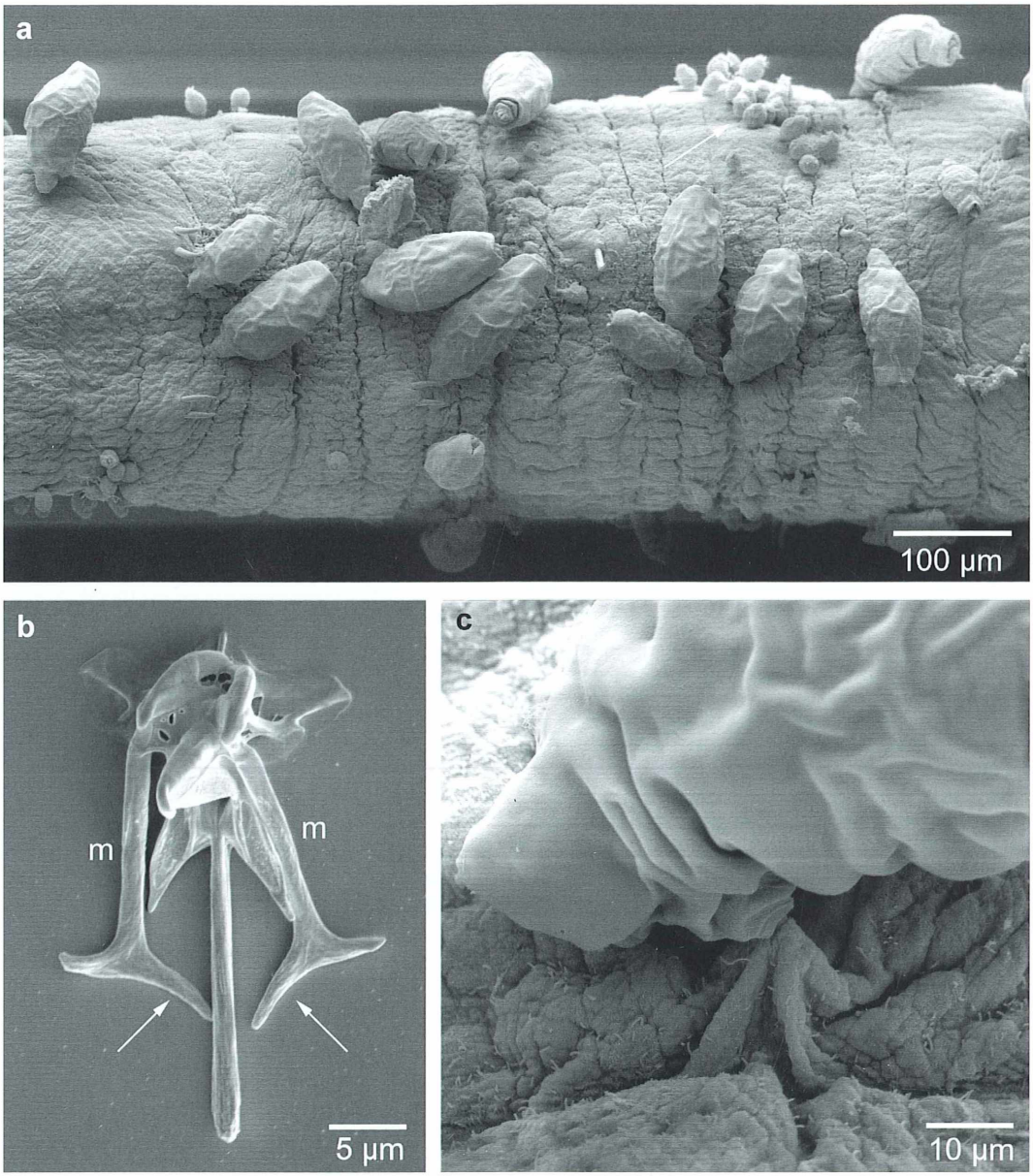


Abb. 3a: *Drilophaga bucephalus* auf *Lumbriculus variegatus*, der Pfeil markiert epibiontische Ciliaten. b Mastaxhartelemente. Beachte die Manubrien (m) mit den gekrückten distalen Enden (Pfeile). c Anheftungsstelle am Wirt. a–c Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.

Wie bei den meisten Rädertieren ist auch bei *Drilophaga bucephalus* der Keimdotterstock ein auffälliges Organsystem. Der Pfeil in Abbildung 2a markiert die Position unreifer Oocyten, die im Laufe der Lebensspanne sukzessive reifen und abgegeben werden. Die reifen Eizellen nehmen eine dunklere Färbung an und fallen bei der Untersuchung sofort ins Auge (Abb. 2c). Ein Drüsenkomplex mit nicht genau bekannter Funktion stellt das Retrocerebralorgan

dar, das als sackförmige Bildung im Kopfbereich auffällt. Im hinteren Rumpfabschnitt findet sich die kontraktile Blase. Sie gibt den mit Stoffwechselabbauprodukten beladenen Harn ab, der mit Hilfe von Protonephridien als Exkretionsorganen gesammelt wird. Fußdrüsen schließlich produzieren ein klebriges Sekret, das es *Drilophaga bucephalus* wie auch anderen Rädertieren ermöglicht, sich innerhalb von Sekundenbruchteilen an Unterlagen festzuheften. Diese Fähigkeit ist für einen Ektoparasiten, der auch bei den schnellend-zuckenden Bewegungen des Wirtes nicht abgeschüttelt werden darf, sicherlich von herausragender Bedeutung.

Parasitische und kommensalische Rotiferen

Viele Rädertierarten leben in engen Assoziationen mit Pflanzen und Tieren. Bei einer Sichtung der vorhandenen Literatur ist es oftmals schwierig zu entscheiden, ob eine symbiontische (beiden Partnern nutzende), parasitische (nur dem Parasiten nutzende, den Wirt potentiell schädigende) oder kommensalische Lebenweise (dem Kommensalen nutzende, den Wirt nicht weiter schädigende) Lebensweise vorliegt (May, 1989). Bekannte Fälle von Kommensalismus stellen Vertreter der Gattungen *Brachionus* und *Pleurotrocha* dar, die Cladoceren und Copepoden als Transportvehikel gebrauchen, die von den Wirten erzeugten Wasserströme zur Nahrungsbeschaffung nutzen und von den Exkrementen der Krebstiere leben (Nogrady, 1983).

Manche echt parasitische Rotiferen befallen koloniale Algen wie *Volvox* und *Uroglena* (Koste, 1978; May, 1989; Nogrady, 1993). Dies gilt insbesondere für einige Arten der Gattungen *Proales, Ascomorphella* und *Cephalodella*. Einen bekannteren Vertreter stellt die Art *Proales wernecki* dar, welche die Filamente der Xanthophycee *Vaucheria* besiedelt und eine auffallende Gallenbildung induzieren kann. In den hohlkugelförmigen Kolonien von *Volvox aureus* und *Volvox globator* lässt sich hin und wieder *Ascomorphella volvocicola* finden, die sich von den Algenzellen ernährt. Andere Rotiferen leben als Endo- und Ektoparasiten auf oder in Oligochaeten. Hier sind an erster Stelle die Vertreter der Gattungen *Albertia* und *Balatro* zu nennen, die mit ihren zangenförmigen Kiefern am Darmepithel der befallenen Wirte festgeheftet sind (De Smet, 1997). Diese Verankerung ist so fest, dass die Parasiten weder durch den Nahrungsbrei noch durch die heftige Darmperistaltik des Wirtes mitgerissen werden. Als Ektoparasiten limnischer Oligochaeten findet man neben der hier besprochenen Art *Drilophaga bucephalus* hin und wieder auch *Cephalodella parasitica,* die, wie eigene Beobachtungen belegen, in ebenfalls hoher Individuendichte ihren Wirt besiedeln kann.

Literaturhinweise

Budde, E.: Die parasitischen Rädertiere mit besonderer Berücksichtigung der in der Umgebung von Minden i. W. beobachteten Arten. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 3, 706–784 (1925).

De Smet, W.: The Dicranophoridae (Monogononta). In: Dumont, H. J. F. (ed.): Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Rotifera, Vol. 5. SPB Academic Publishing, Amsterdam 1997.

Kleinow, W., Klusemann, J., Wratil, H.: A gentle method for the preparation of hard parts (trophi) of the mastax of rotifers and scanning electron microscopy of the trophi of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). Zoomorphology 109, 329–336 (1990).

Koste, W.: Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Bornträger, Berlin 1978.

May, L.: Epizoic and parasitic rotifers. Hydrobiologia 186/187, 59–67 (1989).

Nogrady, T., Wallace, R. L., Snell, T. W.: Rotifera. Biology, ecology and systematics. In: Dumont, H. J. F. (ed.): Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Rotifera, Vol. 1. SPB Academic Publishing, Amsterdam 1993.

Verfasser: Ole Riemann und Alexander Kieneke, AG Zoosystematik & Morphologie, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Fakultät V, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 26111 Oldenburg, E-Mail: o1riemann@gmx.net

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

Biomyxa vagans – Weitere Studien und Beobachtungen: Kultur, Zellkerne, Cysten und morphologische Besonderheiten

Josef Brief

Bereits im Jahr 2004 wurde im MIKROKOSMOS über diesen auffälligen und wenig untersuchten Rhizopoden berichtet (Brief, 2004). Nachdem damals lediglich einzelne, selten und zufällig in *Sphagnum*-Proben entdeckte Exemplare beobachtet werden konnten, gelang es 2005 Plasmodien zu isolieren und in Dauerkultur zu bringen. Der jetzt zur Verfügung stehende, von einem einzelnen Plasmodium abstammende Kulturstamm lässt endlich genauere Beobachtungen zur Morphologie und Lebensweise von *Biomyxa vagans* zu.

Die systematische Stellung von *Biomyxa vagans* ist noch immer nicht eindeutig geklärt. Nach Page (1991) wird die Gattung unter der Ordnung Athalamida (Schalenlose) – Klasse Granuloreticulosea de Saedeleer – Stamm Rhizopoda eingeordnet. Neuere Untersuchungen lassen die Unterteilung in Athalamida, Monothalamida und Foraminiferida jedoch als fraglich erscheinen. Hier sind in Zukunft weitere Veränderungen zu erwarten. (Hausmann et al., 2003; Hülsmann, 2006).

Geschichtliches und Literaturübersicht

Biomyxa vagans wurde erstmals 1874 von Joseph Leidy, einem amerikanischen Paläontologen und Anatomen, beschrieben und in seinen bekannten Zeichnungen präzise dokumentiert (Leidy, 1879). Das größte von Leidy vermessene Exemplar maß 600 × 400 µm. Penard gibt circa 480 µm an, und etwa 180 µm beträgt die von Siemensma genannte Größe (Page, 1991; Siemensma, 1987). Kernzahl und -bau galten als ungewiss. Eine Nahrungsaufnahme konnte bisher nicht beobachtet werden. Es handelt sich um eher seltene, unzureichend untersuchte Organismen (Patterson, 1996).
Zur allgemeinen morphologischen Beschreibung sei neben Leidys Erstbeschreibung nochmals auf den bereits 2004 im MIKROKOSMOS veröffentlichten Aufsatz verwiesen.

Fundort und Kulturtechnik

Das frei lebende Süßwasserplasmodium wurde vom Autor seit 2002 gelegentlich in *Sphagnum*-Proben eines Waldweihers südlich von Frankfurt am Main angetroffen. Der Organismus konnte in der Vergangenheit nicht in Kultur genommen werden, und es finden sich in der Literatur entsprechend keine Hinweise zum Vorgehen. Neben zahlreichen Versuchen mit Fundortwasser, Volvic und Agarböden wurden kleine *Spagnum*-Teile auch in 100 mm Petrischalen mit modifizierter Neffs Amöbensalzlösung (AS) gegeben. Es handelt sich hierbei um eine definierte hypotone Kulturlösung auf der Basis von NaCl, $MgSO_4$, $CaCl_2$, Na_2HPO_4 und KH_2PO_4 in destilliertem Wasser. Die genaue Rezeptur kann bei Page nachgelesen (Page, 1976 , 1991), oder vom Autor angefordert werden. Auf dem Boden einer der Petrischalen mit *Sphagnum* in Neffs modifizierter AS-Lösung wurden etwa vier Wochen nach Probennahme drei separate Plasmodien angetroffen.
Diese wurden vorsichtig mit gerundeten Pasteurpipetten vom Boden abgelöst und in frische Kulturmedien überführt, wobei zwangsläufig geringe Mengen der Begleitfauna und -flora mit in die Kulturen eingebracht wurde. Den Kulturen wurden Reiskörner, Weizenkeimflocken oder Fischfutterflocken, jeweils in geringsten Mengen, hinzugegeben. Nachdem sich heraus-

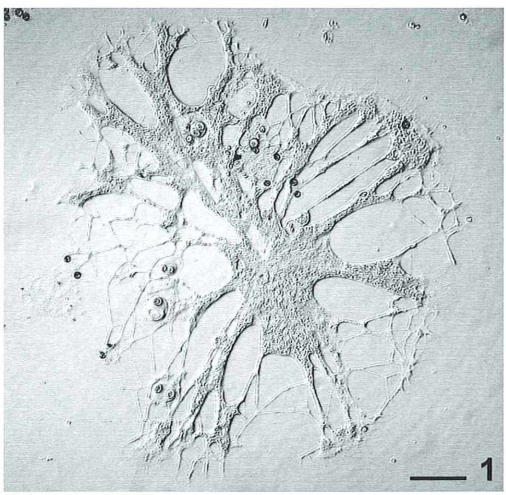
gestellt hatte, dass die Kulturen in Neffs AS-Lösung mit 1–2 Reiskörnern die besten Ergebnisse brachten, wurden alle weiteren Subkulturen in diesem Medium angesetzt. Die Reiskörner wurden vor Einbringen in die Kulturlösungen abgeflammt, um ein schnelles Überwuchern mit von den Reiskörnern ausgehenden Pilzen zu vermeiden. Bei dem etwa monatlichen Überführen in frisches Medium wurde versucht, das Ausmaß an Begleitfauna zu reduzieren, indem die Plasmodien mehrfach in sauberen Zwischenlösungen gewaschen und isoliert wurden. Der vorliegende Stamm wird nunmehr seit über zwei Jahren unter Laborbedingungen in Kultur gehalten. Die Vermehrung der Amöben in den Kulturen verlief im Laufe der Zeit deutlich zügiger und besser. Statt der anfänglich 3–10 Exemplare pro Petrischale finden sich heute regelmäßig schnell über 50 Plasmodien in einer Schale. Seit kurzem werden auch Biomyxen in Neffs AS ohne Reis unter Zufütterung einer stark verdünnten Hefezellsuspension mit gutem Erfolg angezüchtet. In diesem Rahmen wurden auch mit Kongorot eingefärbte Hefezellen verfüttert, um die Nahrungsaufnahme besser beobachten zu können (siehe Titelbild). Nach etwa 6 bis 8 Wochen in Kultur beginnen sich die Plasmodien zu encystieren, wobei binnen circa einer Woche nach Beginn der Encystierung kaum mehr vegetative Amöben in einer Petrischale anzutreffen sind.

Im April 2007 konnten Herrn Dr. Norbert Hülsmann an der Freien Universität Berlin, Arbeitsgruppe Protozoologie, Subkulturen zur Begutachtung und für weitere Untersuchungen überlassen werden.

Auffällige Zellmaße, Plasmotomie, Fusion

Nach einigen Wochen in Kultur erreichen die Plasmodien deutlich größere Maße als Exemplare aus Freilandproben (Abb. 1 und 2). Während die zufällig aus Freilandproben herauspipettierten Amöben meist zwischen 200 und 600 µm maßen, was den Beschreibungen der meisten Vorbeobachter entspricht, erreichen die Zellen in Kultur eine Größe von 1200 µm und gelegentlich darüber.

Neben vielleicht günstigen Bedingungen in den Kulturen lässt sich dies auch durch den Pipettiervorgang als solchen erklären. So kommt es bei dem Versuch eine Amöbe aus der Petrischale herauszupipettieren, häufig zum Abreißen von Teilen des Plasmodiums. Die so erhaltenen kleineren Fragmente der Zelle bleiben jedoch lebensfähig und können – sofern sie Kerne enthalten – auch erneut zur Vermehrung gebracht werden. Man könnte dies als eine Art erzwungener Plasmotomie betrachten, der bei Plasmodien beschriebenen Vermehrung durch Zerfallsteilung.



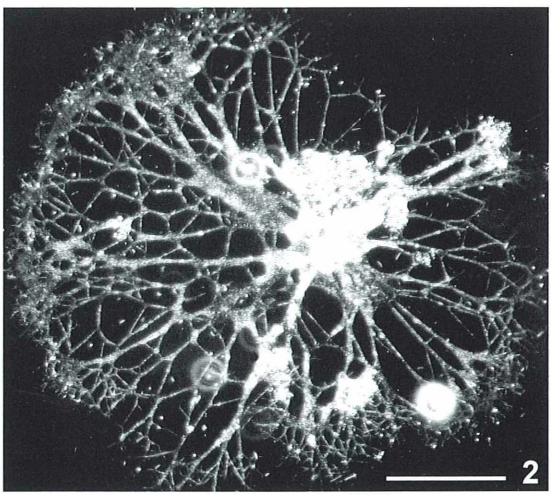


Abb. 1 und 2: *Biomyxa vagans*, Übersicht. – Abb. 1: Radiär ausgedehntes Plasmodium. Maßbalken 100 µm. Modifizierter Phasenkontrast. – Abb. 2: Dunkelfeldaufnahme mit gut erkennbarem, verzweigtem und anastomosierendem reticulopodialem Netz. Maßbalken 200 µm.

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

Bei der Entnahme von Material aus Freilandproben mittels Pipette ohne visuelle Kontrolle wird dies sicherlich häufig der Fall sein. So vermutete auch schon Leidy in seiner ersten Beschreibung, dass kleinere Exemplare einfach Fragmente der größeren sein könnten (Leidy, 1879).

In seinen eingehenden Untersuchungen der Süßwasserplasmodien *Reticulomyxa filosa* und *Wobo gigas* hält N. Hülsmann das Isolieren von – allerdings kernlosen – Bruchstücken der Plasmodien, statt ganzer Zellen bei der Probennahme für eine mögliche Ursache des seltenen Auffindens beider Spezies (Hülsmann, 2006a und b).

Neben der Zerfallsteilung können Plasmodien typischerweise auch miteinander fusionieren. Abbildung 3 zeigt die Fusion einer kleineren mit einer zweiten, deutlich größeren *Biomyxa*.

Identifikation

Differentialdiagnostisch müssen andere retikuläre, netzartige Organismen des Süßwassers in Betracht gezogen werden. Neben einigen beschalten Amöben sind dies auch unbeschalte Organismen, wie zum Beispiel *Reticulomyxa filosa*, *Leptomyxa reticulata*, *Arachnula*, *Thalassomyxa australis*, *Penardia mutabilis* und *Chlamydomyxa labyrinthuloides*. Eine Unterscheidung ist jedoch anhand eindeutiger Merkmale möglich. Im Einzelnen sind dies neben der typischen Zellmorphologie die Größe, die fehlende grüne Plasmafärbung (*Penardia*), die fehlende Differenzierung Granulo-/Hyaloplasma (*Arachnula*), eine bidirektionale Granulaströmung, ein Teilungsprozess ohne auffällige Migrationsphase (*Reticulomyxa*, *Wobo*), der fehlende rhythmische Wechsel von Bewegungs- und Ruhephasen (*Thalassomyxa*) sowie das

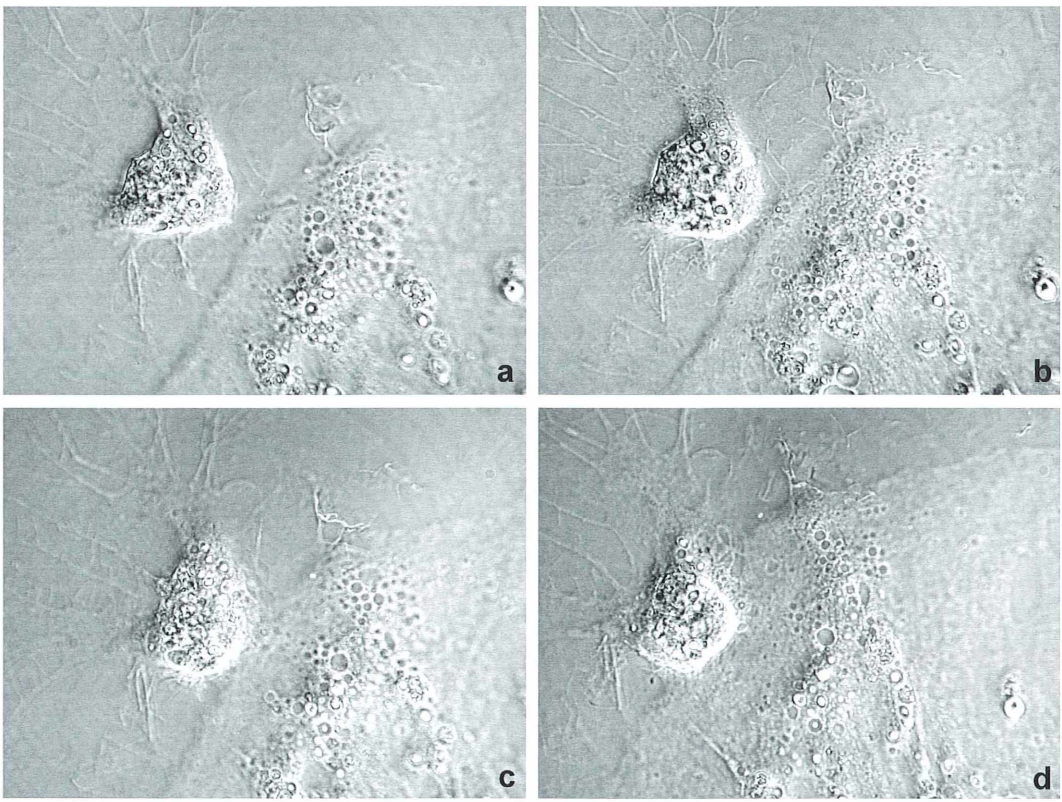


Abb. 3a–d: Fusion zweier Biomyxen. Die Abbildungen zeigen den ersten Kontakt und das anschließende allmähliche Verschmelzen einer recht kleinen Zelle (links oben in den Bildern) mit einem deutlich größeren Plasmodium, dessen Ausschnitt rechts unten in den Bildern zu sehen ist.

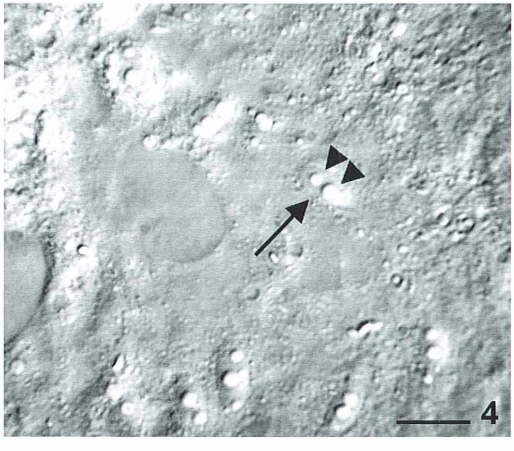
Fehlen symbiontischer Grünalgen (*Chlamydomyxa*).

Zellkerne

Nach Page (1991) sind Kernzahl und Kernbau ungewiss. Vermutungen hierzu in einer früheren Veröffentlichung des Autors (Brief, 2004) erwiesen sich als fehlerhaft. Nach Kultivierung und der Möglichkeit Kernfärbungen vorzunehmen, sowie genaue Zellbeobachtungen unter sauberen Verhältnissen durchzuführen, ließen sich die Nuclei deutlich darstellen und *Biomyxa vagans* als vielkerniges Plasmodium dokumentieren (Abb. 4 und 5). Es sind stets mehrere, teils bis über 100 Nuclei in den Amöben vorhanden. Die Kerne sind von elliptischer Form und messen etwa 8 × 4 µm. Sie weisen meist zwei bis drei, seltener einen oder vier runde Nucleoli auf; oftmals zwei von gleicher Größe (etwa 1,5 µm Durchmesser), der dritte und eventuell weitere, soweit vorhanden, etwas kleiner.
Die Kernfärbungen wurden mit Borax-Karmin wie von Mayer (1975) beschrieben durchgeführt. Die vorherige Fixierung erfolgte mit Nissenbaums Fixativ (Nissenbaum, 1953, 2001) oder einer Mischung aus Pikrin-Essigsäure und Formaldehyd 1:1.

Cytoskelett

Für Organismen mit ähnlichen reticulopodialen Netzwerken wie *Reticulomyxa filosa* und *Allogromia* liegen sehr detaillierte Untersuchungen der Cytoskelette vor (Bowser et al., 1988, Breuker, 1997; Hülsmann, 2006; Travis und Bowser, 1987). In beiden Fällen basiert das Cytoskelett weitgehend auf Mikrotubuli, deren Aufbau, Orientierung innerhalb der Zelle, Organisation und Bildung durch Mikrotubulusorganisierende Zentren (MTOCs) eingehend dokumentiert werden konnte. Über den Aufbau des Cytoskeletts von *Biomyxa vagans* konnten in der Literatur keine Angaben gefunden werden. Page vermutet aufgrund elektronenmikroskopischer Untersuchungen von Angehörigen anderer granuloreticuloser Ordnungen, dass auch bei den Biomyxidae Mikrotubuli erwartet werden können.
Bei gut entfalteten Plasmodien größerer Amöben der hier untersuchten Kultur konnte wiederholt die Ausbildung eines auffälligen Cytoskeletts beobachtet werden (Abb. 1, 6–8). Es zeigte sich eine lichtmikroskopisch gut erkennbare, radiäre Gerüststruktur mit einem deutlichen, mittig im Zellkörper gelegenen Zentrum. Der Anblick erinnerte zunächst ein wenig an den Centroplast bei centroheliden Heliozoen. Das Zentrum des Gerüstes hatte einen Durchmesser von circa 4 µm. Hiervon gingen radiär mehrere gestreckte, weit in die Peripherie der Reticulopodien reichende Achsen aus, welche im Durchmesser zwischen etwa einem und drei µm variierten. Unter hoher Vergrößerung war eine weitere Untergliederung dieser Achsen in parallele Cytoskelett-Elemente zu erahnen (Abb. 8). Bei der Kontraktion des Plas-



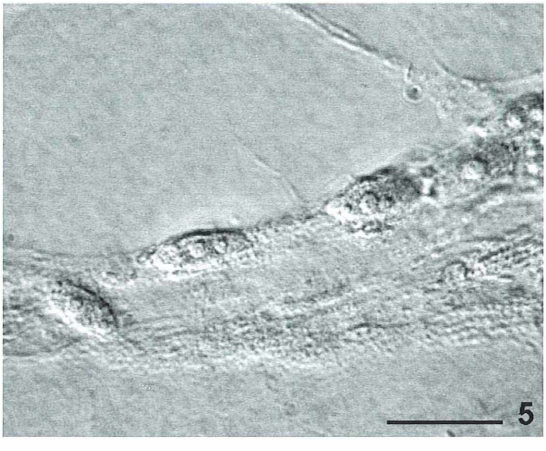
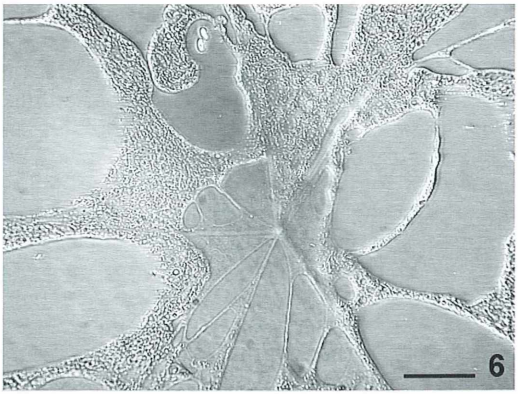
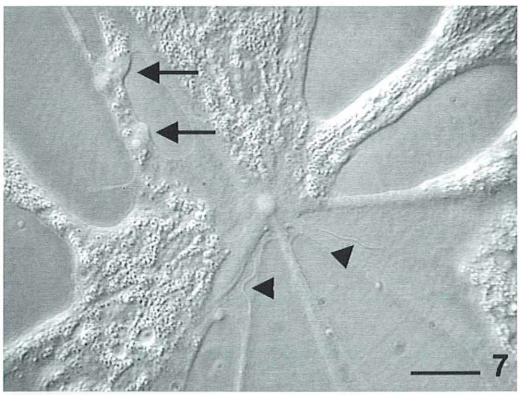


Abb. 4: Zellausschnitt mit mehreren Nuclei. Der Pfeil zeigt auf einen Zellkern, die Pfeilköpfe auf die Nucleoli. Maßbalken 10 µm. Modifizierter Phasenkontrast. – Abb. 5: Zellkerne mit Borax-Karmin-Färbung. Maßbalken 10 µm.

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





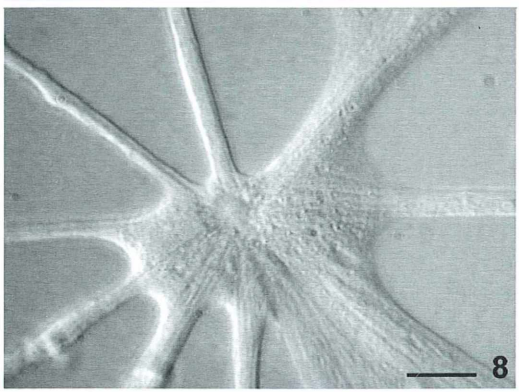


Abb. 6–8: Cytoskelett in zunehmender Vergrößerung. – Abb. 6: Zentraler Teil der Gerüststruktur, Zellausschnitt. Maßbalken 25 µm. Phasenkontrast. – Abb. 7: Kleinerer Ausschnitt, Pfeile auf Nuclei, Pfeilköpfe auf „Spirillen". Maßbalken 20 µm, modifizierter Phasenkontrast. – Abb. 8: Gerüstzentrum bei höherer Vergrößerung. Parallele, fadenförmige Strukturen in den Gerüstachsen erkennbar. Maßbalken 10 µm. Modifizierter Phasenkontrast.

modiums, beispielsweise durch starke Beleuchtung, verschwanden die peripheren Gerüstanteile, das Zentrum blieb jedoch bestehen, und die gesamte Zelle schien sich auf dieses hin zu bewegen. Ob das sicherlich auch zur Stabilisierung des entfalteten Plasmodium dienende Gerüst auf der Basis von Mikrotubuli aufgebaut ist, kann lichtmikroskopisch nicht mit Sicherheit gesagt werden. Es darf jedoch mit einiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Möglicherweise können künftige, an diesem Kulturstamm durchzuführende elektronenmikroskopische Untersuchungen Gewissheit hierüber verschaffen.

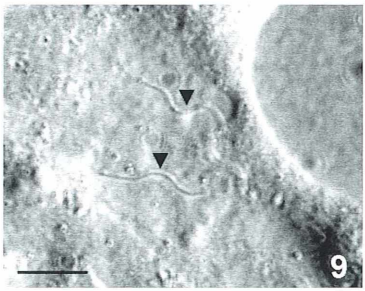
Spirochaeten als Symbionten, Parasiten oder doch Zellbestandteile?

Eine weitere Überraschung waren intrazelluläre, fädige, Spirillen ähnliche Strukturen, die sich scheinbar frei durch das Protoplasma der Amöbe bewegten (Abb. 7, 9, 10). Eine ähnliche Beobachtung wurde bereits 1961 von Jarosch und Kiermayer an einer zufällig in Moorproben aus der Nähe Wiens entdeckten *Biomyxa vagans* gemacht. Sie vermuteten, es handele sich um selbstständige Organismen innerhalb des Amöbenplasmas, wahrscheinlich Spirochaeten.

Die bereits 1961 mikrofotografisch sehr schön dokumentierten „Fäden" entsprechen in Aussehen und Größe genau den hier beobachteten Strukturen.

Spirillen und Spirochaeten sind wendel- oder schraubenförmig und bewegen sich üblicherweise um die Längsachse rotierend. In der Aufsicht kann dies schlängelnd wirken, jedoch bleibt der Eindruck gewöhnlich gleichförmig und steif. Die hier beobachteten Objekte schienen sich jedoch in der Tat schlängelnd fortzubewegen, wobei sich der windende „Körper" durchaus auch stellenweise strecken konnte. Oft schien es, als liefen transversale Wellen über die Strukturen hinweg.

Bei der (immer unerfreulichen) Beobachtung durch Deckglasdruck zerstörter Plasmodien konnten keine frei in der Umgebung der Zellreste verbliebenen beweglichen Spirochaeten mehr gesehen werden. Um den mutmaßlichen Spirochaeten ein Milieu zu bieten, in dem sie auch außerhalb des Wirtes (extrazellulär) etwas länger aktiv sein und beobachtet werden könnten, wurde versucht, vor dem Platzen der Amö-



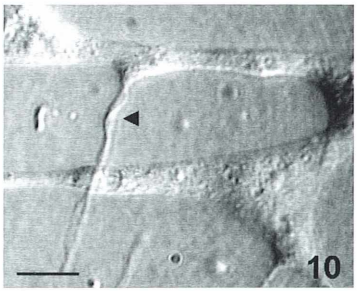


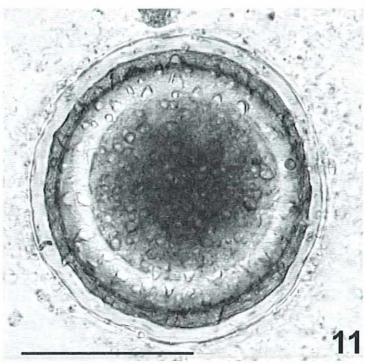
Abb. 9 und 10: „Spirillen" im Cytoplasma einer *Biomyxa*. – Abb. 8: Zwei parallel liegende spirillenförmige Objekte frei im Cytoplasma von *Biomyxa vagans*. Maßbalken 10 µm. Modifizierter Phasenkontrast. – Abb. 9: „Spirille" in einem feinem, pseudopodialen Zellausläufer. Die Zelloberfläche wird durch die Bewegung ausgebeult. Maßbalken 10 µm. Modifizierter Phasenkontrast.

ben 0,9%ige physiologische Kochsalzlösung (Isotonische Kochsalzlösung, Fa. Fresenius) unter dem Deckglas hindurchzuziehen. In der isotonen Kochsalzlösung kam die Plasma- und Granulaströmung der Amöben binnen weniger Sekunden zum Stillstand. Mit dem Erliegen der Plasmaströmung in den sonst noch intakten Zellen hörte jedoch auch jegliche Bewegung der vermeintlichen intrazellulären Spirochaeten auf. Sie waren nicht mehr als solche in den Zellen erkennbar. Auch nach dem anschließenden Platzen der Zellmembran unter Druck waren keine Spirochaeten in oder an den Zellresten nachweisbar. Dies lässt die Vermutung von Jarosch und Kiermayer, es handele sich um eigenständige Organismen im Amöbenplasma, fraglich erscheinen.

Die Strukturen waren in allen Plasmodien und Kulturen anzutreffen und schienen keinen negativen Einfluss auf die Entwicklung, Vermehrung oder das Überleben der Amöben zu haben. Eine parasitäre Infektion bei in keiner Weise behelligtem Wirt ist denkbar, scheint dem Autor jedoch weniger wahrscheinlich als eine Symbiose. Letztlich könnte es sich, insbesondere in Anbetracht der vergeblichen Versuche eines extrazellulären Nachweises, vielleicht auch um zur Amöbenzelle selbst gehörende, filamentöse Organellen handeln. Auch hier werden möglicherweise künftige elektronenmikroskopische Untersuchungen weitere Aufschlüsse geben können.

Ruheformen und Cysten

Etwa 6 bis 8 Wochen nach dem Ansetzen einer frischen Kultur, wobei dieser Zeitraum jedoch sehr variabel sein kann, findet man zusehends Cysten (Abb. 11) und in Encystierung befindliche Biomyxen (Abb. 12) in den Petrischalen. Die Cysten haften fest auf der Unterlage und scheinen zusätzlich über 2–3, von den Cysten ausgehenden Strängen am Boden der Schalen befestigt zu sein. Sie haben einen Durchmesser von circa 80 µm. Abbildung 12 zeigt eine



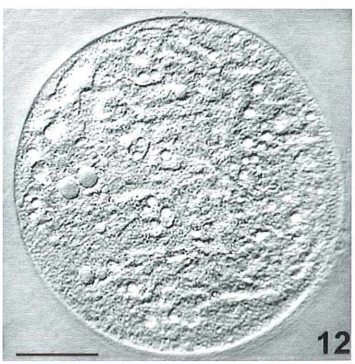


Abb. 11: Dauercyste nach etwa drei Wochen. Dicke Innen- und dünne Außenwand, sowie zentral komprimiertes Cytoplasma erkennbar. Maßbalken 50 µm. – Abb. 12: *B. vagans* während der Encystierung. Kugelig kontrahierte Form ohne Pseudopodien, einige Zellkerne und Vakuolen noch deutlich zu sehen. Maßbalken 25 µm. Modifizierter Phasenkontrast.

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

Amöbe noch im Anfangsstadium der Encystierung. Die Reticulopodien wurden eingezogen, der Amöbenkörper nimmt eine dichte, runde Gestalt an. Unter leichtem Deckglasdruck sind die Zellkerne und einige Vakuolen noch gut erkennbar. Abbildung 11 zeigt eine fertige von zwei Wänden umgebene Dauercyste nach mehreren Wochen. Es bildet sich eine deutlich dickere innere Cystenwand (Endocyste) aus, die von einer zweiten, zarten Außenwand (Exocyste) umgeben ist. Die Endocyste scheint mit dreieckigen, kantigen Strukturen besetzt zu sein. Es konnten keine präformierte Poren in den Cystenwänden entdeckt werden.

Dank

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Dr. Norbert Hülsmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, für seine sehr freundliche Beratung herzlich bedanken.

Bilder online

Die Abbildungen dieser Veröffentlichung sind auch online unter http://josef-brief.magix.net/ sowie unter http://de.pg.photos.yahoo.com/ph/biomyxa/my_photos in Farbe und Originalgröße zugänglich.

Literaturhinweise

Bowser, S. S., Travis, J. L., Rieder, C. L.: Microtubules associate with actin-containing filaments at discrete sites along the ventral surface of *Allogromia* reticulopods. J. Cell Sci. 89, 297–307 (1988).

Breuker, R. N.: Cytoskelettkomponenten des plasmodialen Rhizopoden *Reticulomyxa filosa*. Dissertation an der Ruhr-Universität Bochum, Bochum 1997.

Brief, J.: *Biomyxa vagans* – Leidys „kurioser Rhizopode". Mikrokosmos 93, 193–197 (2004).

Hausmann, K., Hülsmann, N., Radek, R.: Protistology, 3rd edition. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2003.

Hülsmann, N.: Bewegung, Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung bei *Reticulomyxa filosa* (Rhizopoda); Begleitpublikation zum Film C1639, IWF Wissen und Medien GmbH, Göttingen 2006a.

Hülsmann, N.: Bewegung, Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung bei *Wobo gigas* gen. et spec. nov. (Rhizopoda); Begleitpublikation zum Film C1638, IWF Wissen und Medien GmbH, Göttingen 2006b.

Jarosch, R., Kiermayer, O.: Spirochaeten im Rhizopodenplasma. Protoplasma 53, 597–599 (1961).

Leidy, J.: Freshwater Rhizopods of North America. In: Hayden, F. V. (ed): United States Geological Survey of the Territories, Vol. XII, Washington 1879.

Mayer, M.: Kultur und Präparation der Protozoen. Kosmos Verlag, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1975.

Nissenbaum, G.: A combined method for the rapid fixation and adhesion of ciliates and flagellates. Science 118, 31–32 (1953).

Nissenbaum, G.: Behind the discovery of "Nissenbaum's Fixative". J. Eukaryot. Microbiol. 48, 3–9 (2001).

Page, F. C.: An illustrated key to freshwater and soil amoebae. Freshwater Biological Association, Publ. No. 34, Ambleside 1976.

Page, F. C., Siemensma, F. J.: Nackte Rhizopoda und Heliozoea. In: Matthes, D. (Hrsg.): Protozoenfauna, Band 2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1991.

Patterson, D. J.: Free-living freshwater protozoa. A colour guide. Manson Publishing Ltd., London 1996.

Röttger, R.: Wörterbuch der Protozoologie. In: Foissner, W. (Hrsg.): Protozoological Monographs Vol. 2. Shaker Verlag, Aachen 2001.

Siemensma, F. J.: De Nederlandse Naaktamoeben (Rhizopoda, Gymnamoebia). Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Hoogwoud 1987.

Travis, J. L., Bowser, S. S.: A new model of reticulopodial motility and shape: Evidence for a microtubule-based motor and actin skeleton. Cell Motil. Cytoskeleton 6, 2–14 (1986).

Travis, J. L., Bowser, S. S.: Microtubule-dependent reticulopodial motility: Is there a role for actin? Cell Motil. Cytoskeleton 6, 146–152 (1987).

Verfasser: Dr. Dr. Josef Brief, Tituscorso 2–4, 60439 Frankfurt, E-Mail: drdrbrief@yahoo.com

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

Leidys Schmetterlinge – Eine merkwürdige Variation der Moor-Schalenamöbe Hyalosphenia papilio (Leidy, 1874)

Chaim Glück

***Hyalosphenia papilio*, Leidys Schmetterling, nimmt in der Hochmoorfauna als hygrosphagnophile (feuchtes Torfmoos liebende) Thekamöbe einen wichtigen Platz ein. Dank zahlreicher Zoochlorellen im Zytoplasma kann sie fast ausschließlich in den grünen, oberen oligotrophen *Sphagnum*-Abschnitten leben (Schönborn, 1962, 1965; Meisterfeld, 1977).**

1857 hatte Stein die Gattung *Hyalosphenia* geschaffen, was mit durchsichtigem Keil übersetzt werden kann (Stein, 1857). 17 Jahre später beschrieb Leidy *Hyalosphenia elegans* und *H. papilio* (Leidy, 1874) unter der Gattung *Catharia*, wobei er diese der Gattung *Difflugia* gleichsetzte. 1879 stellte er sie mit unter die Stein'sche Gattung *Hyalosphenia*. Der Nachweis von *H. papilio* erfreute Leidy in besonderem Maße. In seinem Meisterwerk *Freshwater Rhizopods of North America* lesen wir: *No other lobose rhizopod has more impressed me with its beauty than this one. From its delicacy and transparency, its bright colors and form, as it moves among the leaves of sphagnum, desmids, and diatoms, I have associated it with the idea of a butterfly hovering among flowers... (Kein anderer loboser Rhizopode hat mich wegen seiner Schönheit mehr beeindruckt als dieser. Aufgrund seiner Zartheit und Transparenz, seiner klaren Farben und Form und wie er sich zwischen Sphagnumblättern, Zieralgen und Kieselalgen bewegt, habe ich ihn mit der Idee eines zwischen Blüten schwebenden Schmetterlings in Zusammenhang gebracht...)* (Leidy, 1879). Interessant ist auch seine ursprüngliche Bezeichnung als „die Reine" (Catharia).

Anlässlich meiner Beobachtungen an *Amphizonella violacea* im Bois-des-Lattes bei Ponts-de-Martel gelang mir eine merkwürdige Beobachtung, nämlich dass *H. papilio* im Biotop sukzessive durch eine Variante mit veränderter Schalenform ersetzt wurde (Glück, 2007). Diese Variante zeigte im Bereich der Poren beidseits eine bis zwei auffallende Dellen und wies noch andere Abweichungen auf. Im Folgenden möchte ich über diese Beobachtung berichten und auf das Problem der Variabilität bei *H. papilio* kurz eingehen.

Material und Methode

Ab Juni 2005 habe ich alle drei Monate eine Hand voll Torfmoose aus der Nasszone des *Amphizonella*-Biotops im Bois-des-Lattes ausgepresst und unter dem Binokular-Mikroskop MZ APO Leica in einer Petrischale durchgemustert. Die Individuen von *H. papilio* mit und ohne Schalenmodifikationen wurden gezählt, sowie der Anteil plasmahaltiger und leerer Schalen bestimmt. Die Individuen wurden bezüglich Länge, Breite und Pseudostom vermessen.

Beschreibung von Hyalosphenia papilio

In Übereinstimmung mit den Angaben von Leidy (1879), Penard (1902), Jung (1936), Charret (1964) und Grospietsch (1965) ergeben sich für *H. papilio* folgende lichtmikroskopische Merkmale: Schale in Breitansicht keilförmig, ohne jeden Hals; die Seitenkanten sind gerade. In Seitenansicht ist die Schale zusammengedrückt. Im oberen Drittel sind deutlich zwei Poren zu erkennen. Die Mundöffnung ist relativ breit, wobei die Mundlinie in Breit-

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

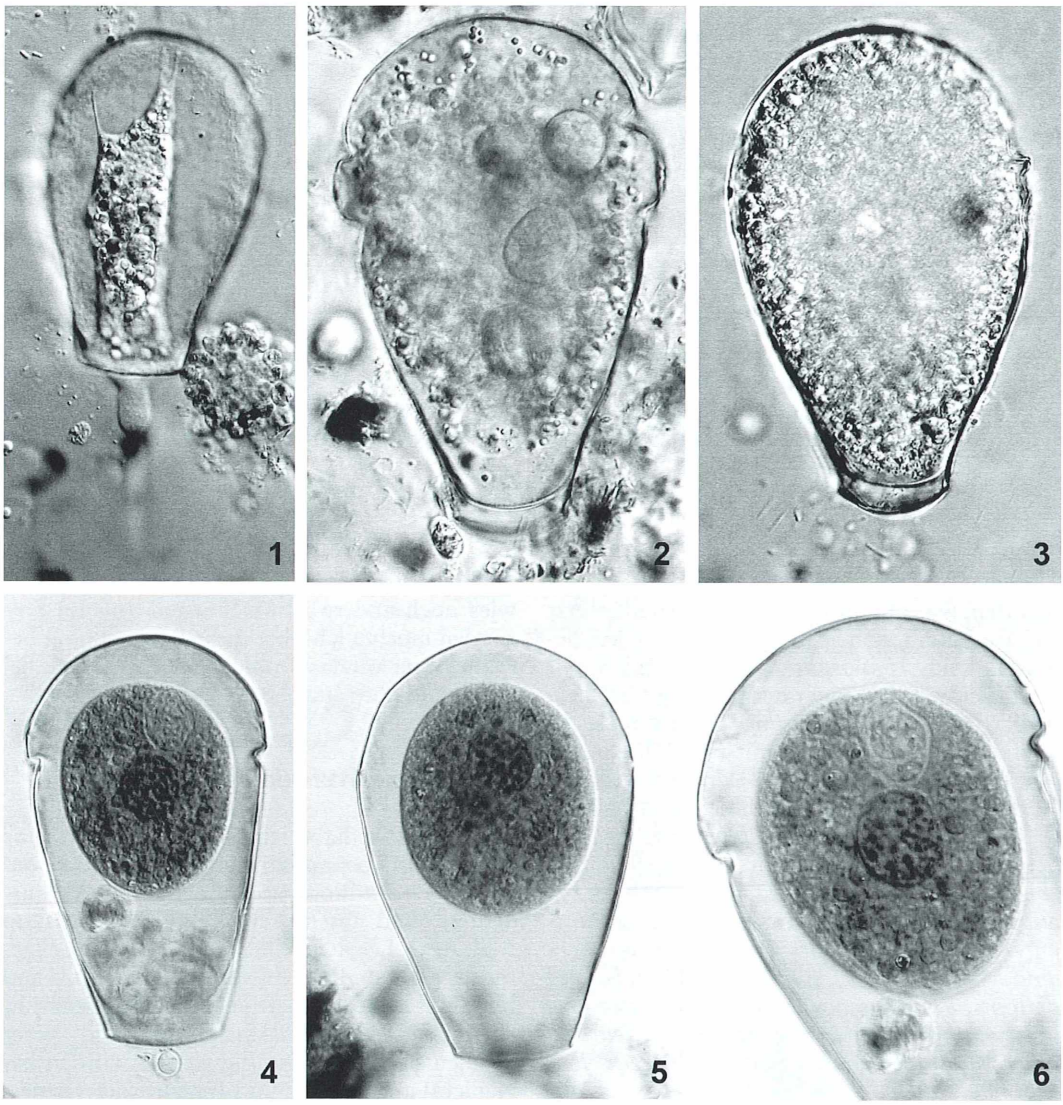


Abb. 1: *Hyalosphenia papilio* (Leidy, 1874) in Breitansicht. Gut erkennbar ist ein eiförmiger Nukleus in der aboralen Hälfte. Die Zelle enthält Zoochlorellen und ist durch Epipodien an der Schaleninnenseite befestigt. Lobose Pseudopodien. Vergr. 300fach. – Abb. 2: *H. papilio* mit modifizierter Schale. Zwei Dellen treten im Bereiche der Poren beidseits auf. Fast die ganze Schale ist plasmahaltig, Epipodien fehlen. Vergr. 500fach. – Abb. 3: Schalenmodifikation weniger ausgeprägt. Die Schale ist am Pseudostom verbreitert. Vergr. 400fach. – Abb. 4 und 5: Bei gleicher Vergrößerung (400fach) deutlich erkennbarer Größenunterschied zwischen normaler *H. papilio* (Abb. 5) und modifizierter *H. papilio*. – Abb. 6: Bei 630facher Vergrößerung sind die Dellen und die darüber liegenden Poren gut erkennbar.

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

ansicht etwas vorgewölbt ist; in Seitenansicht besteht eine schwache Einkerbung des Pseudostoms. Die Schale selbst ist transparent, ihre Farbe variiert zwischen einem schwachen Gelb und Ockerbraun. Die Schalenoberfläche ist ohne jede Struktur. Der Schaleninhalt wird durch fünf bis acht fadenförmige, ektoplasmatische Zellausläufer an der Schaleninnenfläche befestigt, was Penard (1902) erstmals als Epipodien bezeichnet hatte. Symbiontische Algen (Zoochlorellen) sind in der Zelle immer vorhanden. Lebhafte lappenförmige Pseudopodien (Lobopodien) dienen der Fortbewegung und Nahrungsaufnahme (Abb. 1). Die Größenangaben der Schalen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Resultate

Im Juni 2005 dominierten noch die normalen Formen von *H. papilio* (Tab. 2). Vereinzelt waren erstmals modifizierte Schalenformen nachweisbar. In den darauf folgenden Probeentnahmen nahm die Zahl der modifizierten Morphe signifikant zu und war ab Juni 2006 dominant. Während *H. papilio* in der kalten Jahreszeit mehrheitlich Ruhezysten bildete, konnte bei der modifizierten *H. papilio* bis dahin keine enzystierte Form beobachtet werden. Es fiel aber auch auf, dass im Dezember 2006 bei *H. papilio* kaum Ruhezysten nachgewiesen werden konnten. Möglicherweise steht dies im Zusammenhang mit dem extrem warmen Herbst 2006. Insgesamt lagen mehr leere Schalen von *H. papilio* vor.

Beschreibung der modifizierten Form von Hyalosphenia papilio

Die Schale ist hauchgelb bis glasklar, die Oberfläche glatt, in Breitansicht bei einem Teil etwas flaschenförmig, an *H. insecta* (Harnisch, 1938) erinnernd. Das Pseudostom ist sichtlich verbreitert. Der Halsteil zeigt bei einem Teil der Individuen eine diskrete Taille. Der Rand des Pseudostoms ist angedeutet zu einer Lippe verdickt und vorgewölbt. Im oberen Drittel, im Bereiche der Poren, sind eine oder zwei circa 5–6 µm tiefe Eindellungen leicht zu erkennen,

Tabelle 1: Größenangaben der Schalen von *Hyalosphenia papilio*.

Autor	Länge	Breite	Pseudostom
Leidy	102–127 µm	56–120 µm	28–33 µm
Penard	110–140 µm	*	*
Jung	97–146 µm	59–112 µm	27–52 µm
Charret	100–122 µm	70– 78 µm	32–36 µm
Grospietsch	90–130 µm	*	*

* keine Angaben

Tabelle 2: Funde von *Hyalosphenia papilio* mit typischer Form oder in der Modifikation an verschiedenen Probenahmetagen.

Datum	Typische Form		Modifikation	
	plasmahaltig	leer	plasmahaltig	leer
06/05	18	7	5	0
09/05	27	10	18	0
12/05	Probeentnahme wegen Schneedecke nicht möglich.			
03/06	15 (12 enzystiert)	2	12 (keine Zysten)	0
06/06	8	12	20	2
09/06	12	6	27	5
12/06	10 (3 enzystiert)	2	21 (keine Zysten)	3

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

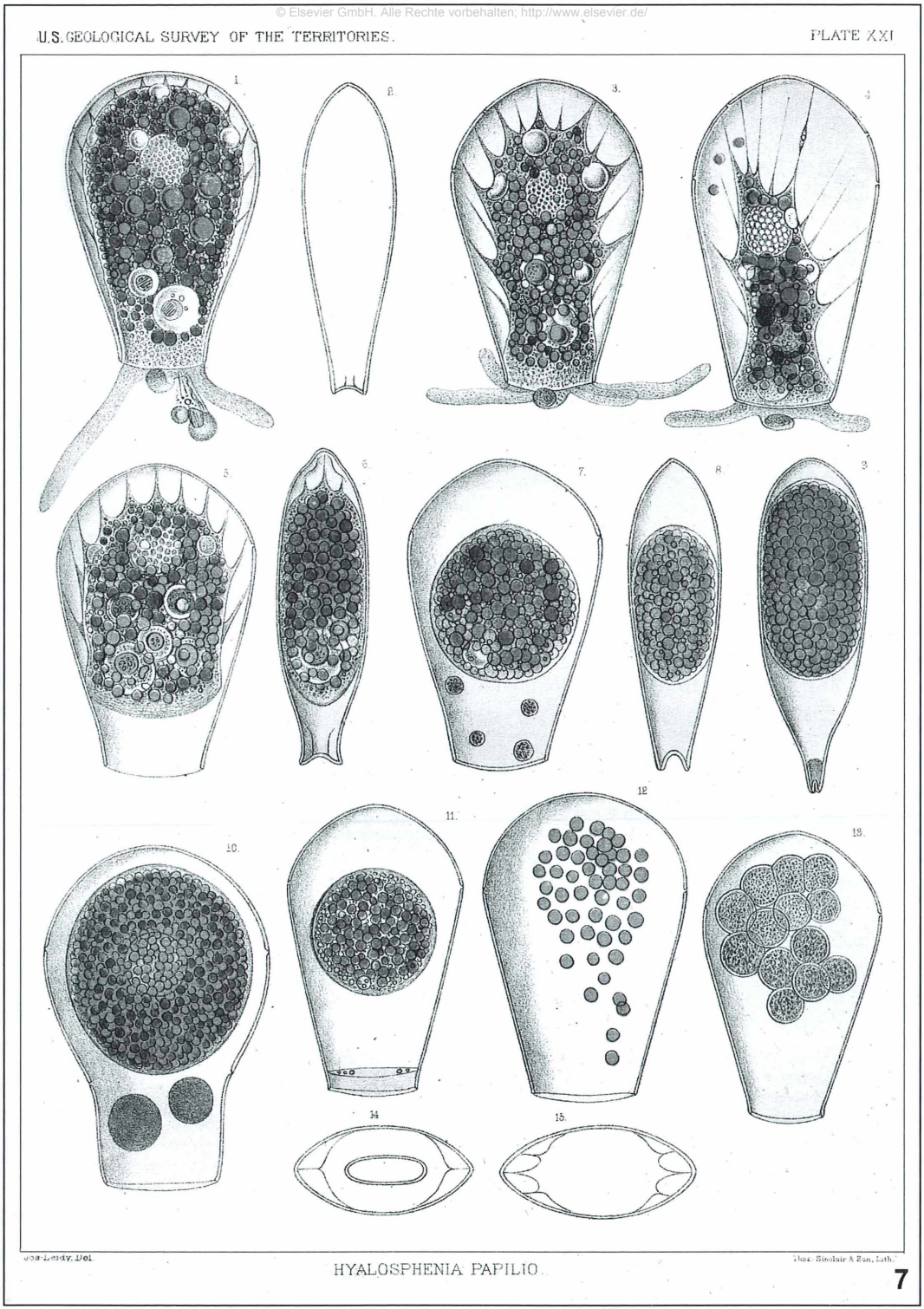


Abb. 7: Tafel 21 aus J. Leidys *Freshwater Rhizopods of North America*. Nummer 10 stellt zweifellos eine Varietät von *H. papilio* dar.

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

wenn zwei vorhanden sind, dann im Abstand von 18–20 µm. Diese Eindellungen sind nicht bei allen Individuen gleich ausgeprägt. Das Plasma enthält Zoochlorellen und füllt die Schale in den meisten Fällen subtotal aus. Epipodien sind keine nachweisbar. Die Länge beträgt 97–105 µm, die Breite 60–70 µm und die Pseudostombreite 23–25 µm (Abb. 2–6). Die Schalenmaße liegen also an der unteren Grenze der bisher vermessenen Schalen.

Die Ausbreitung der Variante

Beim Fundort handelt es sich um einen typischen Hochmoorkolk, dessen Wassergehalt im Jahresverlauf nur unwesentlich schwankt. Er weist einen Durchmesser von etwa 4 m auf und ist 5 m tief. Der Rand kleiner Wasserflächen (Kolkränder) wird von nassen bis sehr nassen Torfmoosen gebildet, gefolgt von einer Eriophoretum-Zone (Wollgraszone) mit schwach bis stark bultigem Torfmoos (Sphagnetum). Stellenweise ragen Zwergbirken-Sträucher (*Betula nana*) hervor, an deren Basis sich das feine Flechtwerk der Moosbeer-Ästchen (*Vaccinium oxycoccus*) mehr oder weniger dahinstreckt. Erwähnenswert sind auch dichte Zonen von Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*). Die Fußtritte füllen sich in diesem Hochmoorareal stets sofort mit Wasser.

Dieses soeben beschriebene Hochmoorareal dehnt sich von Westen nach Osten über etwa 80 m aus und misst in der nordsüdlichen Ausbreitung 30 m. Im Norden folgt eine trockenere Zone mit Heidekraut-Beständen (*Calluna vulgaris*). Im Süden gelangen Zwergsträucher und die Waldformation zur Entwicklung. Direkt am Kolkrand ist die Wahrscheinlichkeit am höchsten, modifizierte *H. papilio* zu finden. Aber auch rund um den Kolk sind fast in jeder Moosprobe Individuen mit modifizierter Schalenform nachweisbar. Es fällt auf, dass mit zunehmendem Abstand vom Kolk entweder nur die normale Schalenform oder nur die modifizierte Form ausgebildet wird. Am Übergang zur trockeneren Zone hört der Nachweis von *H. papilio* fast schlagartig auf.

Zusammenfassend handelt es sich beim Fundort von *H. papilio* mit modifizierter Schalenform um ein weitgehend unberührtes Hochmoorareal mit hochmoorspezifischen Leitpflanzen. An anderen Stellen im Bois-des-Lattes ist der Nachweis der modifizierten Form noch nicht gelungen. Auch in den nicht allzu weit entfernten Tourbières de Frasne konnte die modifizierte *H. papilio*-Form noch nicht gefunden werden.

Diskussion

Leidy hat 1879 in seinen Ausführungen über *H. papilio* ausdrücklich darauf hingewiesen, dass bei den Tausenden Individuen, die er aus allen möglichen Regionen von den Bergen bis zur Meeresküste gesammelt hatte, die Schalengrößen und -formen auffallend konstant gewesen waren (Leidy, 1879). Trotz dieser Aussage ist unschwer zu erkennen, dass das Individuum Nr. 10 der Tafel 21 der *Freshwater Rhizopods of North America* (Abb. 7) kaum auf seine Beschreibung im Text passt. Auch Penard (1902) hat in seinem Untersuchungsmaterial, abgesehen von seltenen „Monstern", keine nennenswerten Schalenmodifikationen registriert. Deflandre erwähnte erstmals 1931, dass *H. papilio* in nassen Torfmoosen in variablen Größen und Proportionen anzutreffen sei, und beschrieb die Form *H. papilio* var. *stenostoma*, deren Pseudostom wesentlich kleiner ist als bei der normalen. Jung konnte 1936 Deflandres Beobachtungen bestätigen und hielt fest, dass *H. papilio* auf dem Gebiete der Protozoenvererbung und -varietäten sichtlich eines der am besten studierbaren Objekte sei. Er stellte auch fest, dass der Größenzuwachs bei *H. papilio* mit dem höheren Nässegrad einhergehe. Schönborn fasste 1966 allgemein zusammen, dass die Arten generell in verschiedener Umgebung unterschiedliche Merkmale ausbildeten, oft in Anpassung an die jeweiligen Bedingungen, die aber mit den typischen Vertretern der Art durch fließende Übergänge verbunden sind.

In Anbetracht der Beobachtungen von Deflandre und Jung und meinen eigenen Untersuchungsresultaten mit Nachweis von unterschiedlichen Morphen in ausreichend hoher Häufigkeit scheint es gerechtfertigt, *H. papilio* als polymorphe Art zu bezeichnen. In diesem Zusammenhang seien die interessanten Laboruntersuchungen Schönborns über adaptive Polymorphismen bei *Trinema complanatum* und *Euglypha laevis* erwähnt. Diese beiden Arten zeigen auch eine Variationsbreite, eine Formenpalette, was als Anpassung an die Umwelt aufgefasst werden könne. Durch ständiges Selektionieren einer Variante konnte er diese do-

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

minant machen, ein Vorgang, der durchaus auch in der Natur stattfinden könnte. Mit dieser Untersuchung ist es Schönborn (1992) gelungen nachzuweisen, dass in einer Art die Gene aller Varianten bereits enthalten sind, und dass sich die einzelnen Gene mehr oder weniger gut selektionieren lassen. Die Variabilität ist schließlich die Grundlage für die natürliche Selektion. Ob es im Falle der hier beschriebenen *H. papilio* tatsächlich zu einer Mikroevolution kommen werde, oder ob es nach unbestimmter Zeit zu einem Übergang in die ursprüngliche Form kommen wird, kann frühestens nach Ablauf von mehreren Jahren einigermaßen sicher beantwortet werden.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass der Phänotyp das Produkt einer Vielzahl von Umwelteinflüssen ist. Gerade in den vergangenen zwei Jahren konnten im Neuenburger Jura ein Niederschlagsüberschuss von 30 % sowie eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur von 1,7 °C gemessen werden (Meteo Schweiz). In wieweit sich die modifizierte Schalenform bei *H. papilio* mit dieser Klimaveränderung in Beziehung setzen lässt, kann gegenwärtig auch noch nicht sicher beurteilt werden. Offenbar leben die Individuen von *H. papilio* zumindest im peripheren Anteil des Biotops in fleckenhaft verteilten Lokalpopulationen, was als Metapopulation bezeichnet wird. Falls ich zufälligerweise Torfmoose der gleichen Metapopulation untersuchen würde, könnte dies zu einseitigen Schlussfolgerungen führen. Allerdings dürften meine zahlreichen Untersuchungen statistisch ausreichend sein.

Danksagung

Herrn Dr. W. Schönborn, Jena, möchte ich meinen herzlichen Dank abstatten für das Durchlesen der Arbeit, für seine Anregungen mannigfacher Art sowie für seine unermüdliche Anteilnahme an dem Fortschreiten dieser Untersuchung.

Literaturhinweise

Bonnet, L.: Données écologiques sur quelques Hyalospheniidae et Paraquadrulidae (Thécamoebiens) des sols. (Première partie). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 125, 17–22 (1989).

Charret, R.: Contribution à l'étude cytologique et biologique de *Hyalosphenia papilio* (Leidy), Rhizopode Testacé. Bull. Biol. France Belg. 98, 369–390 (1964).

Deflandre, G.: Thecamoebiens nouveaux ou peu connus I. Ann. Protistol. 3, 81–95 (1931).

Glück, Ch.: Beobachtungen an der seltenen Moos-Thekamöbe *Amphizonella violacea* Greeff. Mikrokosmos 96, 129–135 (2007).

Grospietsch, T.: Monographische Studie der Gattung *Hyalosphenia* Stein (Rhizopoda, Testacea). Hydrobiologie 26, 211–241 (1965).

Grospietsch, T.: Wechseltierchen (Rhizopoden). Franckh-Kosmos, Stuttgart 1972.

Harnisch, O.: Weitere Daten zur Rhizopodenfauna Lapplands. Ein Beitrag zur Ökologie sphagnophiler Rhizopoden. Zool. Anz. 124, 138–150 (1938).

Jung, W.: Thekamöben ursprünglicher, lebender deutscher Hochmoore. Abhandlung aus dem Landesmuseum der Provinz Westfalen 7, 1–87 (1936).

Leidy, J.: Notice of some rhizopods. Proc. Acad. nat. Soc. Philad. Year 1874, 155–157 (1875).

Leidy, J.: Freshwater Rhizopods of North America. Government printing office, Washington 1879.

Meisterfeld, R.: Die horizontale und vertikale Verteilung der Testaceen (Rhizopoda, Testacea) in *Sphagnum*. Arch. Hydrobiol. 79, 319–356 (1977).

Penard, E.: Faune rhizopodique du Bassin du Léman. Kündig, Genève 1902.

Schönborn, W.: Die Stratigraphie lebender Testaceen im Sphagnetum der Hochmoore. Limnologica 1, 315–321 (1962).

Schönborn, W.: Untersuchungen über die Zoochlorellen – Symbiose der Hochmoor-Testaceen. Limnologica 3, 173–176 (1965).

Schönborn, W.: Adaptive polymorphism in soil-inhabiting testate amoebae (Rhizopoda): Its importance for delimitation and evolution of asexual species. Arch. Protistenkd. 142, 139–155 (1992).

Stein, S. F. N.: Über die ihm aus eigener Untersuchung bekannt gewordenen Süsswasser-Rhizopoden. SB. böhm. Akad. Wiss. 10, 41–43 (1857).

Witterungsbericht der Jahre 2005 und 2006: Eidgenössisches Departement des Innern (E.D.I.), Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Meteo Schweiz; Krähbühlstrasse, CH-8044 Zürich.

Verfasser: Chaim Glück, Flossenmatt 12, 6045 Meggen, Schweiz

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

Von der äußeren Morphologie zur zellulären Ultrastruktur – Mikroskopische und zeichnerische Dokumentation eines Insektenorgans

Robert Sturm

Durch Anwendung licht- und elektronenmikroskopischer Verfahren wird dem Wissenschaftler gegenwärtig die Möglichkeit zur umfassenden Untersuchung und Dokumentation zellulärer Strukturen eingeräumt. Während die Lichtmikroskopie zur Erkundung der äußeren Morphologie und groben Histologie dient, lässt sich mit der Elektronenmikroskopie Detailinformation über den zellulären Aufbau und die Funktionalität der Struktur gewinnen. Neben der Fotografie, welche im Zeitalter des Digitalbildes eine Vielzahl an Darstellungen und Effekten ermöglicht, gilt in Anlehnung an die Biologen der vergangenen Zeit nach wie vor auch die Zeichnung als geeignetes Medium zur Hervorhebung besonderer Details einer Zelle, eines Gewebes oder eines Organs. In der vorliegenden Arbeit sollen deshalb Fotografie und Zeichnung gegenübergestellt werden.

Galt vor hundert Jahren noch die Lichtmikroskopie mit all ihren Vorzügen und optischen Einschränkungen als das Maß aller Dinge, so kam es vor allem nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges zum rasanten Aufstieg der Elektronenmikroskopie, welche den Vorstoß in immer kleinere Dimensionen – konkret in den Nanometerbereich – gestattete. Heute ist es bereits möglich, atomare, in den Subnanometerbereich einzuordnende Oberflächenstrukturen zur Darstellung zu bringen.

Die Mikroskopie konnte in allen Teilbereichen der Biologie gleichermaßen zur Anwendung gelangen und in signifikanter Art und Weise zur Steigerung der jeweiligen wissenschaftlichen Erkenntnis beitragen. Gelang etwa einerseits in der Mikrobiologie mittels spezieller mikroskopischer Färbemethoden eine grundlegende Klassifikation bakterieller Organismen, so konnten andererseits in der Botanik durch die Mikroskopie essentielle Fortschritte in der Identifikation einzelner Zellkompartimente erzielt werden. Die Liste der Beispiele ließe sich noch beliebig lange fortsetzen.

Besonderen Einfluss freilich nahm die Mikroskopie auf die Histologie und Zellbiologie, da ohne deren Applikation grundlegende Fragen zur Zell-, Gewebe- und Organstruktur beziehungsweise -funktion erst gar nicht zur Beantwortung gelangt wären. Diese Feststellung ist in besonderer Weise für die Entomohistologie und -cytologie – die Gewebe- und Zelllehre bei den Insekten – zu treffen, wo elektronenmikroskopische Studien auf vielerlei Gebieten, vor allem jedoch in den Bereichen der Reproduktion und des Stoffwechsels zu einer bedeutsamen Erkenntniserweiterung beitrugen. Heute existiert bereits eine Vielzahl von Monographien, in welchen auf wissenschaftliche Weise die Resultate diverser mikroskopischer Untersuchungen präsentiert werden (z. B. King und Akai, 1984).

In der vorliegenden Studie soll mit der weiblichen akzessorischen Drüse ein Reproduktionsorgan der Insekten zur näheren Betrachtung gelangen, dessen Funktion bislang noch nicht vollständig aufgeklärt werden konnte. Besonders augenscheinlich tritt dieses Organ bei einzelnen Arten der Geradflügler (Orthoptera) auf, weshalb die Untersuchung auf diese Insektenordnung und hier wiederum besonders auf die Familie der Grillen (Gryllidae) beschränkt bleiben soll. Dabei soll neben dem mikroskopischen Zugang versucht werden, grundlegende Eigenschaften der Organmorphologie und zellulären Struktur zeichnerisch festzuhalten.

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

Die akzessorischen Drüsen weiblicher Insekten – Ein kurzer Überblick

Innerhalb jener Insektenordnungen, bei denen die akzessorischen Drüsen keine sekundäre Rückbildung erfahren haben, stellen diese Organe essentielle Bestandteile sowohl des männlichen als auch des weiblichen Reproduktionstraktes dar. Den ausführlichen Studien von Kaulenas (1992) zufolge werden die Drüsen des Männchens aus dem Mesoderm (mittleres Keimblatt), jene des Weibchens hingegen aus dem Ektoderm (äußeres Keimblatt) gebildet. Betrachtet man Insekten mit unvollständiger Jugendentwicklung (Hemimetabolie), zu welchen auch die bereits oben genannten Orthoptera gezählt werden können, so bestehen innerhalb dieser Gruppe die Anlagen für die akzessorischen Drüsen bereits im Larvalstadium, was zur Folge hat, dass mit der Imaginalhäutung schon fertige Organe vorliegen, welche nach einer kurzen Ausdifferenzierungsphase ihre sekretorische Aktivität starten.
Die weiblichen akzessorischen Drüsen, welche laut Gillott (1988) aufgrund ihres paarigen Auftretens beiderseits der Genitalkammer auch als so genannte Kollateraldrüsen bezeichnet werden können, zeigen in Bezug auf ihre äußere Gestalt sowohl innerhalb der Klasse der Insekten insgesamt als auch innerhalb der Orthoptera selbst eine überraschend große Variabilität. So unterschiedlich die Form der Organe mit ihren Verzweigungen und Fortsätzen auch sein mag, so einheitlich zeigt sich der Grundbauplan der Drüsen. Dieser setzt sich nämlich – von innen nach außen betrachtet – aus einer kutikulären Schicht (Intima) unterschiedlicher Dicke, einer oder zwei Zelllagen und schließlich noch einer so genannten Basallamina zusammen. Bei Organen mit einlagigem Zellepithel, wie sie etwa bei den meisten Geradflüglern vorliegen, werden sowohl die Kutikula als auch das Drüsensekret von den einzelnen Zellen produziert, wohingegen bei Drüsen mit zwei Zelllagen eine diesbezügliche Spezialisierung erfolgt, das heißt sekretorisch aktiven Zellen treten Kutikula bildende Zellen gegenüber. Als Besonderheit dieser Differenzierung gilt, dass entsprechende Drüsen meist über eine dickere kutikuläre Schicht verfügen, deren Überwindung durch das Drüsensekret nur mittels eines Netzes aus feinen Kanälen gelingt.
Während die Funktion der männlichen akzessorischen Drüsen weitestgehend aufgeklärt ist und in erster Linie in der Bildung der Spermatophore und chemischen Konservierung der Spermatozoen besteht, geben die weiblichen Pendants in dieser Hinsicht noch einige Rätsel auf, welche es in zukünftigen Studien aufzuklären gilt. Mit einiger Sicherheit steht bislang nur fest, dass das Drüsensekret bei manchen Insekten Baustoffe für die Eikapsel bereitstellt, bei anderen hingegen den Transport der Spermatozoen in das Receptaculum seminis unterstützt. Bei Insekten mit Eilegestachel (Ovipositor), zu welchen unter anderem auch zahlreiche Orthoptera zählen, wird als weitere Funktion des Sekrets dessen Einsatz als Gleitmittel bei der Eiablage diskutiert (Sturm, 2000; Sturm und Pohlhammer, 2000).

Methoden der Drüsenpräparation für die mikroskopischen Verfahren

In der vorliegenden Studie gelangten die akzessorischen Drüsen von Weibchen der australischen Feldgrille *Teleogryllus commodus*, der nordamerikanischen Steppengrille *Gryllus assimilis* und der Mittelmeer-Feldgrille *Gryllus bimaculatus* zur mikroskopischen Untersuchung. Die Analyse der zellulären Feinstruktur blieb aufgrund einer erhöhten Verfügbarkeit an Tieren auf die australische Feldgrille, welche am Institut für Zoologie der Universität Salzburg unter Standardbedingungen gezüchtet wurde (Sturm, 1999), beschränkt. Wie vorhergehende Studien zur Ultrastruktur von akzessorischen Drüsenzellen jedoch zeigten (z.B. Sturm, 2003), kann der Zellaufbau der Organe als eine über die einzelne Spezies hinausreichende Konstante erachtet werden, das heißt zwischen verschiedenen Grillenarten treten hier nur minimale Unterschiede auf.
Für die lichtmikroskopische Untersuchung mussten die akzessorischen Drüsen zunächst aus dem Weibchen entfernt werden. Dazu wurde ein ausgewähltes Tier im CO_2-Strom betäubt, mit einer Rasierklinge geköpft (dekapitiert) und auf der Unterseite (ventral) am Hinterleib (Abdomen) eröffnet. Die von Fettgewebe befreiten Organe wurden hierauf mit einer Spitzpinzette oder Augenschere an ihrer Basis von der Genitalkammer abgetrennt und in eine mit Ringerlösung (physiologische Kochsalzlösung) gefüllte Embryoschale beziehungsweise auf einen Objektträger überführt.
Die auflichtmikroskopische Dokumentation erfolgte an den unfixierten, frei in der Embryo-

schale gelagerten Organen unter Verwendung eines Wild-Stereomikroskops, während für die durchlichtmikroskopische Untersuchung die Drüsen in möglichst ausgestreckter Lage auf dem Objektträger positioniert und mit einem Deckglas fixiert wurden. Zur besseren Darstellung einzelner epithelialer Bestandteile wurde die mikroskopische Arbeit unter Verwendung eines Reichert-Interferenzkontrastmikroskops durchgeführt. Eine Hervorhebung der Zellkerne wurde durch zusätzliche Lebendfärbung mit Karmin-Essigsäure vorgenommen.
Zur Studie der zellulären Ultrastruktur wurde die Lichtmikroskopie durch das transmissionselektronenmikroskopische Verfahren ergänzt. Letztere Methode setzt eine relativ aufwändige Präparation der zu untersuchenden Organe voraus. Im konkreten Fall wurden die zuvor frei präparierten und isolierten akzessorischen Drüsen des Weibchens von *Telegryllus commodus* drei Stunden lang in Karnovsky-Lösung vorfixiert und für eine Dauer von weiteren zwei Stunden in 1%iger OsO_4-Lösung nachfixiert. Die Osmiumlösung diente zur Fixierung der zellulären Lipidkomponenten und somit auch

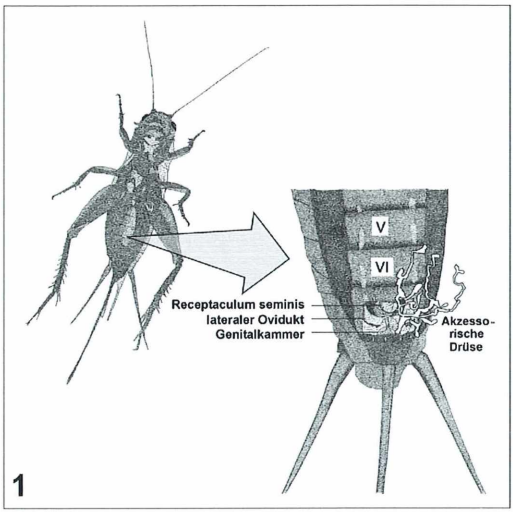


Abb. 1: Zeichnung zur Darstellung der Lage der akzessorischen Drüsen am Beispiel der australischen Felgrille. Die Drüsen (hier nur eine einzelne dargestellt) befinden sich im siebenten beziehungsweise achten abdominalen Segment und stehen in Verbindung mit der Genitalkammer.

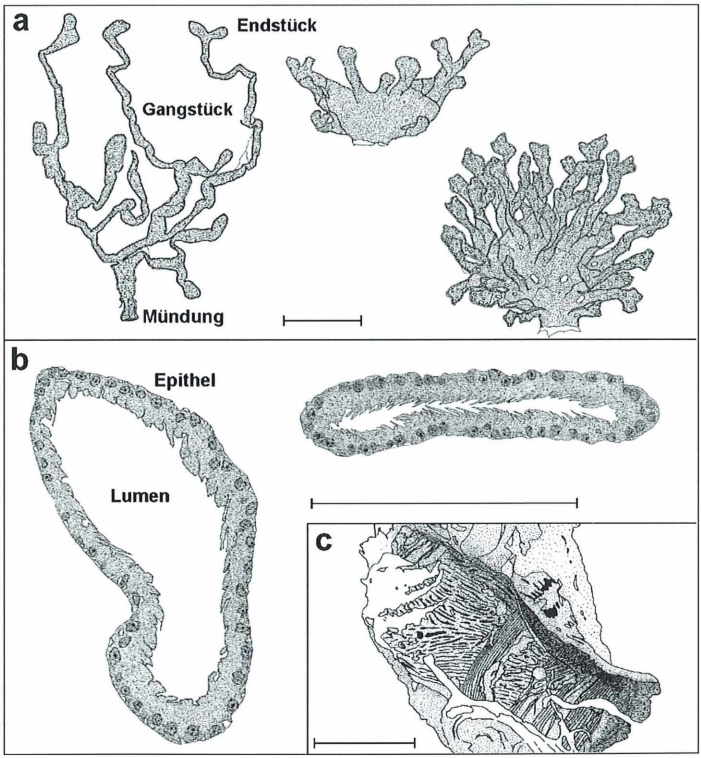


Abb. 2: a Zeichnungen zur Verdeutlichung der äußeren Morphologie der weiblichen akzessorischen Drüsen. Hier sind deutliche interspezifische Unterschiede zu erkennen (von links nach rechts): australische Feldgrille, nordamerikanische Steppengrille, Mittelmeer-Feldgrille (Maßstab: 1 mm). b Schnittzeichnungen zur Darstellung der groben inneren Morphologie. Hierbei ist eine Trennung zwischen Drüsenepithel und Drüsenlumen vorzunehmen (Maßstab: 1 mm). c Basale Ring- beziehungsweise Längsmuskulatur der akzessorischen Drüse (Maßstab: 0,1 mm).

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

zum Nachweis des öligen Drüsensekrets. Nach dem zeitaufwändigen Prozedere des Fixierens der Drüsen erfolgte deren mehrfache Behandlung in Cacodylat-Puffer und deren vollständige Dehydrierung in einer aufsteigenden Äthanolreihe. Abschließend wurden die Insektenorgane in einer Propylenoxid-Epoxidharz-Mischung eingebettet, wobei das Mischungsverhältnis sukzessive zu Gunsten des Epoxidharzes verschoben wurde und die letzte Einbettung in reinem Harz durchgeführt wurde. Nach Aushärtung und Zutrimmung des gewonnenen Harzblöckchens wurden mit Hilfe eines Reichert OM-U2-Mikrotoms zunächst Semidünnschnitte (Dicke ca. 200 nm) hergestellt und mit 2%iger Methylenblau-Lösung gefärbt. Nach Auswahl einer geeigneten Untersuchungsstelle und weiterer Zutrimmung des Harzblöckchens kam es zur Erzeugung der Ultradünnschnitte, welche mit Uranylacetat und Bleicitrat kontrastiert und nach Aufbringung auf feine Gitter in einem PhilipsTransmissionselektronenmikroskop (EM 300) bei einer Beschleunigungsspannung von 80 kV untersucht wurden.

Lage, äußere Form und epitheliale Organisation der akzessorischen Drüsen

Die akzessorischen Drüsen von Weibchen jener oben vorgestellten Grillenarten sind durch eine einheitliche Position im Genitaltrakt gekennzeichnet. Wie der Zeichnung in Abbildung 1 entnommen werden kann, liegen die paarweise auftretenden Organe im Ventralbereich des siebenten beziehungsweise achten Abdominalsegments und münden jeweils seitlich von der terminalen (endständigen) Papille des Ductus receptaculi in die Genitalkammer ein. Bei der ventralen Eröffnung ausgewählter Tiere liegen die Drüsen meist unter einer Schicht aus Längsmuskelsträngen und großen Tracheen verborgen und befinden sich zudem in einem Zustand starker Zusammenrollung und -packung, der noch wenig Auskunft über ihre wahren Dimensionen zu geben vermag.

Die äußere Gestalt der akzessorischen Drüsen wurde zeichnerisch in Abbildung 2a festgehalten und weist unter den studierten Grillenarten eine signifikante Variabilität auf. Grundsätzlich kann die Morphologie des Insektenorgans durch drei klar voneinander trennbare Abschnitte charakterisiert werden. In einer äußeren (apikalen) Region sind die teils bulbusförmig erweiterten Endstücke der Drüsen, in welchen die Hauptmenge an Sekret produziert wird, zusammengefasst. Eine mittlere Region umfasst die gangartigen (tubulären) und zugleich sekretleitenden Drüsenteile, während schließlich in der basalen Region all diese Tubuli zusammenlaufen und dort das Sekret in einem spezifischen Mündungsbereich nach außen – im konkreten Fall in die Genitalkammer – abgeleitet wird. Die akzessorische Drüse der australischen Feldgrille zeigt eine ausgedehnte mittlere Region mit langen sekretleitenden Gängen, was insgesamt eine große Ausdehnung des Organs vom basalen zum apikalen Ende zur Folge hat.

Ein anderes Bild ergibt sich für das entsprechende Organ der amerikanischen Steppengrille, wo die sekretleitenden Drüsenteile verkürzt sind und die basale Region eine überdurchschnittliche Größe besitzt. Die Kollateraldrüse der Mittelmeer-Feldgrille nimmt in Hinblick auf die Größenproportionen einzelner Drüsenregionen eine Zwischenstellung ein, ist jedoch mit ihren zahlreichen Drüsengängen und Endstücken, welche auf eine hohe sekretorische Aktivität hinweisen, noch durch eine besondere Eigenheit gekennzeichnet (Abb. 2a). Möchte man ein genaues Bild über die Größe der Organe gewinnen, so variiert deren Längs- beziehungsweise Querausdehnung im ausgestreckten Zustand je nach Art und Differenzierungsgrad zwischen 4 und 12 mm, was hinsichtlich der Gesamtgröße einzelner Tiere (Gesamtlänge des Abdomens ca. 1,5 cm) einen beträchtlichen Wert darstellt, jedoch nur einen Bruchteil der Länge des Ductus receptaculi (ca. 25 mm) ausmacht.

Die innere Drüsenorganisation lässt eine Grobgliederung des Organs in Drüsenepithel, welches der Sekretbildung dient, und Drüsenlumen, in welches das Sekret abgegeben wird, erkennen (Abb. 2b, 4, 5). Bei allen untersuchten Grillenarten setzt sich das Epithel lediglich aus einer einzelnen Zelllage zusammen, wobei innerhalb jeder Drüsenregion ein einheitliches Erscheinungsbild der Zellen diagnostiziert werden kann. An ihrer Basis werden die Drüsenzellen von einer Basallamina begrenzt, deren Mächtigkeit kontinuierlich von der apikalen zur basalen Drüsenregion ansteigt (von ca. 0,5 µm auf 3 µm). In der basalen Region wird die Basallamina noch zusätzlich von Lagen aus Längs- und Quermuskulatur eingehüllt (Abb. 2c), deren hauptsächliche Aufgabe wohl darin

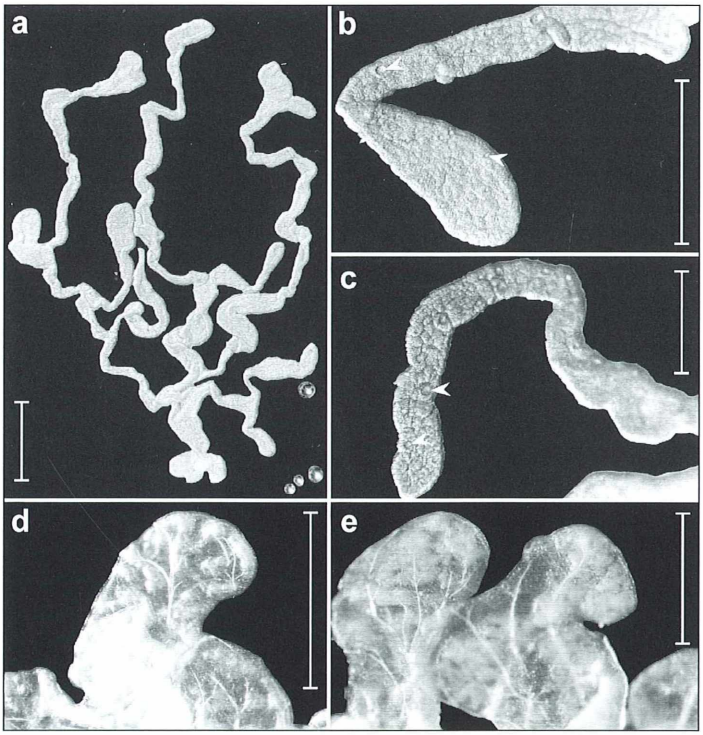


Abb. 3: Lichtmikroskopie der akzessorischen Drüse. a Akzessorische Drüse der australischen Feldgrille *Teleogryllus commodus* mit ihren typischen Verzweigungen. b und c Details der Drüse von *Teleogryllus* (Pfeilköpfe markieren feinste Sekrettröpfchen). d und e Details der akzessorischen Drüse der Mittelmeer-Feldgrille *Gryllus bimaculatus* (Maßstäbe: jeweils 1 mm).

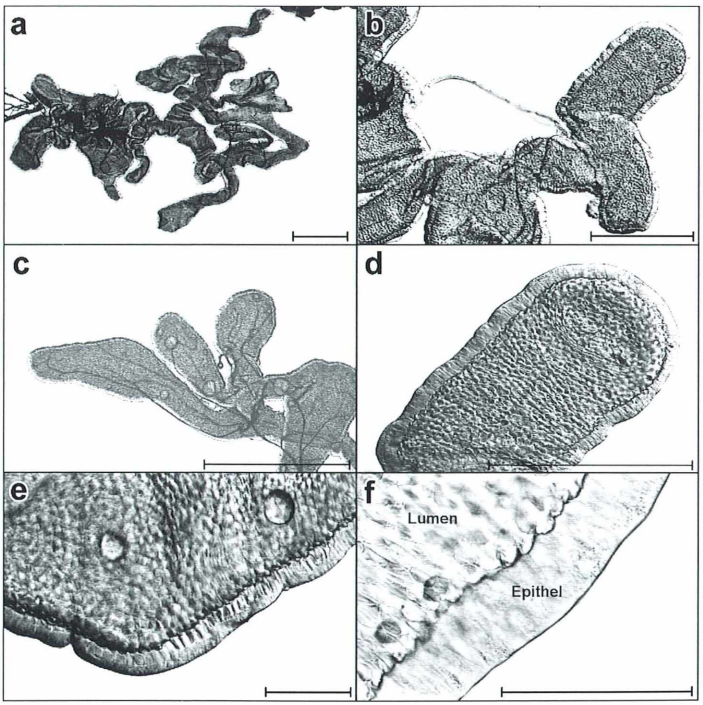


Abb. 4: Interferenzkontrastmikroskopie der akzessorischen Drüsen. a Drüse der nordamerikanischen Steppengrille *Gryllus assimilis* im Überblick (Maßstab: 1 mm). b–d Details der akzessorischen Drüse von *Teleogryllus commodus* (Maßstab: jeweils 1 mm). e und f Stärker vergrößerte Details zur Verdeutlichung der Drüsengliederung in Epithel und Lumen (Maßstab: jeweils 0,1 mm).

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

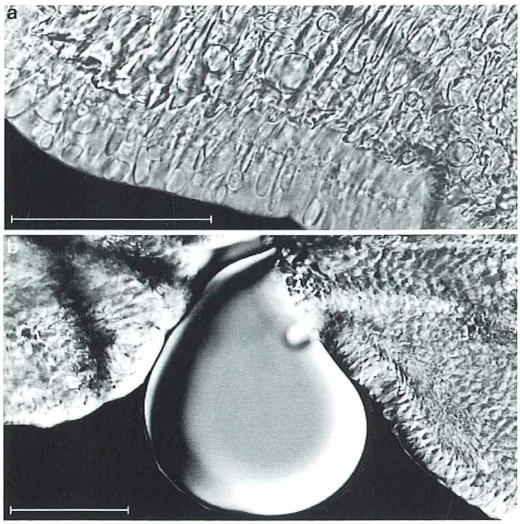


Abb. 5: Gefärbte Drüsen unter dem Interferenzkontrastmikroskop. a Drüsenepithel mit deutlicher Darstellung der Zellkerne. Gut erkennbar ist auch die feine Fortsätze ausbildende Kutikula (Maßstab: 0,1 mm). b Drüsenmündung mit auslaufendem Sekret (Maßstab: 0,1 mm).

bestehen dürfte, das Sekret nicht unkontrolliert in die Genitalkammer fließen zu lassen, das heißt eine Art Verschließmechanismus darzustellen. Die Zellhöhe variiert unabhängig von der betrachteten Grillenspezies zwischen 40 und 80 µm (Abb. 4 und 5) und scheint in der apikalen Drüsenregion etwas höher zu sein als in der basalen. Die Abgrenzung des Drüsenepithels gegen das Lumen (Innenraum) erfolgt durch eine mehrschichtige Kutikula, deren Eigenheit in der Ausbildung von zahlreichen dornen- bis haarförmigen Fortsätzen besteht (Abb. 2b, 4f, 5a). Die Funktion dieser Strukturen scheint noch nicht vollständig geklärt, doch dienen sie wegen ihrer Festigkeit möglicherweise zur Aufrechterhaltung eines minimalen luminalen Volumens, bei dem noch ein ungestörtes Funktionieren der Drüsen ermöglicht werden kann.

Feinstruktur einzelner Drüsenzellen

Der nächste Schritt bei der Betrachtung der weiblichen akzessorischen Drüsen unterschiedlicher Grillenarten besteht in der mikroskopischen Dokumentation der zellulären Ultrastruktur. Dieses Prozedere ist in weiterer Folge vor allem für das Verständnis der Drüsenfunktion beziehungsweise für die Beschreibung des Ablaufs der Drüsensekretion von großer Wichtigkeit. Wie schon einleitend erwähnt wurde, erfolgten die transmissionselektronenmikroskopischen Untersuchungen lediglich an Tieren der australischen Feldgrille, von welcher durch die hauseigene Zucht mehr Tiere bereitgestellt werden konnten. Die aus der Elektronenmikroskopie gewonnenen Ergebnisse sind in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt. Bei näherer Betrachtung einer einzelnen Drüsenzelle, wie sie etwa in Abbildung 6a gezeichnet ist, kann eine simple Zweiteilung der zellulären Struktur in einen basalen und apikalen Teil vorgenommen werden. Der basale Teil wird in der Hauptsache vom Zellkern eingenommen, der einen Durchmesser bis 20 µm erreicht sowie über ein ausgeprägtes Kernkörperchen (Nukleolus) und variable Anteile an Eu- und Heterochromatin (erkennbar durch die unterschiedliche Elektronendichte) verfügt. Während die Mitochondriendichte in diesem Bereich der Zelle eher niedrig ist, treten mancherorts Einbuchtungen der Zellmembran und in geringerem Maße auch der Basallamina auf, welche zu einer Vergrößerung der basalen Zelloberfläche führen und damit eine Effizienzsteigerung hinsichtlich der Aufnahme so genannter Protosubstanzen aus der Hämolymphe bewirken. In sekretorisch hochaktiven Zellen bedingen die Einbuchtungen die Bildung eines regelrechten Systems an interzellulären Hohlräumen. Im apikalen Zellteil nimmt die Dichte des rauen und glatten Endoplasmatischen Retikulums sowie der Dictyosomen – Zellkompartimente, welche für die Protein- und Lipidsynthese verantwortlich zeichnen – deutlich zu. Zudem steigt auch die Anzahl der Mitochondrien an, welche dem so genannten Crista-Bautypus (mit Lamellen im Innern) zuzuordnen sind und eine Länge von mehreren µm erreichen können (Abb. 6 und 7). Die zelluläre Matrix wird neben den erwähnten Kompartimenten noch zusätzlich von zahlreichen kleinen Vesikeln, Myofilamenten (Muskelfasern) und Lipidtröpfchen erfüllt, wobei letztere Zellbestandteile durch die OsO_4-Fixierung eine Dunkelfärbung der Zelle bewirken.

Den apikalen Abschluss jeder Drüsenzelle bildet ein Saum aus Mikrovilli, worunter fingerförmige Ausstülpungen der Zellmembran zur

© Verlag Dr. Kovač, Hamburg · Alle Rechte vorbehalten · www.verlag-kovac.de

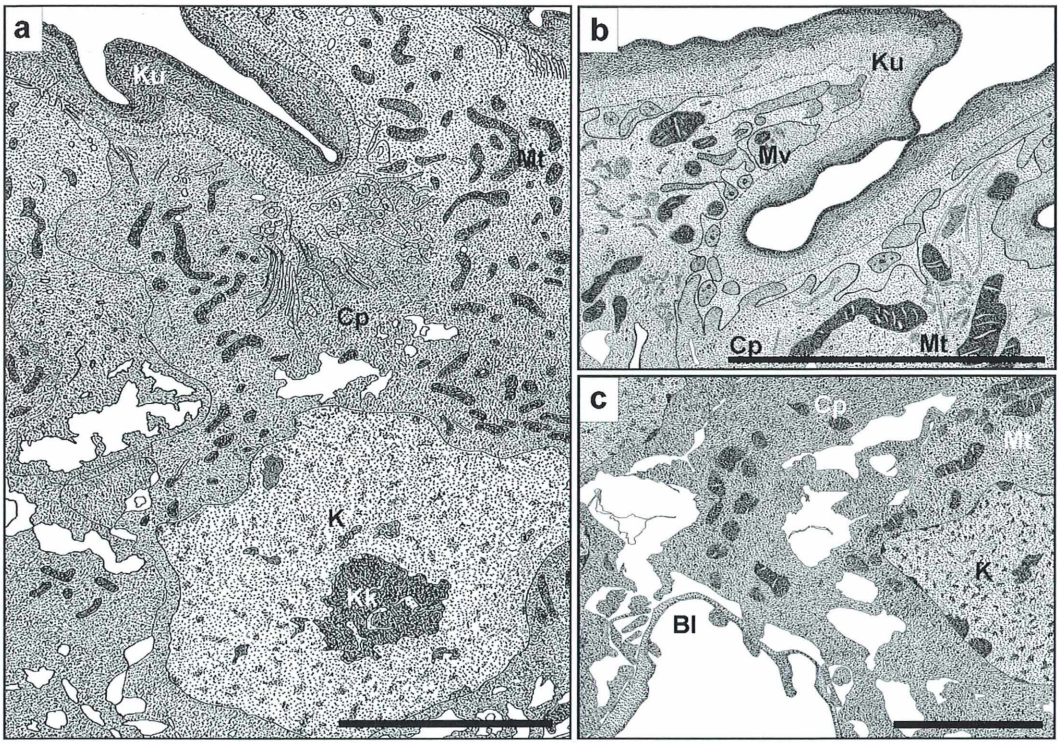


Abb. 6: Zeichnungen zur Verdeutlichung der zellulären Ultrastruktur. a Akzessorische Drüsenzelle *(Teleogryllus commodus)* im Überblick mit Zellkern (K), Kernkörperchen (Kk), Cytoplasma (Cp), Mitochondrien (Mt) und apikaler Kutikula (Ku). b Detail der apikalen Zellregion mit Kutikula, Mitochondrien, Cytoplasma und Mikrovilli (Mv). c Ausschnitt des basalen Zellteils, der neben den bereits erwähnten Merkmalen noch die Basallamina (Bl) zeigt (Maßstab: jeweils 10 µm).

Oberflächenvergrößerung zu verstehen sind. Diese Mikrovilli werden von Mikrofilamenten und teilweise von glattem Endoplasmatischen Retikulum durchsetzt. An die Mikrovilli schließt eine dreischichtige Kutikula an, welche in ihrer Dicke zwischen 2 und 10 µm variieren kann und vor allem an den ausgedünnten Stellen durch Diffusion vom Lipidsekret überwunden wird.

Resümee

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es teils aufwändiger mikroskopischer Techniken bedarf, um detaillierten Einblick in die Struktur und Funktion einer Insektendrüse zu erlangen. Im konkreten Fall der akzessorischen Drüsen von Grillenweibchen kann eine sinnvolle Untersuchung des zellulären Aufbaus nur mit Hilfe der Transmissionselektronenmikroskopie durchgeführt werden. Der Einsatz des Zeichenspiegels und die Herstellung möglichst detailgetreuer Zeichnungen stellt sicherlich auch im digitalen Zeitalter noch eine notwendige Ergänzung zur Fotografie dar, weshalb die zeichnerische Ausbildung ein Fixpunkt der naturwissenschaftlichen Ausbildung bleiben sollte. Die Zeichnung erlaubt es, wichtige Strukturen hervorzuheben und etwaige Artefakte wegzulassen. Das Foto hingegen ist vor allem zur Analyse feinster Strukturen, welche sich zeichnerisch schwer oder gar nicht darstellen lassen, von großer Bedeutung. Eine gute histologische Untersuchung sollte daher auch in Zukunft über ein ausgewogenes Maß an zeichnerischen und fotografischen Darstellungen verfügen.

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

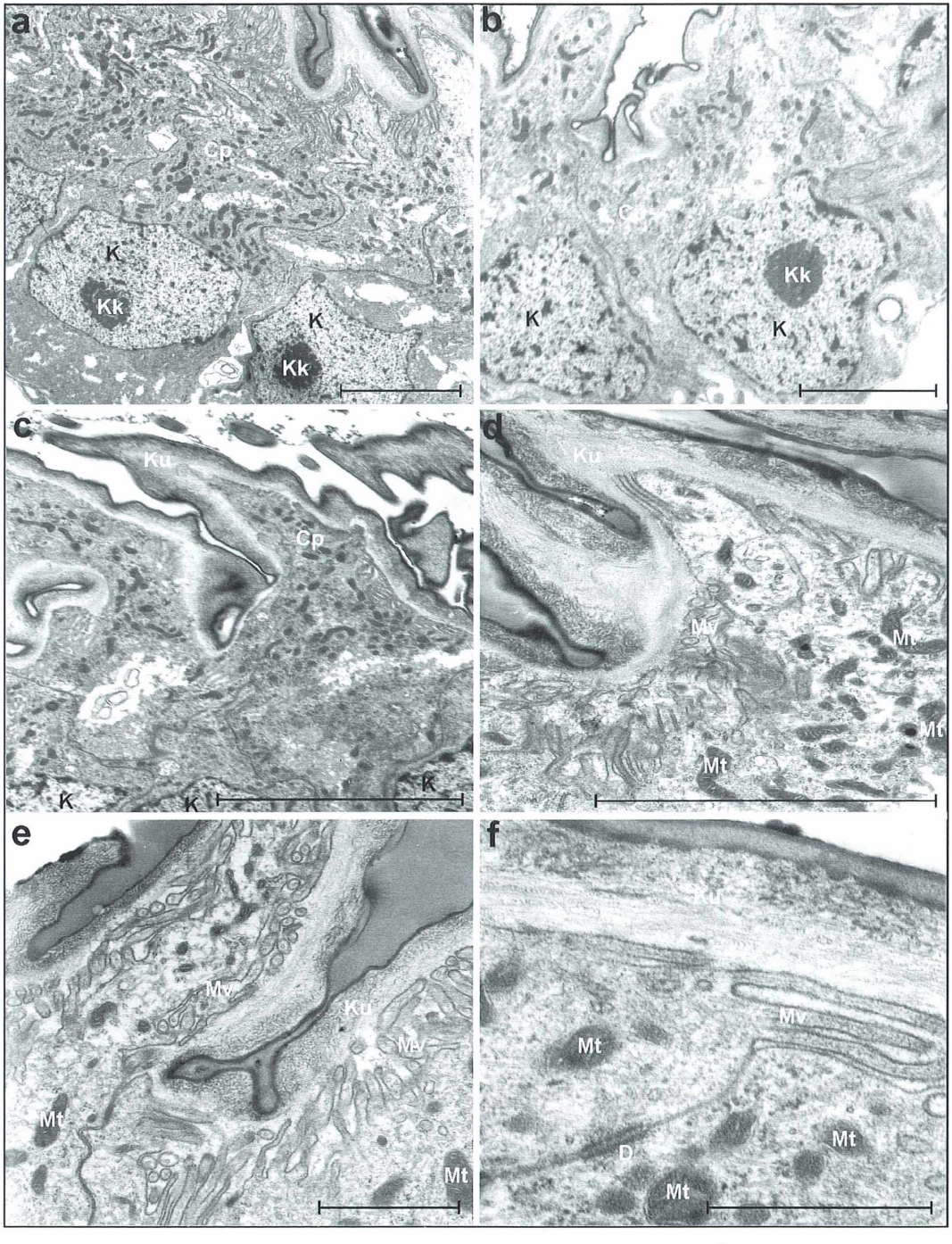


Abb. 7: Transmissionselektronenmikroskopie einzelner Drüsenzellen. a und b Überblicksdarstellungen. c–f Detaildarstellungen (Abkürzungen: siehe Abb. 6, D Desmosom; Maßstäbe: a–d: 10 µm, e und f: 2 µm).

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

Literaturhinweise

Gillott, C.: Accessory sex glands in Arthropoda – Insecta. In: Adiyodi, K. G., Adiyodi, R. G. (eds.): Reproductive biology of invertebrates III: Accessory sex glands, p. 319–473. John Wiley, New York 1988.

Kaulenas, M. S.: Insect accessory reproductive structures. Function, structure and development. Springer-Verlag, Berlin 1992.

King, R. C., Akai, H.: Insect ultrastructure, Volumes I and II. Plenum Press, New York 1984.

Sturm, R.: Einfluß der Temperatur auf die Eibildung und Entwicklung von *Acheta domesticus* (L.) (Insecta: Orthoptera: Gryllidae). Linzer biologische Beiträge 31, 731–737 (1999).

Sturm, R.: Die weiblichen akzessorischen Drüsen der australischen Feldgrille *Teleogryllus commodus* Walker (Orthoptera, Gryllidae): Morphologie, Funktion und Entwicklung. Linzer biologische Beiträge 32, 213–233 (2000).

Sturm, R.: Die akzessorischen Drüsen im Genitaltrakt der Weibchen von *Acheta domesticus* L. (Insecta, Orthoptera, Gryllidae): Lage, Morphologie und Funktion des produzierten Sekretes. Articulata 18, 141–149 (2003).

Sturm, R., Pohlhammer, K.: Morphology and development of the female accessory sex glands in the cricket Teleogryllus commadus (Saltatona: Ensifera: Gryllidae). Invertebrate Reproduction & Development 38, 13–21 (2000).

Verfasser: Mag. mult. Dr. Robert Sturm, Brunnleitenweg 41, 5061 Elsbethen, Österreich

Nachricht

15. Treffen der Mikroskopiker auf dem Wohldenberg

Wie in den 14 Jahren zuvor, trafen sich 25 Mikroskopierfreunde (Abb. 1) zu gemeinsamen Arbeiten, zum Vertiefen von Freundschaften und zum Austausch von Erfahrungen und Mikrozubehör. Der Ablauf der Tage war wie immer von der Präparation der vorbereiteten Paraffinschnitte von Karl Brügmann geprägt. Sehr wichtig waren die unterschiedlichen Aktivitäten einiger Teilnehmer, wodurch einer solchen Gemeinschaft erst ein erweitertes Wissen zu der eigenen Beschäftigung mit dem Mikroskop gegeben wird. Karl Brügmann hob das auch ausdrücklich in seinen Begrüßungsworten hervor und bedankte sich für die Bereitschaft, ihn bei der Gestaltung des Programmablaufs zu unterstützen und so eine knappe Woche des Mikroskopierens mit sinnvollen Arbeiten zu füllen.

Adolf Lohr hatte einen Granit vorbereitet, der mit verschiedenen Körnungen von Silizium-Karbid auf circa 30 µm Dicke geschliffen wurde, was abgesehen von dem erklärenden Aufbau des Granits im polarisierten Licht sehr schöne Farbspiele ergibt. Hermann Hochmeier brachte einen Alveolinenkalk aus dem Tertiär mit, der allerdings mit 2 mm Ausgangsdicke einen langwierigen Schleifprozess nach sich zog, was die Teilnehmer ordentlich ins Schwitzen brachte

Abb. 1: Die Teilnehmer der 15. Mikroskopierwoche 2007 (Fotos: Günther Zahrt, Berlin).

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

Abb. 2: Anfertigung von Dünnschliffen.

(Abb. 2). Günther Zahrt aus Berlin hatte die von Robin Wacker 2006 im MIKROKOSMOS (Band 95, S. 210–212) veröffentlichte Färbung in einer abgewandelten Form vorgestellt und die zur Bearbeitung notwendigen Farblösungen für die Teilnehmer mitgebracht. Die Ergebnisse der Färbung an einer Mohnkapsel und dem Sporenträger eines Schachtelhalms waren beeindruckend und standen in gutem Kontrast zu der bekannten Etzold-Färbung. Eberhard Raap hatte Rügener Kreide und Foraminiferen aus der Nordsee zum Einschluss in Dammar-Harz dabei, eine Methode, die für die meisten Teilnehmer neu war. Richard Jähner brachte Schnitte von Magnolien und Binsen zum Färben in Direkttiefschwarz mit. Obgleich diese Färbung nicht die gewohnten bunten Strukturen liefert, sind die Ergebnisse doch beeindruckend und ähneln einer Tuschezeichnung. Prof. Dr. Andreas Gebert aus Lübeck führte abends wunderschöne Fotos von Blütenpollen vor, die er mit dem Rasterelektronenmikroskop aufgenommen und anschließend noch aufwändig bearbeitet hatte. Michael Fuchs erweiterte unser Wissen auf dem Gebiet der digitalen Fotografie und der Bildbearbeitung am PC. Er gab wertvolle Tipps zum Kauf von Digitalkameras und erläuterte einige Fachausdrücke der digitalen Fotografie. Als Ergänzung zu den Paraffinschnitten von Karl Brügmann, stellte Klaus Herrmann mit einer in einem speziellen Klingenhalter befestigten Mikrotomklinge sehr gleichmäßige Handschnitte her, die sofort mit der Etzold-Färbung gefärbt wurden und als Dauerpräparate fertig gestellt werden konnten.

Die diesjährige Exkursion führte uns ins Institut für Festkörperphysik der Universität Hannover. In der Abteilung für Oberflächen begrüßte uns die Abteilungsleiterin Prof. Dr. Karina Morgenstern, die auch einen einführenden Vortrag über die Rastertunnelmikroskopie hielt. Anschließend führte uns Christopher Zaum durch die Versuchslabore, in denen komplexe Geräte zur Oberflächenerforschung standen. Außerdem zeigten uns noch andere Doktoranden und Diplomanden, was die Metalloberflächen in atomarer Hinsicht zu bieten haben. Insgesamt war es ein lehrreicher Ausflug, der uns eine ganz andere Seite der Mikroskopie zeigte.

Matthias Ernst von der Firma Olympus stellte dankenswerterweise wieder ein Videomikroskop zur Verfügung; außerdem hatte er viele Gebrauchtteile im Gepäck, die großen Zuspruch fanden. Es sei dankend vermerkt, dass Richard Jähner wieder Leberkäse und Weizenbier vom Bodensee mitbrachte, das trotz der reichlichen Verpflegung aus der Hausküche doch noch Absatz fand.

Am Freitag fand der traditionelle Grillabend bei schönstem Wetter auf der Terrasse mit Einbecker Maibockbier großen Anklang. Mit einem Spaziergang rund um das Derneburger Schloß (Lavesweg) ging diese ereignisreiche Woche ihrem Ende entgegen. Ein keiner Test und die allgemeine Aussprache am Mittwochmorgen verbunden mit dem Dank an Herrn Brügmann für die umfangreiche Planung und die vielen Präparate beendeten das diesjährige Treffen. Das nächste Treffen ist für den Zeitraum 28. April bis 4. Mai 2008 geplant.

Friedrich Thormann, Sulzbach

Buchbesprechung

Alexander, R. MacNeill: Knochen! – Was uns aufrecht hält – Das Buch zum menschlichen Skelett. Elsevier, München 2006, 208 Seiten, 150 Farbfotos, gebunden, € 48,00, ISBN 3-8274-1727-9.

Das Buch stellt die menschlichen Knochen in Farbfotos dar, die fachkundig erklärt und kommentiert werden. Diese nüchterne Feststellung lässt nichts von dem Faszinosum erahnen, das dieser Text-Bildband aufzubieten hat. Denn die Knochen sind nicht, wie man es beispielsweise von einem Anatomiebuch für Medidzinstudenten erwarten würde, einfach detailgenau wiedergegeben, sondern die meisten Fotos stellen gewissermaßen Bildkompositionen dar, welche der Fotograf Aaron Diskin sehr gefühlvoll und bisweilen überraschend arrangiert hat. So vermittelt es einen ästhetischen Genuss, wenn man Seite für Seite die Bilder auf sich einwirken lässt. Der jeweils korrespondierende Text ist von dem weltweit bekannten Vertebratenspezialisten R. McNeill Alexander verfasst und erklärt gut nachvollziehbar die Strukturen und Funktionen der jeweils dargestellten Situation. Fazit: Dieses Buch alles andere ist als „knochentrocken"! Wilhelm Wagner, Essen

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

Mikroskopie in der Schule zwischen 1871 und 1914 Teil 1: Bedeutung von Naturwissenschaften und Mikroskopie in Gesellschaft und Schule

Jürgen Hartwig Ibs

Im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts setzte in Europa und in den USA ein lang anhaltender Aufschwung der Naturwissenschaften ein, so dass sich am Ende das Schlagwort vom *naturwissenschaftlichen Jahrhundert* (W. v. Siemens) durchsetzen konnte. Beim Laienpublikum entstand in dieser Zeit ein ungewöhnlich großes Interesse an den modernen Naturwissenschaften, durchaus eine neuartige Komponente im öffentlichen Leben. Im späten 18. Jahrhundert erwacht, gewann es seit den 1830er Jahren mit jeder Erfolgsmeldung der modernen Naturwissenschaften rasch an Breite und erlangte – als Teilersatz für die verlorene politisch-liberale Öffentlichkeit nach 1848 – sogar eine politische Dimension (Daum, 1998).

Das allgemeine Interesse an Naturwissenschaften spiegelt sich auch in den vielen neu gegründeten naturwissenschaftlichen Vereinen wider. Vor diesem Hintergrund entstand ein neuer journalistischer Berufsstand, der sich mit einer regen Publikations- und Vortragstätigkeit der Popularisierung der Wissenschaften widmete. Neben allgemeinen Zeitschriften nutzten diese Publizisten, die häufig auch auf ein naturwissenschaftliches Studium und eine wissenschaftliche Tätigkeit verweisen konnten, viele populäre naturwissenschaftliche Zeitschriften, die wie *Die Natur* (1852) oder die *Naturwissenschaftliche Wochenschrift* (seit 1887) vor allem nach 1850 entstanden. Heute noch bekannt ist der 1904 erstmals erschienene *Kosmos. Handweiser für Naturfreunde*, der nicht nur das Erscheinungsbild dieses Zeitschriftentypus erneuerte, sondern auch am erfolgreichsten war (Daum, 1998). Bis vor wenigen Jahren erschien er noch beim alten Verlag, der Franckh'schen Verlagshandlung in Stuttgart.

Frühe Mikroskopie in der naturwissenschaftlichen Forschung

Es blieb nicht aus, dass auch das Mikroskop in den Fokus der deutschen Öffentlichkeit geriet, da das Gerät in Deutschland eine besondere Rolle einnahm. Mit dem Erfolg der deutschen Naturwissenschaften wurde auch die Mikroskopie führend in der Welt. Das Mikroskop eroberte in dieser Zeit nicht nur viele wissenschaftliche Bereiche, sondern begründete sogar neue Wissenschaften. Insbesondere Botanik, Zoologie, Medizin und Mineralogie erreichten mit seiner Hilfe große Erkenntnisfortschritte. Die deutsche Mikroskopier- und Färbetechnik war eine der Grundlagen dafür, dass sich die Biologie als allgemeine Wissenschaft vom Leben etablierte – mit entsprechenden Auswirkungen auf die Medizin. Das zeigt sich unter anderem in den bahnbrechenden Erfolgen, die deutsche Biologen in der Zellforschung (z. B. O. und E. Hertwig, E. Strasburger, W. Fleming) und Genetik (z. B. C. Correns) erzielten. Mediziner wie Robert Koch und Paul Ehrlich verdanken unter anderem dem Mikroskop ihre großen Erfolge. Aber auch in der Ökologie und Verhaltensforschung (z. B. C. A. Möbius, F. Dahl), die sich – als letzte bedeutende Neuerungen vor 1914 – aus der alten, beschreibenden Naturforscher-Biologie entwickelten, kam das Mikroskop zum Einsatz. In der Mineralogie und Geologie wurde das Instrument ebenso erfolgreich eingesetzt.

Den Mikroskopherstellern Carl Zeiss in Jena und Ernst Leitz in Wetzlar gelang es, durch ihre zahlreichen Erfindungen und Verbesserungen, die sie oft in enger Zusammenarbeit mit Wis-

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

senschaftlern erarbeiteten, eine führende Stellung auf dem Weltmarkt einzunehmen. Andere bekannte Mikroskophersteller oder -händler waren die Gebrüder Wilhelm und Heinrich Seibert in Wetzlar, Eduard Messter wie auch Otto Himmler in Berlin, Edmung Hartnack, der während des Krieges 1870/71 aus Paris weichen musste, in Potsdam und seit 1870 R. Winkel in Göttingen, um nur einige zu nennen.

Mikroskopie begeistert

Die Anwendung des Mikroskops blieb aber nicht nur auf die Wissenschaften beschränkt. Mit dem praktischen Einsatz in vielen Bereichen – etwa im Gesundheitswesen (z. B. Fleischbeschau) oder in der Technik – drang es in alle Bereiche der Gesellschaft vor. Immer mehr Menschen kamen mit ihm in Kontakt. Im sonst so nüchternen *Meyers Konversationslexikon* von 1896 (Stichwort Mikroskop) ist die Begeisterung der Zeit für das Mikroskop noch spürbar: *Das Mikroskop hat in den letzten Jahren immer mehr an Wichtigkeit gewonnen: Botanik und Zoologie verdanken ihm den größten Teil ihrer Erfolge, und auch für die Mineralogie und Gesteinslehre hat durch die neu eingeführte Benutzung des Mikroskops eine neue Epoche begonnen: die mikroskopische Beobachtung hat neue Wissenschaften begründet, z. B. die Histologie, die Cellularpathologie etc., und aus diesen Wissenschaften sowie aus der neueren Bakterioskopie hat die Medizin bereits eine tiefere Kenntnis der Krankheiten und der Mittel, sie zu heilen und zu verhüten, gewonnen. Physik und Chemie sind durch das M. gefördert worden; die Technik bedient sich desselben zur Untersuchung von Naturprodukten, Nahrungsmitteln, Fabrikaten etc. Die mikroskopische Fleischschau schließt trichinenhaltiges Fleisch vom Verbrauch aus [...]. Die Benutzung des Mikroskops bietet sonach auch für alle möglichen Fälle des gewöhnlichen Lebens praktische Vorteile. Schließlich ist noch des Mikroskops als Unterrichtsmittel zu erwähnen.*

Freizeitmikroskopie

Der Lexikonartikel verschweigt einen Bereich, der mit der Begeisterung für die Naturwissenschaften entstanden war: Die Freizeitmikroskopie. Sie hatte sich aus der gelegentlichen Beschäftigung außerhalb der Wissenschaften im 18. Jahrhundert entwickelt, wo das Instrument oft als Kuriosität angesehen wurde. Bekannt ist die „Läuseschau", die das Salonpublikum zuweilen zum eigenen Amusement abhielt. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts ist aber deutlich ein Anwachsen des ernsthaften Interesses von Privatleuten an der Mikroskopie festzustellen, das mit der Serienfertigung von Mikroskopen, die das Gerät auch erschwinglicher machte, ständig stärker wurde.

Davon zeugen schon die populären Anleitungen zur Mikroskopie, die immer zahlreicher und zum Teil in mehrfachen und hohen Auflagen erschienen. Daum (1998) nennt für 1867 allein vier dieser Bücher, die noch etliche Nachfolger fanden. Er spricht ihnen eine Vorreiterrolle für andere naturkundliche Anleitungen zum Botanisieren, Naturaliensammeln bis zur Aquarienkunde und Astronomie zu. Ergänzt wurden sie durch volkstümliche naturwissenschaftliche Anleitungsliteratur etwa der *Mikrologischen Bibliothek* der deutschen Mikrologischen Gesellschaft (Daum, 1998). Die Anleitungsbücher gleichen im Übrigen im Aufbau erstaunlich genau ihren heutigen Nachfolgern. Eine Blüte erreichte die Freizeitmikroskopie nach dem Kosmos-Bändchen *Streifzüge im Wassertropfen* von Raoul H. Francé, das allein im Erscheinungsjahr 1907 noch mehrmals aufgelegt werden musste. 1907 gründet Francé, schon Mitbegründer des *Kosmos*, den MIKROKOSMOS und die Deutsche Mikrologische Gesellschaft. Die Bezeichung Mikrologie wurde von den Zeitgenossen die Dinge etwas erhöhend anstatt des modernen Begriffs Mikroskopie verwandt. Zeitschrift und Gesellschaft verzeichneten innerhalb kurzer Zeit erstaunlich hohe Mitgliederzuwächse. Nach wenigen Monaten hatte die reichsweit agierende Gesellschaft schon 2.000 Mitglieder und nach zwei Jahren die stolze Zahl von 4.000 (Henkel, 1997)! Es scheint, dass ein Damm gebrochen war, der dem angestauten Interesse an der Mikroskopie endlich freie Bahn ließ. In der Folge entstanden regionale mikroskopische Vereine wie 1911 in Hamburg.

Schulmikroskopie: Für und Wider

Konnte das Mikroskop bis zum Ersten Weltkrieg seinen Siegeszug in Wissenschaft und Öffentlichkeit ungehindert fortsetzten, stieß es in

© Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln. Nur zur persönlichen Nutzung für Abonnenten.

der Schule auf große Widerstände. Die Befürworter für den Schuleinsatz betonten die Bedeutung des Mikroskops als Anschauungsmittel im Unterricht, zumal die Anschauung einen immer größeren Stellenwert im Schulunterricht fand, um den sehr trockenen und schematischen Naturkundeunterricht aufzulockern. Deswegen setzten sie neben Abbildungen, Schülerzeichnungen, Herbarien, Untersuchung lebender Pflanzen, Anlage von Schulgärten sowie Exkursionen und auch Sektionen von Tieren ein. Bei den Gegnern konnte das Mikroskop aber unter besonderem Verdacht stehen und wie an der Kieler Gelehrtenschule, einem alten humanistischen Gymnasium, zeitweise gänzlich aus der Schule verbannt werden. Deren Direktor von 1869 bis 1890, Dr. Konrad Niemeyer, führte in seiner Antrittsrede aus: *[...] die Wissenschaft gehört nicht für die Schüler; [...] ihre Sinne und Herzen sind zu öffnen für die Betrachtung der Natur, aber Mikroskop und Seciermesser, systematische Mineralogie und chemisches Labor gehören nicht in die Schule.* Es lag an Leuten wie Niemeyer, dass sich das Mikroskop an den Schulen so zögerlich durchsetzte. So sah sich noch 1912/13 der Berliner Biologie-Professor Paul Lindner gezwungen, eine Lanze für den Einsatz des Instruments in der Schule zu brechen. Er tat dies nicht zuletzt, weil die Schule dieselben Methoden wie die Biologiewissenschaft, die insbesondere durch die Mikrobiologie gefördert worden sei, anwenden *und sich des Mikroskops als einer Hauptwaffe [...] bedienen*" sollte (Lindner, 1912/13).

Neuhumanismus blockiert Popularisierung der Naturwissenschaften

Niemeyers Position klingt sicherlich extrem, er zeigt sich aber damit als guter Vertreter des Neuhumanismus, der bestimmenden Bildungsidee seiner Zeit. Der Neuhumanismus lieferte die Begründung für die Ablehnung der modernen Biologie bei Staat und Kirche in Deutschland. Hinzu kam ein elitäres Denken, das die wissenschaftliche Diskussion auf einschlägig vorgebildete Kreise beschränken wollte. Zwar stand man den Naturwissenschaften grundsätzlich freundlich gegenüber und förderte sie nach Kräften, eine allzu große Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Öffentlichkeit wollte man jedoch verhindern. In der humanistischen Bildungsidee lag der Schwerpunkt auf den alten Sprachen Latein und Griechisch sowie der klassischen Antike, um darüber eine überzeitlich gültige Bildung zu erreichen, die frei vom bloßen Nützlichkeitsdenken sein sollte. Den so genannten Realien, zu denen neben den neueren Sprachen Physik, Chemie und Naturkunde zählten, wurde ein geringerer Bildungswert zugestanden. Die höhere Bildung sollte zudem nur wenigen aus den Oberschichten zuteil werden, die sich damit den Zugang zu den Universitäten sicherten. Im *de jure* zweistufigen preußischen Schulsystem blieb allen anderen, und das war die große Mehrheit, die Volksschule (die auch unter anderem Namen wie etwa der Bürgerschule in Städten firmieren konnte). Dieses Denken galt zuerst dem staatlichen Bildungswesen, wurde aber auf die allgemeine Bildung übertragen: Manchem war eine Popularisierung von Wissenschaften unerwünscht.

Realisten fördern neuere Sprachen und Naturwissenschaften

Die Gegenposition vertraten die Realisten. Sie kritisierten schon seit dem 18. Jahrhundert die Humanisten, weil sie durch deren Haltung das Verständnis für Technik, Handel und auch Naturwissenschaften vernachlässigt sahen. Sie verfolgten eine „realistische" Bildungsidee, in der neuere Sprachen und Naturwissenschaften im Mittelpunkt standen. Im Streit zwischen Realisten und den Humanisten gerieten die höheren Schulen in den Fokus beider Parteien. Für die Humanisten sollte die höhere Bildung vor allem zum klassischen Universitätsstudium in Theologie, Jura, Medizin und Philologie führen, für die Realisten sollte sie darüber hinaus die Grundlagen für praktische Berufe in Technik, Handel und Verkehr sowie für ein entsprechendes technisches oder naturwissenschaftliches Studium legen. Der große Umfang an Kenntnissen in alten Sprachen, in Griechisch und in Latein, den die humanistischen Gymnasien forderten, wurde für diese Bereiche eher als Hemmnis empfunden. Die Realisten forderten die Einrichtung von Realschulen, die den neueren Sprachen und den Naturwissenschaften größeren Raum im Lehrplan zu Lasten der alten Sprachen einräumen sollten (zum Streit Humanisten versus Realisten siehe Nipperdey, 1990).

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

Schaffung von Realschulen

Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts waren in Preußen auf Initiative des Gewerbe- und Handelsbürgertums der Städte Realschulen gegründet worden; bis zur ihrer Gleichstellung mit den humanistischen Gymnasien war es aber noch ein langer Weg. Bis dahin waren die Realschulen *de facto* die Mittelschulen Preußens. Hier war 1831 eine Schulordnung für die Realschulen erlassen worden, die nur noch Latein als altsprachliches Fach vorsah. Ein Realschulabschluss berechtigte aber nicht zum Studium. Der wachsende Einfluss der Naturforschung auf das gewerbliche Leben führte 1859 dazu, dass die jetzt geschaffenen Realschulen 1. Ordnung das Studium an bestimmten Akademien (Bau, Forstwesen, Gewerbe, Tierheilkunde) und den Zugang zu einigen mittleren Beamtenlaufbahnen eröffneten, zudem das Fähnrichsexamen und durch den Abschluss nach der Sekunda mit Latein das berühmte und begehrte „Einjährige" brachten, das die Wehrpflicht auf ein Jahr verkürzte. Daneben gab es die lateinlose Realschule 2. Ordnung und die Höhere Bürgerschule mit oder ohne Latein (seit 1882 Realprogymnasien), die im ersten Fall sehr eingeschränkte und im zweiten Fall keinerlei Studienberechtigungen vermittelte. Das „Einjährige" war aber möglich. Höhere Bürgerschulen beziehungsweise Realprogymnasien waren (noch) nicht voll ausgebaute höhere Schulen, welche die Schüler auf das Gymnasium vorbereiten konnten.

Ab 1870 konnten die Absolventen der Realschulen 1. Ordnung, jetzt Realgymnasien genannt, auch an philosophischen Fakultäten studieren, jedoch nur Mathematik, Naturwissenschaften und neuere Sprachen für das Lehramt an Realschulen. 1882 kam die Oberrealschule als lateinlose Schule mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt mit ähnlichen Berechtigungen hinzu. Ende 1900 wurden die Realgymnasien und Oberrealschulen den Gymnasien endlich gleichgestellt und damit der Studienzugang für alle Fächer (außer für alte Sprachen und Theologie) geschaffen, ohne dass mehr Stunden in den Realfächern unterrichtet werden durften. Am Gymnasium waren dies nach wie vor 18 Stunden mit naturbeschreibendem Unterricht bis zur Obertertia, an den Realgymnasien jetzt nur noch 29 statt 30, an den Oberrealschulen 36 Stunden bis Untersekunda. Die Naturbeschreibung an allen Realgymnasien wurde dadurch gestärkt, dass die Anthropologie samt Gesundheitslehre einen größeren Raum in der Untersekunda einnahm als in der Obertertia der Gymnasien. Den Realgymnasien bot sich zudem die Möglichkeit, spezielle physiologische Kurse in der Oberstufe anzubieten, wobei auf Physikstunden verzichtet werden musste.

Die höheren Schulen galten im Übrigen nur den Jungen; Mädchen konnten erst 1908 die Reifeprüfung ablegen, um zu studieren. Die höheren Mädchenschulen wiesen nun neben dem musisch-technischen auch einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt auf.

Viele kleinere deutsche Staaten schlossen sich diesen Regelungen Preußens als dem größten Staat des Reichs regelmäßig mit kleineren Änderungen an. Größere Staaten wie Bayern, Württemberg oder Baden, zum Teil auch die kleinen Hansestädte, hatten abweichende Ordnungen. In Bayern behielt das Gymnasium seine Dominanz, Baden und Württemberg hatten dagegen einen hohen Anteil an Realgymnasien (zur Schulentwicklung siehe Weimar; Nipperdey, 1990).

Schulfach Naturbeschreibung versus moderne Biologie

Der Biologe Lindner schlug sich mit seiner Forderungen von 1912/13 auf die Seite der so genannten Realisten. Sein Eintreten für die Biologie hatte aber noch einen besonderen Grund. Er wendete sich mit seiner Formulierung gegen die Folgen einer weit verbreiteten Skepsis gegen die Biologie als Schulfach, von der die Mikroskopie als ein wichtiger Bestandteil der Wissenschaft in Mitleidenschaft gezogen wurde. Diese reservierte Haltung hatte dazu geführt, dass die Schulbürokratie auf die atemberaubende Entwicklung der Biologie trotz einiger Reformen bis 1914 nicht angemessen reagierte. Das Fach wurde noch bis 1925 Naturgeschichte oder Naturbeschreibung genannt und von älteren Lehrern, die meist nur über eine philologische Ausbildung verfügten, um 1900 noch als trockene Systematik gelehrt. Man behielt die alten auf Linné zurückgehenden Bezeichnungen bei. Dies allein drückt aus, wie skeptisch die Obrigkeit und sicher auch mancher Lehrer der modernen Biologie als umfassende Wissenschaft vom Leben, wie sie in der Zeit entwickelt wurde, gegenüberstand.

Zankapfel Evolutionslehre

Die stiefmütterliche Behandlung der Biologie hat eine eigene Geschichte: 1879 war sie der Obrigkeit aus religiösen und politischen Gründen unter Verdacht geraten. Nachdem der Lippstädter Lehrer Hermann Müller in der Oberstufe die Darwin'sche Lehre besprochen hatte, geriet er in die Schusslinie der Kirche und der katholischen Zentrum-Partei, welche die Evolutionslehre, die von den Sozialdemokraten begrüßt wurde, ablehnten. Es entflammte eine heftige Debatte in der Öffentlichkeit. Einige forderten sogar die Entlassung Müllers. Der Fall wurde im preußischen Abgeordnetenhaus debattiert. Die Evolutionslehre und mit ihr Darwin, Haeckel und Carus Sterne als deren Vertreter wurde daraufhin von preußischen Schulen verbannt und mit dem so genannten Biologieverbot der naturgeschichtliche Unterricht in der Oberstufe der höheren Schulen ganz untersagt, um selbst eine kritische Würdigung der Lehre vor den Schülern zu verhindern (Scheele, 1981). Die Schüler hatten also spätestens seit Untersekunda keinen Biologieunterricht mehr, entsprechend gering war der biologische Bildungsstand der deutschen Eliten.

Stärkung des Schulfachs Biologie

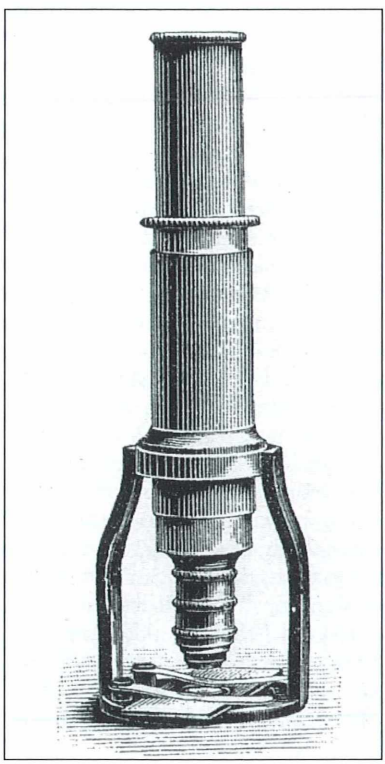
Die 1822 gegründete Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte hatte sich als eine der treibenden Kräfte seit 1901 mit besonderem Nachdruck wiederholt für eine Stärkung des biologischen Unterrichts an den höheren Schulen eingesetzt. Der große Pädagoge Friedrich Paulsen forderte zur gleichen Zeit die Aufhebung des Biologieverbots: *Es sei mit dem System der Schulheuchelei zu brechen und endlich dem absurden Gegensatz Moses contra Darwin ein Ende zu machen* (Paulsen, 1981). Mit der versuchsweisen Einführung biologischen Unterrichts und biologischer Übungen auf der Oberstufe aller höheren Schulen Preußens im Jahre 1907/08 erzielten die Kritiker einen Teilerfolg. Jetzt konnte auf Antrag ein ein- bis zweistündiger biologischer Unterricht in Unter- und Oberprima der Gymnasien und Realgymnasien oder ab der Obersekunda der Oberrealschulen abgehalten werden, wenn eine naturwissenschaftlich ausgebildete Lehrkraft (vorerst der Chemie- oder Physiklehrer) vorhanden war. Konnte man keine Stunde vom regulären Physik- oder Chemieunterricht dafür abtreten, war auch ein Kurs am Nachmittag erlaubt. Die Erlasse von 1907/08 galten zunächst nur versuchsweise, wurden aber 1910 zur festen Einrichtung. Es dauerte aber noch bis zu den neuen Lehrplänen von 1925, bis das Fach voll gleichberechtigt mit den anderen Naturwissenschaften unterrichtet wurde (Scheele, 1981).
Die Erlasse hatten auch Wirkung auf die Lehrerausbildung, denn es wurden jetzt verstärkt Biologielehrer gesucht, zumal ja auch die höheren Mädchenschulen nach ihrer Gleichstellung im Jahr 1908 mit den übrigen höheren Schulen vermehrten Bedarf anmeldeten. Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte forderte für die Ausbildung die Zusammenfassung von Zoologie und Botanik, so dass die Lehrer Kenntnisse über die Morphologie und Systematik hinaus auch von den Lebensverhältnissen der Organismen erhalten sollten. August Thienemann forderte weiter, dass eine ganzheitliche Naturauffassung an den Schulen gelehrt werden sollte, und brachte damit die Ökologie ins Spiel, die sich als Zweig der Biologie gerade erst etablierte. Durch die Erlasse wurden auch die Besuche von Ferienkursen zur Lehrerfortbildung immer interessanter (Scheele, 1981).

Jahresberichte der Schulen zeigen die Entwicklung der Schulmikroskopie auf

Die Zulassung von Biologie in der Oberstufe der Gymnasien gab der Wissenschaft noch immer nicht die gleiche Stellung wie Physik oder Chemie. Dennoch war ein Durchbruch erzielt, der auch der Mikroskopie zugute kommen musste, zumal das preußische Kultusministerium das Mikroskop als ein geeignetes Anschauungsmittel für den Biologieunterricht empfahl. Dass sich die Biologie und mit ihr die Mikroskopie aber erst allmählich durchsetzte, zeigt Lindners Forderung von 1912/13.
Der lange und zähe Weg der Schulmikroskopie von 1871 bis 1914 spiegelt sich zwar nicht in den formellen Lehrplanrichtlinien wider, aber in den Jahresberichten und -programmen der höheren Lehranstalten, die hier zur Grundlage genommen werden. Sie geben Hinweise, inwieweit die Mikroskopie gehemmt oder gefördert und wie sie betrieben wurde. Auf den zentralen Erkenntniswert dieser Berichte oder Programme hat bereits Scheele (1981) hingewiesen.

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

Wegen der großen Zahl von Schulen in Preußen werden vor allem die Jahresberichte der preußischen Provinz Schleswig-Holstein als Quellen herangezogen. Schleswig-Holstein war 1867 von Preußen annektiert und als Provinz eingegliedert worden, wobei die preußische Schulordnung eingeführt wurde. Aus der überwiegenden Zahl der höheren Schulen Schleswig-Holsteins konnten Schulberichte ausgewertet werden, wobei alle Schularten mehrfach vertreten sind. Die neue preußische Provinz konnte auf eine Realschultradition im nördlich gelegenen Herzogtum Schleswig zurückblicken, die aus der gemeinsamen Zeit mit Dänemark stammte. Die Gymnasien behielten hier eine Höhere Bürgerschule beziehungsweise eine Realschule, die ihnen angegliedert war. In Holstein wurden nach 1867 ähnlich wie im übrigen Deutschen Reich Realgymnasien als selbständige Schulen oder als Zweig an alten Gymnasien gegründet.
Im Zentrum der Auswertung stehen die Angaben über die Sammlungsberichte, die anders als die bloßen Lehrplanangaben Gerätschaften für die Mikroskopie beinhalten. Der zeitliche Überblick wird dadurch eingeschränkt, dass viele der Sammlungsberichte wohl aufgrund von redaktionellen Absprachen über den Inhalt der Schulberichte um das Jahr 1908 eingestellt wurden. Dies weist aber auch darauf hin, dass der stete Ausbau der naturkundlichen Sammlungen inzwischen zur Selbstverständlichkeit geworden war, mithin auch ein fester Etat dafür vorlag.



◄ **Abb. 1: Demonstrationsmikroskop (Handmikroskop), 1886–1894, Ernst Leitz, Wetzlar (aus Beck, 2002).**

Schuletats für Mikroskopie

Kenntnisse über die Höhe der Schuletats sind nötig, um überhaupt die Anschaffungen für die Mikroskopie beurteilen zu können. Die im Aufbau begriffene höhere Bürgerschule in Itzehoe verfügte beispielsweise 1871 über einen Jahresetat von 300 Mark für alle Sammlungen sowie für die Lehrer- und Schülerbibliothek. 1906 standen der Schule 380 Mark allein für die Naturwissenschaften zu, durchschnittlich wurden 200 Mark pro Jahr zu dieser Zeit für diesen Zweck ausgegeben. Als außerordentliche Bewilligung wurden 1905 1000 Mark zugestanden. Eine Etaterhöhung war zu der Zeit geplant (Akten, F 52, 1906). Der Realschule Kiel wurden nach dem Neubau der Schule 500 Mark für die Sammlungen bewilligt. Die höhere Mädchenschule Altona konnte 1885/86 für ihre Sammlungen 800 Mark ausgeben.
Weitere Quellen wie beispielsweise Vorschläge zur Lehrplan- und Unterrichtsgestaltung, Berichte über Fortbildungen und Anzeigen über Geräte für den Biologieunterricht weiten den Blick über die preußische Provinz hinaus und erschließen das Umfeld, in dem sich die Schulmikroskopie befand. Sie gestatten zum Teil auch Erkenntnisse über die Praxis an Volksschulen, für die keine vergleichbaren Berichte wie bei den Gymnasien vorliegen. Diese Quellen können zudem klären, welche Wechselwirkungen zwischen der Schulmikroskopie, den Bemühungen der populären Wissenschaftspublizisten und der Freizeitmikroskopie bestanden.

Beginn der Schulmikroskopie

Ein frühes Datum für den Einsatz des Mikroskops im Unterricht ist nach Scheele (1981) das

Schuljahr 1853/54, in dem Karl August Möbius am Hamburger Johanneum (Gymnasium) die mikroskopisch-botanischen Präparate als Anschauungsmaterial einführte. Das Mikroskop fand aber wohl nur sehr schleppend Eingang in den Unterricht, denn das nächste Datum liegt bereits 15 Jahre später im Jahr 1867/68, als am Katharineum der Hansestadt Lübeck das Mikroskop als Medium eingesetzt wurde. Für schleswig-holsteinische Schulen liegen im Gegensatz dazu bis zu diesem Zeitpunkt bislang keine Erkenntnisse über Schulmikroskopie vor (Scheele, 1981). Breite Verwendung konnte das Instrument im Unterricht auch nicht finden, denn es wurde im Wesentlichen beschrieben, klassifiziert und viel wiederholt, wobei aber die Morphologie die Systematik etwas in den Hintergrund gedrängt hatte.

Bei Durchsicht der Schulberichte seit 1871 überrascht, dass sich die Anschaffungen für die Mikroskopie auf einem relativ niedrigen Niveau befanden. Die Zahlen entsprechen aber angesichts der hohen Kosten für die Geräte durchaus den Zukäufen für andere Sammlungsbereiche (Skelette, ausgestopfte Tiere, Präparate, Herbarien, Modelle, Wandbilder, Chemikalien usw.). Es lässt sich aber sagen, dass sich Jahrzehnt für Jahrzehnt der Einsatz von Gerätschaften für die Mikroskopie steigerte. Ab 1887 und vor allem nach 1900 erhöht sich jeweils die Zahl der erworbenen Geräte. Der Aufschwung nach 1900 wird auf die Aufwertung der Realschulen zurückzuführen sein, die jetzt für viele eine attraktive Schulform wurden. Die Mikroskope und das Zubehör werden ab dem Ende des 19. Jahrhunderts auch komplexer. Einige Schulen bemühten sich, sowohl den technischen Fortschritt im Mikroskopbau (Ölimmersion) darzustellen als auch neben der bloßen Beobachtung von Fertigpräparaten selbst Präparate herzustellen. Da die Sammlungsberichte häufig um das Jahr 1908 eingestellt wurden, lässt sich nicht abschätzen, welche Wirkung die Wiedereinführung der Biologie in der Oberstufe für die Erweiterung der mikroskopischen Sammlung in den Schulen hatte. Der Zukauf der 10 kleinen Mikroskope an der Höheren Töchterschule Altona ist wohl direkt auf die Aufwertung dieser Schulform zurückzuführen.

Anschaffung Mikroskopischer Präparate

Einige Schulen bekamen mikroskopische Präparate, noch bevor in den Berichten die Anschaffung eines Mikroskops erwähnt wurde. Das Gymnasium Flensburg beispielsweise erwarb 1873 mikroskopische Objekte. Somit wird ein Mikroskop für den Unterricht zur Verfügung gestanden haben, entweder aus den eigenen Sammlungen oder aus dem privaten Bestand eines Lehrers. 1878 wurde dann ein weiteres beschafft. Zu diesen Schulen zählt auch das Gymnasium in Kiel, dessen Direktor Niemeyer (1869–1890) sich 1869 so vehement gegen das Mikroskop im Naturkundeunterricht ausgesprochen hatte. Offenbar war er vom Wert des Geräts überzeugt worden, denn 1886 wurden 50 mikroskopische Präparate erworben. Einen Hinweis auf ein schon vorhandenes Mikroskop gibt auch das schwache Objektiv, das die Oberrealschule Kiel in ihrem Gründungsjahr 1893 erwarb.

Mikroskoptypen der Schulen

Bei der Anschaffung der Geräte selbst wurden neben der lapidaren Bezeichnung Mikroskop

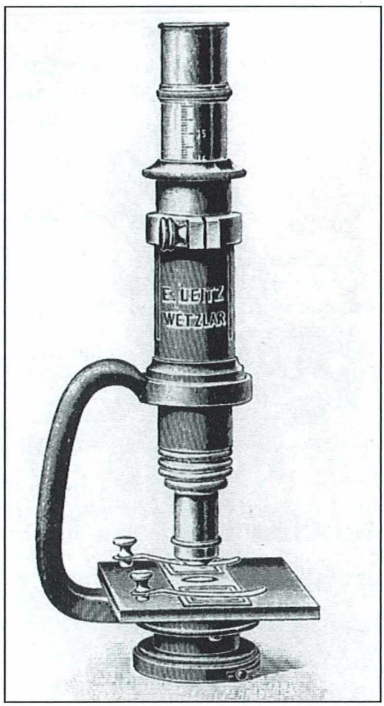
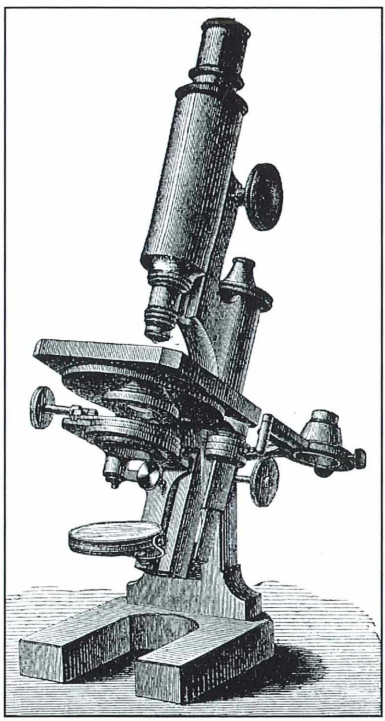


Abb. 2: Demonstrationsmikroskop, 1905 bis zum Ersten Weltkrieg (aus Beck, 2002).

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

auch komplexere Beschreibungen verwendet. Unter der Bezeichnung Mikroskop ohne weiteren Zusatz wird es sich wohl zumeist um recht einfache Mikroskope gehandelt haben. Die Bandbreite reichte dabei vom zusammengesetzten Mikroskop aus Holz, das 1871 in Itzehoe angeschafft wurde, bis zum einfachen Metall-Mikroskop namhafter Hersteller. Das Holzmikroskop war nach einem kritischen Vermerk in den Schulakten *mehr als Modell wichtig* (Schulakten der KKS Itzehoe, L 15, Inventarium des physikalischen Kabinetts, 1876)
Unter dem Schul- und Familienmikroskop (Rendsburg, 1890) wird wohl ein Metall-Mikroskop zu verstehen sein, das auch als Freizeitmikroskop Verwendung fand. Wenn auch selten, so wurden aber doch zuweilen mehrere Mikroskope im Unterricht eingesetzt, unter denen aus Kostengründen wohl immer einfache Mikroskope zu verstehen sind (Gymnasium Flensburg 1878, Oberrealschule Kiel 1894 zwei kleine Mikroskope, höhere Mädchenschule nach 1908 zehn Mikroskope).
Für den Unterricht in besonderer Weise geeignet war auch ein so genanntes Demonstrations- oder Handmikroskop, auch als „Mikroskop zum Herumreichen" (Itzehoe, 1904) bezeichnet (Abb. 1 und 2). Es bestand nur aus Tubus und Objekttisch (zum Teil mit Kondensor), auf dem das Präparat festgeklemmt wurde. Das Handmikroskop konnte dann von Schüler zu Schüler gehen, die es jeweils gegen eine geeignete Lichtquelle zu halten hatten. Zuerst beschaffte sich das Gymnasium Altona 1891 ein solches Gerät, dann 1904 die Realschule in Itzehoe. Die Realschule in Kiel nimmt insgesamt drei Geräte in die Sammlung auf (1897, 1900 [mit 2 Okularen] und 1906). Wir können bei diesen recht einfachen Geräten wohl davon ausgehen, dass sie jeweils dem technischen Stand ihrer Zeit entsprachen.
Nicht selten wurden auch komplexe Modelle angeschafft, wie 1887 durch die Realschule Kiel, die ein Mikroskop mit zweifachem Revolver samt Objektiven und Okularen sowie Beleuchtungsapparat erwarb. Das Gymnasium in Hadersleben (heute in Dänemark) gab 1896 allein 833 Mark für ein Gerät aus, das leider nicht näher beschrieben wurde. Es entsprach etwa der Preisklasse des Stativs III von Zeiss. In der Einführung *Das Mikroskop* von Vogel und Zacharias aus dem Jahr 1884 werden von Zeiss das Stativ I zu 2980 Mark, das Stativ II zu 1237 Mark und das Stativ III zu 739 Mark inklusive Nebenapparate genannt. Das Stativ III war eine schlankere und leichtere Bauweise des Stativs I (Abb. 3). Letzteres sollte für die subtilsten Forschungen ausreichen. Es war mit einem Gelenk zum Umlegen versehen und hatte einen Grobtrieb mittels Zahn und Trieb sowie einen Feintrieb durch Mikrometerschraube mit Ablesemöglichkeit zur Tiefenmessung von Objekten. Neben der *vorzüglichen* optischen Ausrüstung wurde es mit Objektmikrometer, Zeichenapparat, *Spectralokular*, Mikrotom und weiteren Nebenapparaten geliefert. Die Realschule in Kiel erwarb 1899 ausdrücklich ein Zeiss'sches Mikroskop mit guter optischer Ausstattung, das einzige Mal, dass die Mikroskopfirma eines Geräts in den Jahresberichten genannt wurde. Größere Mikroskope bekamen wohl auch das Gymnasium in Altona 1901/02 und das Gymnasium Flensburg. Das Altonaer Gymnasium ließ sich das Mikroskop verteilt auf die Jahre 1901/02 liefern, wohl um die Kosten auf zwei Jahre zu verteilen.



◄ **Abb. 3: Mikroskopstativ I, 1883, Carl Zeiss, Jena (aus Carl-Zeiss-Archiv, Jena).**

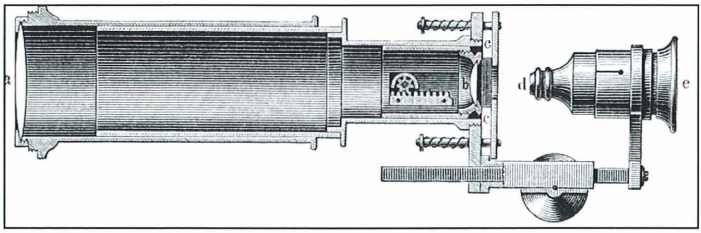


Abb. 4: Schnitt durch ein Bild- oder Sonnenmikroskop, circa 1896 (aus Meyers Konversationslexikon, 1896).

Sonnen- und Präpariermikroskope

Eine besondere Gruppe stellen die Sonnen- beziehungsweise Projektionsmikroskope (Abb. 4) dar. Die Schule in Itzehoe bekommt 1882 ein Sonnenmikroskop geschenkt, allerdings aus Holz und nur als Modell eingesetzt (Schulakten, L 15, Inventarium des physikalischen Kabinetts, 1876), das Gymnasium Flensburg erweitert seine Sammlung 1899 durch eine Vorrichtung zur Projektion mikroskopischer Präparate und die höhere Töchterschule Altona durch einen großen Projektionsapparat nebst Glasfotografien und mikroskopischen Präparaten. Mit einem solchen Bildmikroskop konnte man vergrößerte Bilder von mikroskopischen Objekten auf einen Schirm projizieren, so dass sie mehreren Zuschauer gleichzeitig gezeigt werden konnten. Um die große Lichtmenge für die Projektion zu erzeugen, war ein spezieller Apparat vonnöten. Als Lichtquelle diente entweder das Sonnenlicht (Sonnenmikroskop), das mit einem Spiegel, der außerhalb der nötigen Raumverdunkelung (Fensterladen) angebracht war, eingefangen wurde, oder elektrisches beziehungsweise anderes künstliches Licht. Zu bedenken ist, dass die Elektrifizierung der Schulen erst am Anfang stand. Die Itzehoer Schule berichtete auf eine Anfrage der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte aus dem Jahre 1906, dass sie zwar über einen Projektionsapparat verfüge, jedoch nur ohne mikroskopischen Ansatz (Schulakten, F52).

Ein anderes spezielles Mikroskop ist das Präpariermikroskop (Abb. 5), das die Realschule Kiel 1902 zusammen mit einem Mikrotom, Objektträger und Gläsern, zwei Präparatekästen und Hilfsapparaten zur Paraffineinbettung anschaffte. Es sollte der Kontrolle von selbst hergestellten Paraffinpräparaten dienen.

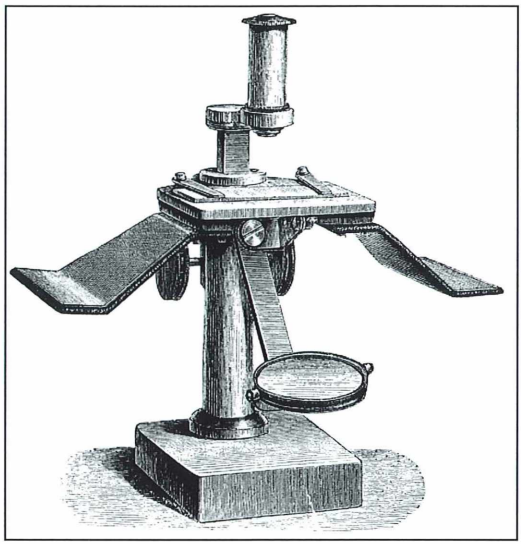


Abb. 5: Präparationsmikroskop mit 15–100facher Vergrößerung, um 1883, Carl Zeiss, Jena (aus Vogel und Zacharias, 1884).

Quellen: Jahresberichte

Die Jahresberichte der folgenden höheren Lehranstalten der Provinz Schleswig-Holstein wurden ausgewertet (alle Schleswig-Holsteinische Landesbibliothek Kiel).

Altona: Christianeum (Gymnasium und Realgymnasium) 1871–1914; Höhere Töchterschule 1885–1914

Flensburg: Gymnasium und Realgymnasium, 1871–1915; Städtische Höhere Mädchenschule, 1888–1907

Glückstadt: Gymnasium, 1871–1914

Hadersleben: Gymnasium mit Realschule, 1871–1899

Husum: Gymnasium und zeitw. Höhere Bürgerschule, 1871–1914

Itzehoe: Höhere Bürgerschule, Realschule, Reformrealschule, 1871–1914

Kiel: Gelehrtenschule Kiel (Gymnasium), 1871–1914; Höhere Bürgerschule, dann Realschule, später Oberrealschule, Reformgymnasium mit Realschule, 1871–1914; Realschule, dann Realpro-

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

gymnasium, Oberrealschule, 1877–1915; Städtische Höhere Töchterschule, 1887–1904
Marne: Realschule, 1871–1914
Meldorf: Gymnasium, 1881–1914
Plön: Gymnasium, 1871–1914
Ratzeburg: Lauenburgische Gelehrtenschule (Gymnasium), 1871–1914
Rendsburg: Gymnasium und Realgymnasium, 1882–1914
Schleswig: Domschule (Gymnasium mit Realschule), 1871–1914

Anmerkung

Das „Max-Planck-Institut für Limnologie" wurde im April dieses Jahres in „Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie" umbenannt.

Weitere Quellen- und Literaturhinweise

Akten der Kaiser Karl-Schule in Itzehoe, Archiv.
Beck, R.: Mikroskope von Ernst Leitz in Wetzlar (Die Reihe Archivbilder). Sutton Verlag GmbH, Erfurt 2002.
Daum, A. W.: Wissenschaftspopularisierung im 19. Jahrhundert. Bürgerliche Kultur, naturwissenschaftliche Bildung und die deutsche Öffentlichkeit, 1848–1914. R. Oldenbourg Verlag, München 1998.
Daum, A. W.: Naturwissenschaften und Öffentlichkeit in der deutschen Gesellschaft. Zu den Anfängen einer Populärwissenschaft nach der Revolution von 1848. Historische Zeitschrift 267, 57–90 (1998).
Dennert, E.: Der Unterricht in der Biologie. Ein Ratgeber für Lehrer der Biologie an höheren und niederen Schulen. I. Allgemeiner Teil. Julius Beltz, Langensalza 1912.
Günther, H.: Fortschritte im Bau von Apparaten und Instrumenten zur mikroskopischen Technik. Mikrokosmos 4, 231–249 (1910/11).
Henkel, K.: Die Renaissance des Raoul Heinrich Francé. Mikrokosmos 86, 3–16 (1997).
Jahn, I. (Hrsg.): Geschichte der Biologie, 3. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
Lindner, P.: Einrichtungen und Methoden für den mikrobiologischen Unterricht im Massenbetrieb. Mikrokosmos 6, 201–208 (1912/13).
Meyers Konversationslexikon, 5., gänzlich neu bearbeitete Auflage, Leipzig 1896.
Möbius, K. A.: Die Lebensgemeinschaften im naturkundlichen Unterrichte. Natur und Schule 3, 289–292 (1904).
Mohr, H., Konaske, O.: Die Volksschule in Kiel. Miteilungen der Gesellschaft für Kieler Stadtgeschichte 78, 3–37 (1992).
Natur und Schule. Zeitschrift für den gesamten naturkundlichen Unterricht aller Schulen. 1902–1907.
Nipperdey, Th.: Deutsche Geschichte 1866–1918, Bd. 1, Arbeitswelt und Bürgergeist, 2. Auflage. Verlag C. H. Beck, München 1990.
Paulsen, F.: Die Biologie im Unterricht der höheren Schulen. Natur und Schule 1, 20–29 (1902).
Scheele, I.: Von Lüben bis Schmeil. Die Entwicklung von der Schulnaturgeschichte zum Biologieunterricht zwischen 1830 und 1933. Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1981 (Zugl. math. Diss., Universität Hamburg, 1981)
Schenk, H., Karsten, G., Jost, L., Fitting, H.: Strasburger – Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 12. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena 1913.
Stoltz: Der biologische Unterricht in der höheren Schule, Teil I–III. Mikrokosmos 3, 32–37, 57–60, 83–87 (1909/10).
Strasburger, E., Koernicke, M.: Das kleine botanische Praktikum für Anfänger. Gustav Fischer Verlag, Jena 1913.
Vogel, J., Zacharias, O.: Das Mikroskop. 4. Auflage. Denicke's Verlag, Leipzig 1884.
Weimar, W.: Geschichte des Gymnasiums in Schleswig-Holstein. Verlag Heinrich Möller und Söhne, Rendsburg o. Jahr.
Zacharias, O.: Die biologische Anstalt Plön. Sonderdrucke aus: Zoologischer Anzeiger 382 (1892).
Zacharias, O.: Das Plankton als Gegenstand der naturkundlichen Unterweisung in der Schule. Verlag von Theod. Thomas, Leipzig 1907.
Zacharias, O.: Der Ferienkurs-Pavillon zu Plön. Archiv für Hydrobiologe und Planktonkunde 5, 62–68 (1910).
Zacharias, O.: Über den speziellen Zweck und das Lehrziel der Plöner hydrobiologischen Ferienkurse. Archiv für Hydrobiologe und Planktonkunde 6, 271–294 (1911).
Zirnstein, G.: Zacharias. In: Biographisches Lexikon für Schleswig-Holstein und Lübeck, Band 10, 392–395. Wachholtz Verlag, Neumünster 1994.

Verfasser: Dr. Jürgen Hartwig Ibs, Meisensteg 3, 23562 Lübeck, E-Mail: juergen.ibs@t-online.de

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

Einzellersuche im Wohnzimmer – Interessante Protisten aus einem Warmwasseraquarium

Hans-Jürgen Voß

Ähnlich wie viele andere aquatische Kleinstbiotope wie beispielsweise wassergefüllte Wagenspuren oder Baumhöhlen gehören auch Aquarien zu denjenigen Lebensräumen, die noch nicht so häufig und systematisch hinsichtlich ihrer Mikroflora und -fauna untersucht wurden. Dies mag vielleicht daran liegen, dass ein richtiger Aquarianer primär an der Pflege seines Fischbesatzes interessiert ist und ein Mikroskop bestenfalls dann zur Hand nimmt, wenn es um die Identifizierung von Krankheitserregern oder Parasiten geht. Andererseits neigt der am „Leben im Wassertropfen" interessierte Mikroskopiker dazu, Proben aus interessanten Freilandbiotopen zu entnehmen.

Auch im Mikrokosmos sind in den letzten Jahren und Jahrzehnten immer wieder Artikel über einzelne Untersuchungen und Beobachtungen an Aquarienorganismen veröffentlicht worden (Günkel, 1987, 1989; Pederzani, 1981). Anlass, sich mit diesem Thema etwas näher auseinanderzusetzen, war der Wunsch meines vierzehnjährigen Sohnes nach einem kleinen Warmwasseraquarium, welches mit den für Anfänger üblichen lebend gebärenden Zahnkarpfen besetzt werden sollte. Da das Einrichten und Beobachten des Aquariums einen deutlich höheren Stellenwert für den Sprössling hatte als die regelmäßig zu verrichtenden Pflege- und Reinigungsarbeiten, mussten erzieherische Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, und so konnte bei der Kontrolle dieser Pflegearbeiten die eine oder andere „zufällige" Probe entnommen werden.

Wie wurden die Proben entnommen und verarbeitet?

Beim wöchentlich stattfindenden Teilwasserwechsel und Absaugen des Bodengrundes wurde das entnommene schwebstoffhaltige Wasser durch ein Planktonnetz filtriert. Ähnlich wurde bei dem alle zwei Monate stattfindenden Auspressen und Reinigen der Schaumstoff-Filterpatrone verfahren: Die Filterpatrone wurde in circa 5 l Aquarienwasser per Hand mehrfach ausgepresst und das Waschwasser durch das Planktonnetz konzentriert. Ein Teil der durch Absaugen oder Auspressen gewonnenen Flüssigkeiten wurde auch einfach sich selbst überlassen, so dass die Schwebstoffe sedimentieren konnten. Waren Pflegeschnitte an den Wasserpflanzen nötig, wurden gelbe und angefaulte Blätter im Aquariumswasser kurz zwischen den Fingern verrieben, so dass sich der Aufwuchs ablösen konnte. Derartig gewonnene Proben wurden in Petrischalen gegeben und mit einem Reiskorn zur Förderung des Bakterienwachstums versehen. Aus diesen Rohkulturen wurden interessante Formen durch Übertragen in frisches Kulturmedium (z.B. Eau de Volvic) isoliert und der Versuch unternommen, durch Beigabe eines Reiskorns oder durch Fütterung mit *Chlorogonium elongatum* stabile Reinkulturen zu erhalten. Einige dieser Formen sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

An den Organismen wurden durchweg Lebendbeobachtungen im Hellfeld, bei schiefer Beleuchtung und im Phasenkontrast vorgenommen. Um die Artbestimmung abzusichern, wurde bei einigen Arten von hypotrichen Ciliaten die Infraciliatur mit Hilfe der Protargol-Imprägnationstechnik dargestellt. Ferner wurde die trockene Versilberungsmethode bei Arten der Gattung *Euplotes* angewandt, um das für die Bestimmung wichtige Silberliniensystem darzustellen (Voß, 2003).

Die Mikrofotografien wurden mit einer Spiegelreflex-Kamera (Olympus OM 2n) und angepasstem Blitzgerät (Stahlschmidt, 1989) unter

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

Verwendung von Farbdiafilmen (Fujichrome Sensia 100) angefertigt. Teilweise wurde auch eine Digitalkamera (Nikon Coolpix 4500) mit angepasstem Fotookular eingesetzt. Von den Farbdias wurden später mit Hilfe eines Diaduplikators und der Digitalkamera Reproduktionen beziehungsweise Ausschnittsvergrößerungen angefertigt.

Die ersten Funde

Kurz nach der Einrichtung des Aquariums fand sich im Innenfilter eine stattliche Population eines Heliozoons, das nach mikroskopischer Untersuchung als *Actinosphaerium eichhornii* identifiziert werden konnte. *A. eichhornii* ist mit 200–300 µm relativ groß und zeichnet sich durch ein stark vakuolisiertes Ektoplasma aus (Abb. 1 und 2). Vielfach lagern sich auch mehrere Individuen zu einer Fressgemeinschaft zusammen (Abb. 3). Die Axopodien sind versteift und mit einem Cytoplasmafilm bedeckt, der den Axopodien ein körniges Aussehen verleiht (Abb. 4).

Im weiteren Verlauf der Untersuchung von Sediment- und Filterproben fielen größere Ansammlungen von Vertretern der Gattung *Spirostomum* auf (Abb. 5 und 6). *Spirostomum*-Arten sind hoch kontraktile, heterotriche Ciliaten mit einer langen adoralen Membranellenzone. Die einzelnen Arten lassen sich durch Zellgröße und Form des Makronukleus von einander unterscheiden (Foissner et al., 1992). Die größere der beiden Formen konnte aufgrund des perlschnurartigen Makronukleus und der Körpergröße von circa 600–800 µm als *Spirostomum minus* identifiziert werden (Abb. 7). Die deutlich kleinere Form hatte eine Körperlänge von etwa 400 µm und einen ovalen Makronukleus: Es handelt sich dabei um *Spirostomum teres* (Abb. 8).

Die Gruppe der heterotrichen Ciliaten konnte durch einen weiteren interessanten Fund ergänzt werden: Das Wimpertierchen *Blepharisma americanum* fand sich ebenfalls im Sediment und konnte in einer Reiskornkultur dauerhaft und mit stattlichen Individuenzahlen vermehrt werden (Abb. 9). Arten der Gattung *Blepharisma* variieren stark in Form und Größe, können jedoch unter anderem durch die Form des Makronukleus und der Länge und Form der adoralen Membranellenzone gegeneinander abgegrenzt werden (Giese, 1973).

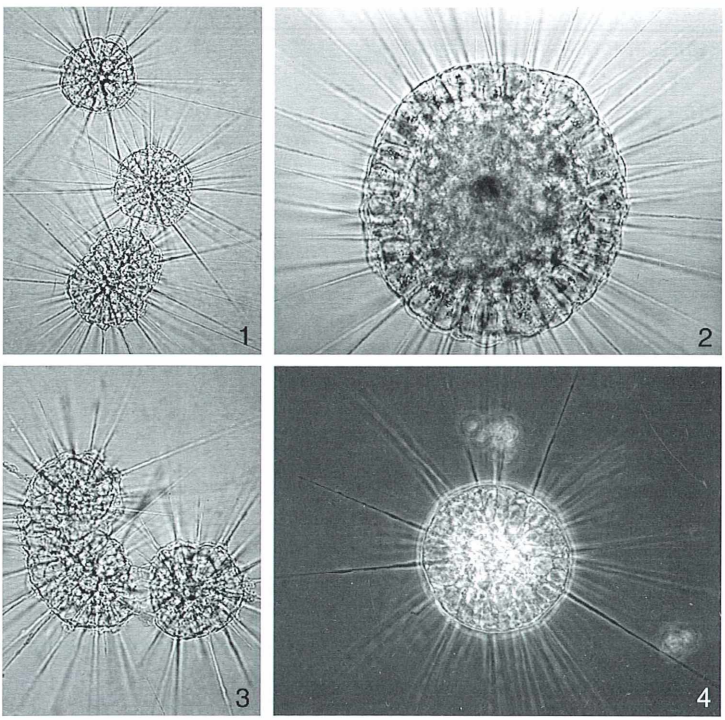


Abb. 1–4: *Actinosphaerium eichhornii*. – Abb. 1: Das obere Individuum lässt rechts oben am Körperrand die kontraktile Vakuole erkennen. – Abb. 2: Stark vakuolisiertes Cytoplasma. – Abb. 3: Drei Individuen haben sich zu einer Fressgemeinschaft zusammengeschlossen. – Abb. 4: Die Axopodien zeigen deutlich eine körnige Struktur. Phasenkontrast.

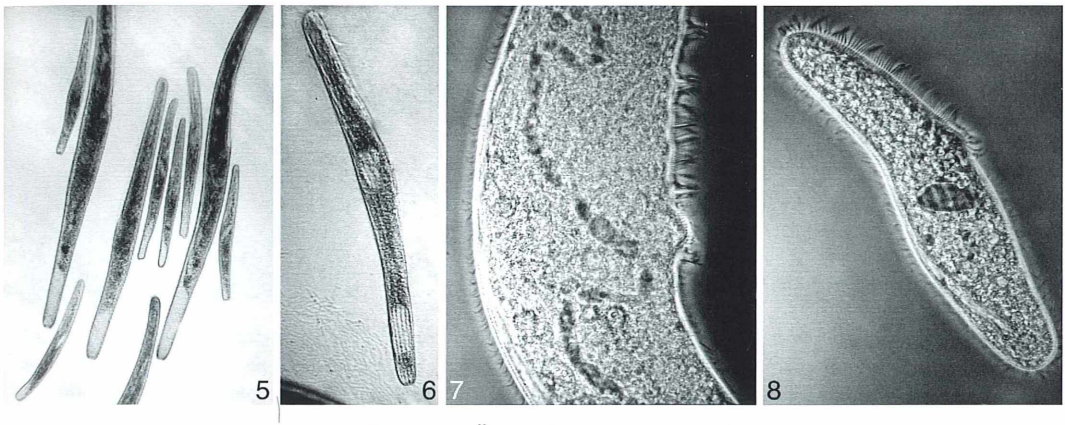


Abb. 5– 8: *Spirostomum*-Arten. – Abb. 5: Die Übersicht zeigt einige Individuen von *Spirostomum minus* und dazwischen die kleinere Form *Spirostomum teres*. – Abb. 6: *S. teres* im Hellfeld. In der Körpermitte ist der ovale Makronukleus, am Hinterende die kontraktile Vakuole zu erkennen. – Abb. 7 und 8: Die Phasenkontrastaufnahmen zeigen den perlschnurartigen Makronukleus von *S. minus* (Abb. 7) und den ovalen Makronukleus von *S. teres* (Abb. 8).

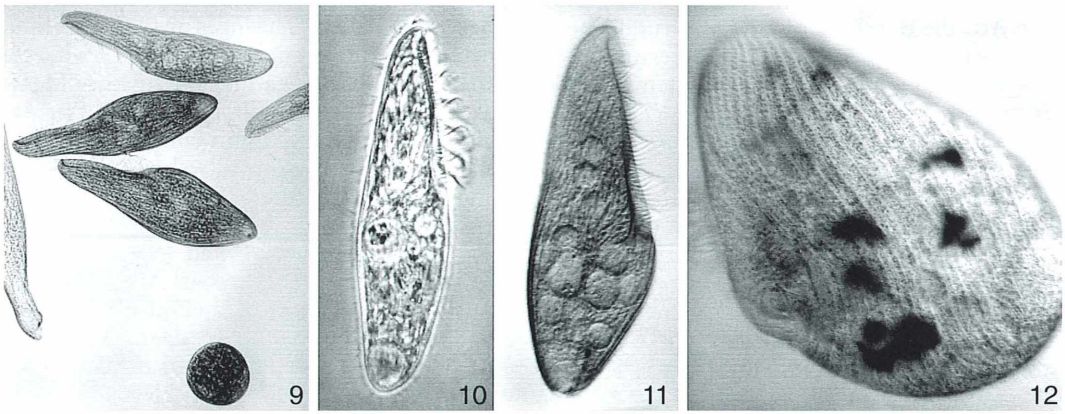


Abb. 9–12: *Blepharisma americanum*. – Abb. 9: Die Hellfeldaufnahme zeigt eine Dreiergruppe; unten ist eine Cyste abgebildet. – Abb. 10 und 11: Die Aufnahmen im Phasenkontrast (Abb. 10) und bei schiefer Beleuchtung (Abb. 11) zeigen die koordinierten Bewegungen der adoralen Membranellen. Bei schiefer Beleuchtung sind neben Nahrungsvakuolen auch Makronukleus-Teile am linken Körperrand erkennbar. – Abb. 12: Ein durch Deckglasdruck gequetschtes Individuum lässt die zwischen den Cilienreihen liegenden Pigmentgranula erkennen.

B. americanum besitzt einen langgestreckten Makronukleus mit durchschnittlich fünf Knoten, die jeweils durch ein kurzes dünnes Filament verbunden sind. Der Kernapparat konnte durch einfache Farbfixierung der Zellen mit Lugol'scher Lösung oder mit Karmin-Essigsäure dargestellt werden. Bei schiefer Beleuchtung lassen sich diese Makronukleus-Knoten auch recht gut erkennen (Abb. 11). *B. americanum* ist durch den Besitz von kortikalen Granula deutlich rötlich gefärbt (Abb. 12).

Im weiteren Verlauf der Sedimentuntersuchungen konnten durch Anreicherungskulturen mindestens drei verschiedene Arten der Gattung *Euplotes* isoliert und in Kultur genommen werden. *Euplotes*-Arten weisen untereinander nur geringe morphologische Unterschiede auf. Eine sichere Bestimmung gelingt

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

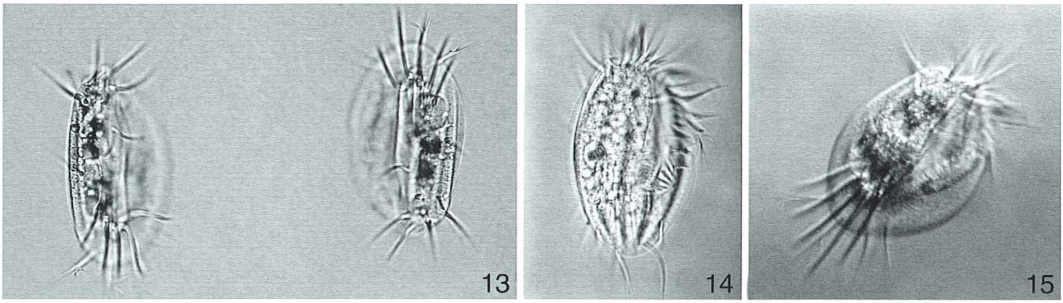


Abb. 13–15: *Euplotes*-Arten. – Abb. 13: *E. patella* zeichnet sich durch den Besitz von symbiontischen Grünalgen und ausgefranst wirkenden rechten Caudalcirren aus. – Abb. 14: *E. muscicola* zeigt auf der Dorsalseite sechs ausgeprägte Rippen. – Abb. 15: Eine nicht identifizierte *Euplotes*-Art bei schiefer Beleuchtung.

meist über die Darstellung des kortikalen Silberliniensystems (Curds, 1975). Die Abbildungen 13 bis 15 vermitteln einen kleinen Eindruck von den im Aquariumswasser gefundenen *Euplotes*-Arten. Die Abbildung 13 zeigt eine Art, die durch den Besitz von rundlichen, symbiotischen Grünalgen charakterisiert ist. Des Weiteren wirken die zwei rechten Caudalcirren ausgefranst. Bei dieser Art gelang die Darstellung des Silberliniensystems teilweise recht gut, so dass die Bestimmung auf relativ sicheren Füßen steht: Es handelt sich dabei um *E. patella*. Abbildung 14 zeigt eine sehr kleine, circa 50 µm große Art, deren Dorsalseite sechs deutlich erkennbare Rippen aufweist. Hierbei könnte es sich um *E. muscicola* handeln. Eine weitere nicht näher bestimmte Art zeigt die Abbildung 15.

Eine Überraschung im Sediment

Ein halbes Jahr nach dem Einrichten des Aquariums konnte auch ein in protozoologischer Hinsicht interessanter Fund gemacht werden. In einer aus abgestorbenem Blattmaterial und Bodensediment angesetzten Rohkultur etablierte sich innerhalb weniger Tage eine durchaus stattliche Population von hypotrichen Ciliaten. Bei der mikroskopischen Lebenduntersuchung stellte sich diese Spezies als ein Vertreter der gattungs- und artenreichen Familie der oxytrichiden Ciliaten heraus, was an den drei verstärkten Frontal- und den fünf Transversalcirren selbst bei der Lebenduntersuchung gut zu erkennen war (Abb. 16). Auffallend bei der Lebenduntersuchung im Hellfeld war eine gelb-grüne Färbung des Zellkörpers, die von Granula hervorgerufen wurde, die sich sowohl auf der Ventral- als auch Dorsalseite um die Basen der Cirren beziehungsweise Dorsalcilien herum gruppierten (Abb. 17). Damit war das Interesse für diese Art geweckt, denn gelb-grüne Granula engen das Spektrum der in Frage kommenden Gattungen und Arten schon erheblich ein. Die Imprägnation mit Protargol förderte ein weiteres gattungsspezifisches Merkmal zu Tage. Die parorale Membran dieser Art war vorne gebogen und mit einem kleinen Haken versehen, ein Merkmal, welches bei der Lebenduntersuchung nicht festzustellen ist, aber die Zugehörigkeit zu der Gattung *Notohymena* eindeutig belegt (Abb. 18 und 19). Durch weitere Merkmale wie zum Beispiel Anordnung der Transversalcirren und die multiplen Caudalcirren konnte *Notohymena* spec. dann als *Notohymena australis* bestimmt werden. Diese Art wurde erstmals 1990 in einem kleinen Teich in Perth, Australien entdeckt, ein weltweit weiterer Fund ist aus der Amper bei München bekannt (Foissner und Gschwind, 1998). Dieser seltene Ciliat im heimischen Aquarium zu finden, war schon eine kleine Überraschung und zugleich Ansporn, nach weiteren Einzellern zu suchen.

Andere hypotriche Ciliaten

Bei den weiteren Beobachtungen wurde zunächst ein recht häufig vorkommender Vertreter der hypotrichen Ciliaten gefunden. Auch diese Art ist durch den Besitz von Granula leicht grün-gelblich gefärbt und konnte nach Protargol-Imprägnation als *Paraurostyla weissei* bestimmt werden. *P. weissei* ist ein häufig anzutreffendes Wimpertierchen, welches eine

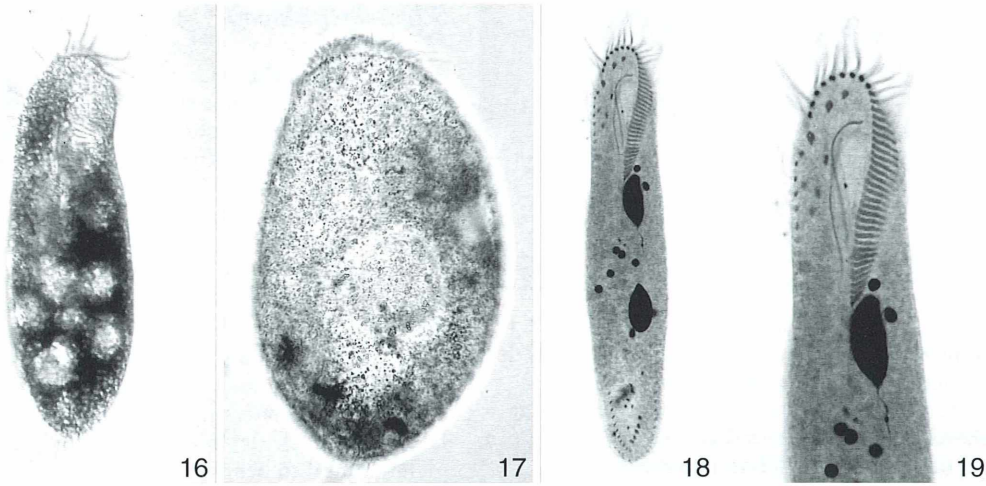


Abb. 16–19: *Notohymena australis*. – Abb. 16: Schiefe Beleuchtung. Einige Cirren treten deutlicher hervor. – Abb. 17: An einem durch Deckglasdruck gequetschten Individuum werden die grün-gelben Granula sichtbar. – Abb. 18 und 19: Protargolimprägnation. – Abb. 18: Ventrale Infraciliatur; Individuum mit zahlreichen Mikronuklei. – Abb. 19: Oralstrukturen. Die parorale Membran zeigt den gattungstypischen Haken am vorderen Ende.

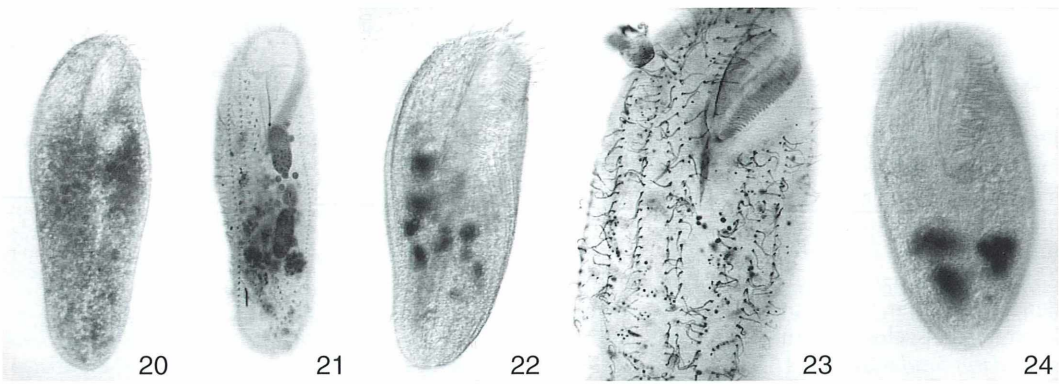


Abb. 20 und 21: *Paraurostyla weissei* lebend (Abb. 20) und nach Protargolimprägnation (Abb. 21). – Abb. 22 und 23: *Urostyla grandis* lebend (Abb. 22) und nach Protargolimprägnation (Abb. 23). – Abb. 24: Ein nicht identifizierter hypotricher Ciliat der Gattung *Urostyla*.

große adorale Membranellenzone, zwei Makronukleus-Teile und mehrere Cirrenreihen auf der Bauchseite besitzt (Abb. 20 und 21). Leicht verwechselt werden kann diese Art mit *Urostyla grandis*, die aber viele kleine Makronukleus-Teile und mehrere randständige Cirrenreihen auf der Ventralseite besitzt (Foissner et al., 1991). Auch diese Art konnte aus Aquariumsproben isoliert und kultiviert werden (Abb. 22 und 23). Neben *P. weissei* und *U. grandis* fand sich noch weitere Art, bei der die Kultur anfangs nur sehr mühsam gelang. Mittlerweile hat sie die Kost in „Gefangenschaft" akzeptiert und vermehrt sich auch erfreulich. Die Bestimmung macht aber noch Schwierigkeiten, so dass dieser unsichere Vertreter hier nur kurz per Bild vorgestellt werden kann (Abb. 24). Auch diese Art besitzt mehrere Ventralreihen und viele Makronukleus-Teile. Darüber hinaus werden bei der Fixierung für die Protargol-Prä-

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

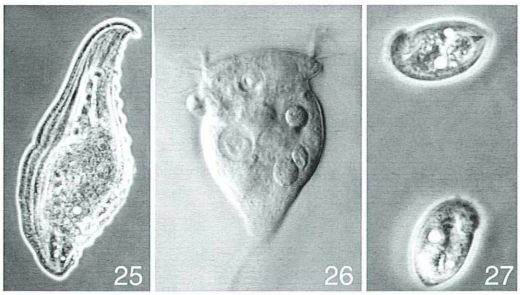


Abb. 25: *Loxophyllum meleagris* (Phasenkontrast). – Abb. 26: Ein Glockentierchen aus der *Vorticella campanula*-Gruppe bei schiefer Beleuchtung. – Abb. 27: *Chilodonella caudata*; oberes Individuum zeigt den artspezifischen Dorn auf der Rückenseite (Phasenkontrast).

paration viele Extrusome ausgeschleudert, welche die Darstellung der Infraciliatur erschweren. Aber als erste sehr grobe Einschätzung kann dieser Vertreter wohl auch zur Gattung *Urostyla* gehörend angesehen werden.

Bekanntes und weniger Bekanntes

Der Bericht soll nicht enden, ohne das Augenmerk auf einige häufig anzutreffende Formen zu lenken. Mit einer gewissen Regelmäßigkeit, aber nie übermäßig häufig, fanden sich immer wieder Individuen von *Loxophyllum meleagris* (Abb. 25). Regelmäßige Gäste waren auch verschiedene Arten von Glockentierchen, zum Beispiel Vertreter der schwierig zu bestimmenden *Vorticella campanula*-Gruppe (Abb. 26). Gegen Ende des ersten Aquariumsjahres fand sich recht häufig eine kleine, etwa 40 µm große *Chilodonella*-Art. Eine Zuordnung zu dieser Gattung gelingt recht gut anhand der Mundreusenstruktur. Bei genauerer Betrachtung zeigten die Individuen auf der Rückenseite einen endständigen Dorn (Abb. 27), so dass es sich bei dieser Art um *Chilodonella caudata* handelt (Kahl, 1935).
Neben den hier vorgestellten Vertretern bevölkerten mit konstanter Regelmäßigkeit Wimpertiere wie das agile *Cyclidium citrullus* die Kulturschalen. Hin und wieder gesellten sich auch Pantoffeltierchen des *Paramecium aurelia*-Komplexes dazu. Auch verschiedene Amöben- und Flagellatenarten fanden sich als ständige Begleiter in den Kulturen ein.

Schlussbetrachtung

Aquarienmikroskopie lohnt sich! Wer die Wassertropfenmikroskopie liebt und Zugang zu einem Aquarium hat, sollte auch hier Proben entnehmen und sie mikroskopisch untersuchen. Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass in der frisch entnommenen Probe in der Regel wenig Untersuchungsmaterial vorhanden ist. Erst in Rohkulturen, bei denen durch die Zugabe von Reis- oder auch abgekochten Weizenkörnern die Wasserqualität mitunter meso- bis polysaprobe Verhältnisse erreichen kann, lassen sich bestimmte Arten anreichern und auch erfolgreich kultivieren.
Die Frage nach der Herkunft dieser Arten ist nicht einfach zu beantworten. Sehr wahrscheinlich werden die Einzeller oder ihre Dauerstadien durch frisch eingesetzte Wasserpflanzen und Fische aus dem Handel eingeschleppt.

Literaturhinweise

Berger, H.: Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichida). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1999.
Berger, H., Foissner, W., Kohmann, F.: Bestimmung und Ökologie der Mikrosaprobien nach DIN 38410. Gustav Fischer, Stuttgart 1997.
Curds, C. R.: A guide to the species of the genus *Euplotes* (Hypotrichida, Ciliatea). Bull. Br. Mus. (Nat.-Hist.) Zool. 28, 1–61 (1975).
Foissner, W., Blatterer, H., Berger, H., Kohmann, F.: Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1 (1991).
Foissner, W., Blatterer, H., Berger, H., Kohmann, F.: Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 5 (1992).
Foissner, W., Gschwind, K.: Taxonomy of some freshwater ciliates (Protozoa; Ciliophora) from Germany. Ber. nat.-med. Ver. Salzburg 12, 25–76 (1998).
Giese, A. C.: *Blepharisma*. The biology of a light-sensitive protozoan. Stanford University Press, Stanford 1973.
Grospietsch, Th.: Wechseltierchen (Rhizopoden). Kosmos-Verlag, Stuttgart 1958.
Günkel, N. G.: Mikrowelt Aquarium – Streifzüge mit dem Mikroskop. Mikrokosmos 76, 22–25 (1987).
Günkel, N. G.: Der Fundort im Wohnzimmer. Mikrokosmos 78, 57–60 (1989).
Günkel, N. G.: Ein eleganter Räuber. Das Wimpertier *Dileptus anser* im Süßwasseraquarium. Mikrokosmos 79, 18–21 (1990).

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

Kahl, A.: Wimpertiere oder Ciliata. In: Dahl, F.: Die Tierwelt Deutschlands, Teil 18, 21, 25, 30. Gustav Fischer, Jena 1930–1935.
Matthes, D., Wenzel, F.: Wimpertiere (Ciliaten). Kosmos-Verlag, Stuttgart 1978.
Perderzani, H. A.: Fundort Aquarium. Aquaristik und Mikroskopie. Mikrokosmos 73, 380–384 (1981).
Stahlschmidt, J.: Der TTL-gesteuerte Elektronenblitz in der Mikrofotografie. Mikrokosmos 76, 9–17 (1987).
Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen, 9. Auflage. Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH, Stuttgart 2002.
Voß, H.-J.: Die Protargolmethode – Eine (fast) sichere Silberimprägnationstechnik. Mikrokosmos 92, 112–116 (2003).

Verfasser: Dr. Hans-Jürgen Voß, Am Dornbusch 42, 46244 Bottrop, E-Mail: tichy-voss@t-online.de

Buchbesprechungen

Kapit, W., Elson, M.: Anatomie Malatlas, 3. aktualisierte Auflage. Pearson Studium, München 2007, 170 Doppelseiten, Ringbuch, € 29,95, ISBN 978-3-8237-7246-8, und **Kapit, W., Macey, R. I., Meisami, E.: Physiologie Malatlas, 2. aktualisierte Auflage.** Pearson Studium, München 2007, 161 Doppelseiten, Ringbuch, € 34,95, ISBN 878-3-8273-7245-1.

Vom Prinzip her sind die beiden Bücher zu begrüßen. Sie füllen ein Segment aus, das es in dem Stil auf dem deutschsprachigen Buchmarkt nicht gibt. Sozusagen spielerisch kann der Lernende sich das Wissen zur Anatomie und Physiologie des Menschen aneignen, indem er mit Buntstiften die zu erarbeitenden Sachverhalte koloriert. Damit eine möglichst effektive, in sich konsistente Farbgebung vorgenommen wird, finden sich im Kapitel „Hinweise zur Benutzung des Buchs" einige grundsätzliche Erklärungen des Kolorierungsprinzips und zu jedem Kapitel spezielle Anleitungen zur Herangehensweise an die entsprechende Zeichenvorlage. Damit können Sachverhalte sicherlich gewinnbringend verstanden werden. Der Text wird vom Lernenden nicht einfach nur gelesen und mehr oder minder wahllos mit einem Marker verunziert, sondern von ihm intensiv erschlossen und verinnerlicht.

Soweit wären die Bücher eigentlich sehr zu empfehlen, wenn es da nicht doch im Text gravierende Fertigungsmängel gäbe. Offensichtlich sind Ungereimtheiten beim Layout des Anatomie-Bandes unterlaufen. So wird auf Seite 12 die gleiche Definition für Faserknorpel wie für den elastischen Knorpel gegeben. Blättert man weiter, wird man auf Seite 22 verwirrende Erklärungen der Gelenkarten finden. Auch hier sind diverse Legenden verwechselt worden. Danach habe ich aufgehört, die Bücher nach weiteren Inkonsistenzen zu durchforsten. Es mag sein, dass der Physiologie-Band, der im Prinzip genauso aufgebaut ist wie der erste, fehlerfrei ist.

Die Probleme sind möglicherweise dadurch entstanden, dass die Bücher aus dem Amerikanischen übersetzt und zur deutschen Ausgabe aufbereitet wurden. Wie auch immer, dem Verlag ist dringend anzuraten, die beiden Bücher sofort vom Markt zu nehmen und auf das Gründlichste hinsichtlich weiterer Fertigungsfehler durchzusehen und zu korrigieren. Erst danach sollten sie wieder zum Kauf verfügbar sein. Wenn das zu drastisch erscheint, sollte zumindest eine Korrekturbeilage den Büchern beigefügt werden.

Wilhelm Wagner, Essen

TU Dresden, Bearbeiterin Franziska Eckert: Langenscheidts Fachwörterbuch Kompakt: Chemie, Englisch–Deutsch, Deutsch–Englisch. Langenscheidt, Berlin 2007, 995 Seiten, Kunststoffeinband, € 44,90, ISBN 978-3-8617-273-4.

Die zweite Auflage des Fachwörterbuchs Chemie liegt in der gleichen soliden Aufmachung wie die erste vor. Erwartungsgemäß wurde sie gründlich überarbeitet und erweitert. So kann sie ab sofort von dem entsprechenden Interessentenkreis nutzbringend eingesetzt werden.

Wilhelm Wagner, Essen

1957 - 2007
Stoppt Tuberkulose!
Mit nur 50 Euro können Sie einen TB-Kranken retten.
50 Jahre! Ein Anfang!
Informationen unter:
Telefon 09 31/79 48-0
www.dahw.de
DAHW
Deutsche Lepra- und Tuberkulosehilfe e.V.

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

„Digitale Lichtbox", die Zweite – Dias mit der digitalen Kamera abfotografieren

Hans Jürgen Steinkohl

Aufgrund von Nachfragen zum vorausgegangenen Artikel im MIKROKOSMOS (Steinkohl, 2007) zu diesem Thema ist eine weitere Lösung entstanden, um Dias in hochwertiger Form kostengünstig und schnell zu digitalisieren. Das nachfolgend geschilderte Verfahren ist gegenüber der Lichtbox vereinfacht worden.

Wegen der sehr detaillierten Anfragen zum ersten Bericht soll hier versucht werden, den Nachbau einer vereinfachten Lösung zum Digitalisieren von Dias als Konstruktionshilfe zu beschreiben. Folgende Geräte/-teile werden benötigt: Reprostativ mit Grundplatte; Digitalkamera als Kompakt- oder Spiegelreflex, jeweils mit ausreichender Makroeinstellung; Leuchtpult; digitaler TTL Blitz oder Blitz mit manuell regelbarer Teilleistung; Abdeckplatte für das Leuchtpult; Filmbühne; Fernauslöser.

Hinweis: In der nachfolgenden Beschreibung soll hier die Verwendung eines vorhandenen analogen Blitzes beschrieben werden, da sich beim Vorhandensein eines digitalen TTL Blitzes manches vereinfacht.

Grundsätzliches: Der Grundgedanke auch bei dieser vorgestellten Konstruktion ist das Erzielen einer farbstabilen Lichtquelle mit weichem Blitzlicht, wobei das Licht des Leuchtpultes als Einstelllicht ständig vorhanden sein kann. Eine weitere Forderung zum schnellen Digitalisieren von Dias mit immer gleich bleibender Qualität ist bei dieser vereinfachten Lösung ebenfalls gegeben.

Der Mikroskopfreund, für den ich diese Anlage zusammengestellt habe, konnte damit an einem Nachmittag etwa 500 Dias mit hervorragendem Ergebnis digitalisieren.

Zu den einzelnen Bauteilen

Reprostativ (Abb. 1)

Falls kein geeignetes Reprostativ vorhanden ist, können diese in Fotogeschäften oder über das Internet günstig erworben werden (25 € für das verwendete Stativ).

Kamera

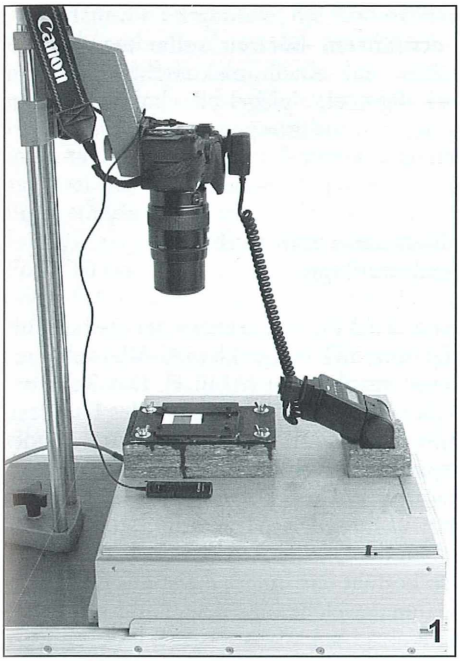
Als Kamera kann jede digitale Spiegelreflex- oder Kompaktkamera zum Einsatz kommen, wenn sie das KB Dia Format füllend abbildet. Sie sollte mindestens 6 Megapixel haben und einen Anschluss für einen externen Blitz ermöglichen. Wenn kein derartiger Anschluss vorhanden ist, bietet sich für die Auslösung des externen Blitzes eine etwas umständlichere Lösung über eine separate Blitzzelle an. Beim Makroobjektiv arbeitet man vorzugsweise wegen der besten optischen Leistung mit Blende 8.

Leuchtpult (Abb. 2)

Die Glasabdeckung des Leuchtpultes muss farbneutral sein (nicht vergilbt), diese Forderung ist aber bei einem guten Leuchtpult sowieso gegeben. Das Einstelllicht des Leuchtpultes wird vom lichtstärkeren Blitzlicht überstrahlt, so dass es hier in der Regel zu keiner Farbverschiebung kommt, wenn das Licht des Diapultes während der Aufnahmen eingeschaltet bleibt.

Blitz

Die Lichtleistung eines nicht TTL gesteuerten Blitzes, welcher zum Einsatz kommt, sollte bevorzugt in Teilstufen regelbar sein, damit eine Anpassung zur Kamera und der vorgewählten Arbeitsblende möglich ist. Bei einem original digitalen TTL-Blitz zur Kamera funktioniert dies natürlich automatisch. Das einmalige Eintesten des analogen Blitzes ist jedoch in wenigen Schritten erfolgt. Als Testdia wird eine gleichmäßig gedeckte Aufnahme in die Filmbühne geschoben, das Dia im Sucher der Kamera Format füllend scharf gestellt und mit Blende 8 bei Blitz-Vollleistung ausgelöst. Je



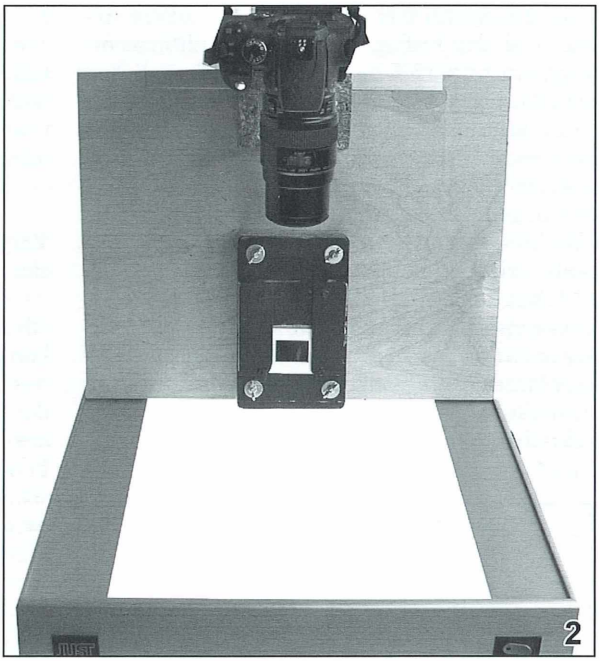


Abb. 1: Gesamtansicht. Auf dem Grundbrett der Reproanlage ausgerichtetes Dia-Sortierpult mit fixierter Abdeckplatte und Ausschnitten für die Filmbühne (Dia) und den Blitzansatz. Kamera mit elektrischem Auslöser und Blitzkabel. Die Kamera ist vor der Fixierung der Filmbühne waagerecht mit einer kleinen Wasserwaage am Display auszurichten. – Abb. 2: Nach dem Abnehmen der Abdeckplatte und Herausheben aus den seitlichen Begrenzungsleisten vom Grundbrett kann das Leuchtpult wieder als Dia-Sortierpult benutzt werden.

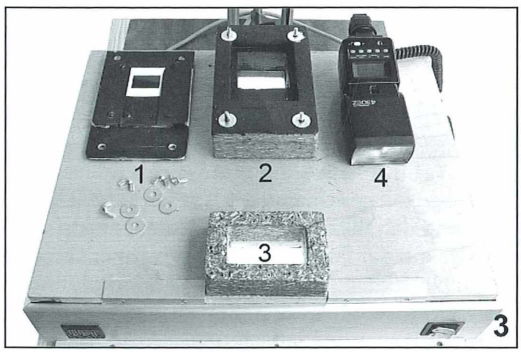
nach Leistung des verwendeten Blitzes wird nach der Testaufnahme eine Korrektur des Blitzes nach + oder – erforderlich werden.
Im vorliegenden Fall wurde der Canon Blitz bei 100 ASA Einstellung auf etwa 1/8 Leistung zurückgefahren. Das korrekte Ergebnis ist dann sehr schön auf dem Kameradisplay mit dem darunter liegenden Dia in der Filmbühne zu vergleichen. Ist dieser Test abgeschlossen, können nahezu alle nachfolgenden Aufnahmen mit dieser Einstellung gemacht werden. Der Farbabgleich muss ebenfalls nur einmal ausgetestet werden, im vorliegenden Fall hat die Einstellung der Kamera auf das Blitzsymbol schon gute Ergebnisse gebracht. Der automatische Weißabgleich bringt speziell bei Phasenkontrastaufnahmen nicht immer zufrieden stellende Ergebnisse, dieses Problem ist aber auch bei Diascannern bei Phasenkontrast-Aufnahmen zu beobachten.

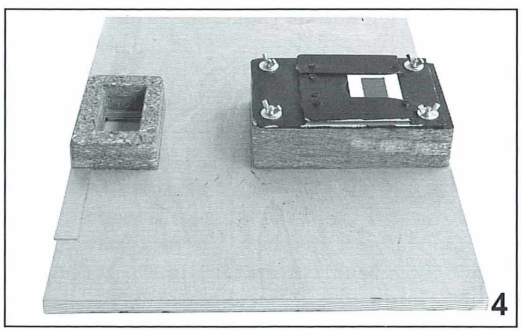
Abdeckplatte (Abb. 3 und 4)
Eine Mehrschicht-Sperrholzplatte mit 13 mm Stärke ist geeignet. Sie wird im Baumarkt meist kostenlos auf die benötigte Größe geschnitten. Dieses Material hat den Vorteil, dass es sich wegen der Mehrschichtverleimung nicht verzieht. Damit die Abdeckplatte keine eigene Farbe (gelb) zurückreflektiert, wird sie auf der unteren Seite matt schwarz gesprüht. Die Anbringung der beiden Öffnungen für den Blitzansatz und die Diabühne wird noch gesondert beschrieben.

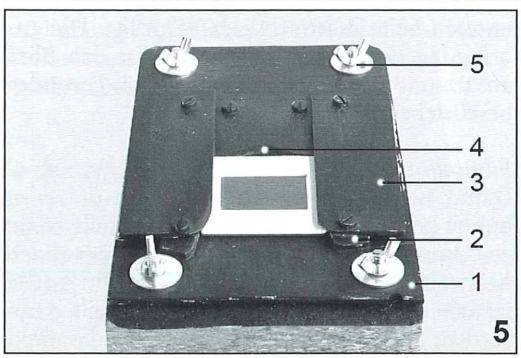
Filmbühne (Abb. 5)
Damit das Dia beim Einbringen in die Filmbühne immer exakt an der gleichen Stelle zu liegen kommt, sollte man sich hier besondere Mühe bei der Konstruktion geben. Im vorliegenden Fall wurde die Bühne aus jeweils 3 mm starken Alublechteilen gefertigt, weil die maxi-

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

male Diastärke 3 mm beträgt. Die äußere Abmessung der Auflageplatte der Filmbühne beträgt etwa 18/12,5 cm. Um ein nachträgliches, sehr geringes Justieren der Diabühne zur Kamera zu ermöglichen, werden die Aufnahmebohrungen an den vier Ecken der Diabühne etwas größer gewählt.
Nach genauer Ausrichtung von Kamera und Filmbühne sind keine weiteren Korrekturen mehr erforderlich, das Dia liegt immer an der gleichen Stelle und in der gleichen Schärfenebene. Natürlich kann man sich hier auch weniger Arbeit machen, indem man nur eine eingerahmte Auflagerfläche für den Diarahmen ausfräst, aber langfristig rentiert sich der beschriebene Aufwand mit der Alukonstruktion.







Fernauslöser
Trotz der kurzen Blitzzeit sollte man sicherheitshalber mit einem elektrischen Auslöser und bei digitalen Spiegelreflexkameras sogar mit Spiegelvorauslösung arbeiten, wenn dies möglich ist.

Vorgehensweise zum Aufbau der Gesamtanlage

Als erstes wird die Kamera an der Reprosäule befestigt und mit einer kleinen Wasserwaage horizontal ausgerichtet (Abb. 1). Das Zentrum des Suchers legt nun das Zentrum des Dias fest, das heißt, alle nachfolgenden Anordnungen des Leuchtpultes, der Abdeckplatte und der Ausschnitte in der Abdeckplatte richten sich nach diesem gedachten Dia-Mittelpunkt.
Wenn man die Glasfläche des Leuchtpultes entfernt, so besteht das Innere meist aus einer Alublechwanne, welche an den Längsseiten im 45°-Winkel aufgekantet ist. Ideal ist es nun, wenn sich der Einfallswinkel des Blitzes und der Ausfallwinkel des Lichtes zum Dia in diesen Schrägen befinden, das heißt, wenn man die beiden Ausschnitte in der Abdeckplatte in der Nähe dieser Schrägen anordnen kann. Dadurch sind die größte Lichtausbeute und ein sehr homogenes Licht zu erzielen.

Abb. 3: Abdeckplatte aus Mehrschichtenplatte. 1 Abgenommene Diabühne. Die vier größeren Bohrlöcher an den Ecken ermöglichen eine genaue Ausrichtung zum Kamerasucher; Befestigung mit Flügelschrauben. 2 Diaschacht. 3 Blitzschacht als Einstecköffnung. 4 Blitz mit regelbarer Teilleistung. – Abb. 4: Anordnung der Ausschnitte über der 45°-Abkantung der Lichtwanne bei abgenommener Abdeckplatte. Der Ausschnitt für die Diafläche muss durch Kontrolle des Kamerasuchers festgelegt werden. Hiernach richtet sich anschließend die Fixierung des Leuchtpultes auf dem Grundbrett. Nur diese Reihenfolge stellt sicher, dass immer eine korrekte Ausrichtung zur optischen Achse zur Kamera vorliegt. – Abb. 5: Diabühne. 1 Grundplatte aus Aluminium, 3 mm stark, Länge 18 cm, Breite 12,5 cm. 2 Seitliche Führungsebene, 3 mm. 3 Abdeckung, 3 mm. 4 Ausgefräste Nut zum leichteren Diawechsel. 5 Größere Aufnahmelöcher ermöglichen die Feinverstellung des Dias zum Kamerasucher.

Nachdem die Filmbühne, die Abdeckplatte mit ihren Ausschnitten und das Leuchtpult unverrückbar mit dem Grundbrett der Reproanlage mit Aluwinkeln oder Holzleisten fixiert sind, befindet sich jedes neu eingeführte Dia immer in genauer Position zur Kamera. Dies erweist sich bei größeren Serien als ganz wichtig, um nicht ständig die Position des Dias zur Kamera korrigieren zu müssen. Wie aus den beigefügten Fotos zu ersehen ist, befindet sich die Diabühne etwa 5–6 cm über der Glasfläche des Leuchtpultes. Dies ist wichtig, damit sich keine Struktur oder Verschmutzung der Glasplatte im Dia abbildet. Der Reflektor des Blitzes liegt dagegen direkt auf der Glasfläche auf, er wird mit einem etwa fünf Zentimeter hohen Rahmen (Schacht) so fixiert, dass das Bedienteil des Blitzes sich während der Aufnahmen immer im Blickfeld befindet und die Korrekturwerte jederzeit kontrolliert werden können.

Angaben zu einigen Abmessungen

Leuchtpult mit Tageslichtröhren: Länge 48 cm, Breite 38 cm, Höhe 9 cm
Abdeckplatte: Länge 46,3 cm, Breite 36,2 cm, 13 mm stark.
Filmbühne: Länge 18 cm, Breite 11,5 cm.
Abstand Kameradisplay zur Dia-Ebene 37 cm (Canon 350D mit Makro 2,8/100 mm).

Fazit

Die beschriebene Einrichtung ermöglicht mit geringem Kostenaufwand eine zu einem Diascanner absolut vergleichbare Möglichkeit, Dias in hoher Qualität zu digitalisieren.
Der große Vorteil aber besteht in der Schnelligkeit, wie Dias digitalisiert werden können.
Ergänzend wird noch einmal auf den in Band 96, Heft 2 des MIKROKOSMOS (Steinkohl, 2007) vorgestellten Artikel hingewiesen. Das beschriebene Verfahren ermöglicht es außerdem, bereits im Dia einen gewünschten Ausschnitt aus der Mikroaufnahme gezielt aufzunehmen. Aus den eigenen Erfahrungen kann versichert werden, dass die Farben des Dias (ob Hellfeld, Phasenkontrast, Dunkelfeld oder differentieller Interferenzkontrast) so auf dem Monitor des PCs wiedergegeben werden, dass eine nachträgliche Korrektur der Farben mit einem Bildbearbeitungsprogramm entfällt. Wer bereits mit einem Diascanner gearbeitet hat, wird das nicht immer bestätigen können. Voraussetzung ist natürlich, dass ein sorgfältiger Weißabgleich vorausgegangen ist. Wenn die benötigte Einrichtung an Geräten zum Großteil vorhanden ist, erhält man so einen hochwertigen, superschnellen „Dia-Scanner" fast zum Nulltarif, den man mit der Aufschrift „Made by myself" noch veredeln kann.
Ich wünsche zum Nachbau viel Erfolg.

Hinweis

Nach Fertigstellung des Artikels hat sich in der Zwischenzeit für diese vorab beschriebene Einrichtung noch eine ganz interessante, weitere Möglichkeit ergeben. Es können damit auch in hervorragender Qualität Präparate digitalisiert werden, die wegen ihrer Großflächigkeit (Beispiel Schnitte) im Mikroskop nur eingeschränkt erfasst werden können. Nach entsprechender Abdeckung des Ausschnitts für das Dia kann das Präparat in dieser Einrahmung völlig reflexfrei abfotografiert werden.

Literaturhinweis

Steinkohl, H. J.: Dias mit der digitalen Kamera abfotografieren – Selbstbau einer „digitalen Lichtbox". Mikrokosmos 96, 101–103 (2007).

Verfasser: Hans Jürgen Steinkohl, Max-Matheis-Straße 64, 94036 Passau, E-Mail: summilux@gmx.de

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

Mit dem Tessovar auf Makropirsch – Hautflügler im Garten und auf dem Bürgersteig

Erich Lüthje

Wer sich bei dem Namen Tessovar an eine Zoomlupe der Firma Carl Zeiss erinnert, liegt richtig. Das mittlerweile angejahrte Objekt diente vor über drei Jahrzehnten der Wissenschaft als überwiegend vertikal installierte Optik für den Vergrößerungsbereich 0,8–12fach. Längst haben fototaugliche Stereolupen jener pankratischen Vorsatzoptik den Rang abgelaufen. In vielen Instituten wurde das Tessovar ausgemustert und strandete am Gestade des Vergessens. Durch glückliche Fügung kamen gleich zwei dieser Geräte in meine Hände.

Es war daher nahe liegend, das eine Tessovar für den senkrechten Einsatz dauerhaft im häuslichen Labor aufzubauen. Von dieser (eigentlichen) Anwendung möchte ich später einmal berichten. Mit dem zweiten Tessovar arbeitete ich freihand wie mit einem Makroobjektiv an der Spiegelreflexkamera – eher eine ungewöhnliche Verwendung. So fotografierte ich im Sommer 2005 vor allem Schwebfliegen in meinem Garten (Lüthje, 2006). Ein TTL-Ringblitz (Leitzahl 10 bei 100 ASA) sowie ein Zweitblitz auf Lampenstab (Leitzahl 32 bei 100 ASA) ließen schattenfreie Aufnahmen mit weichen Farben entstehen. Indes lag das sperrige Arrangement nicht eben bequem in der Hand; Grund genug, über Verbesserungen nachzudenken.

Mehr Licht für mehr Kontrast und Farbe

Für die Makro-Jagdsaison 2006 ersetzte ich den relativ schwachen Ringblitz durch einen Blitz mit Leitzahl 20 und befestigte diesen ebenso wie den ehemaligen Zweitblitz (jetzt Hauptblitz mit Leitzahl 32) unmittelbar an der Front des Tessovars. Mit dem verwendeten Klebeband bändigte ich zugleich das schlangen-

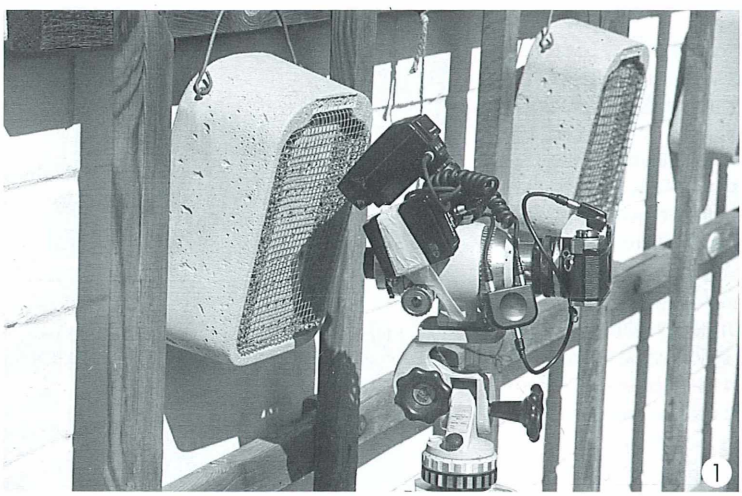


Abb. 1: Tessovar mit zwei Blitzen und Spiegelreflexkamera in Aufnahmeposition vor einer Hautflügler-Nisthilfe (Firma Schwegler). Mit dieser Ausrüstung wurden die Abbildungen 3–10 und 12 fotografiert. – Abb. 2: Erfolgreiche Nisthilfe für Hautflügler: Eine Kiste mit Lehmfüllung ersetzt altes Lehmgemäuer und lockt zahlreiche Besiedler an.

artige Kabelgewirr (Blitzanschlüsse zur Kamera). Es entstand ein kompaktes, handliches Ensemble – freilich mit dem Outfit eines bandagierten Unfallpatienten (Abb. 1). Aber wie erhofft, lieferte diese Blitzkombination deutlich kontrastreichere Aufnahmen in strahlenden Farben. Nun galt es lediglich noch, der optimierten Ausrüstung ein neues Jagdgebiet zu erschließen.

Hautflüglerleben in Lehm, Ton und Schilf

Seit langem biete ich in meinem Garten Wohngelegenheiten aus Holz, Lehm, Ton, Bambus und Schilf für Hymenopteren (Hautflügler) an (Abb. 1 und 2). Sie werden von Wildbienen, Falten- und Grabwespen sowie deren Parasiten angenommen. Das bunte Leben dieser Biozönose hatte ich bereits mit konventioneller Kameraoptik ausgiebig festgehalten. Aber nun reizte es mich, auch einmal das Tessovar an diesem Sujet zu erproben. In den sonnigen Junitagen 2006 waren an den Nisthilfen anmutige schwarz-gelbe Lehmwespen aktiv (Familie Vespidae – Faltenwespen; Unterfamilie Eumininae – Solitäre Faltenwespen = Lehmwespen). Eine *Ancistrocerus*-Art verproviantierte ihren Nachwuchs mit Kleinschmetterlingsraupen. Ich beschränke mich hier auf Gattungsangaben, weil ich die Bewohner meiner Nisthilfen weder fange noch töte. Daher fehlt bisweilen die letzte Sicherheit einer fachgerechten Artbestimmung. Anschließend vermörtelte sie den Nesteingang mit Lehm (Abb. 3 und 4). Die Landung eines Beute tragenden Weibchens am Nesteingang, das Abgraben von Lehmklümpchen und die Arbeit beim Nestverschluss sind äußerst dankbare Motive. Man mag erstaunt sein, dass die Nisthilfen mit Maschendraht versehen sind (Abb. 1; für Abb. 2 wurde dieser Draht entfernt). Diese Maßnahme dient zum Schutz gegen Meisen und Spechte, die gern verproviantierte Nester plündern. Die Lehmwespen stört das Gitterwerk nicht, wohl aber den Fotografen. Also nimmt er es für die Aufnahmen ab – und lernt wieder einmal dazu: Da schwebt eine Wespe mit ihrer Beuteraupe heran und fliegt in Schleifen suchend vor der Nisthilfe. Sie kommt dabei auch auf wenige Zentimeter an ihrem Nesteingang vorbei – ohne indes dort zu landen und einzuschlüpfen. Bis man schließlich begreift: Es fehlt das Koordinatensystem! Also halte ich das Drahtgeflecht wie ein Zirkusdompteur vor die Nisthilfe, und schon fliegt meine Wespe durch das vertraute Planquadrat zügig zu ihrer Wohnung. Wenn sie dort gelandet ist, kann ich das Gitter wegnehmen. So komme ich auch zu Bildern ohne störende Drahtmaschen.

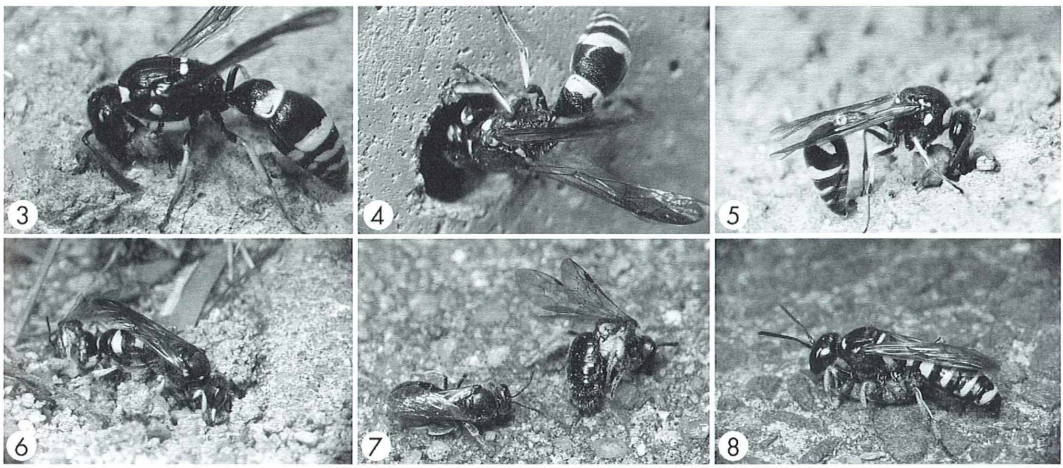


Abb. 3: Lehmwespe (*Ancistrocerus* spec.) beim Mörtelgraben an der Lehmkiste von Abbildung 2. – Abb. 4: *Ancistrocerus* mauert an einer Schwegler-Nisthilfe den Eingang des Liniennestes zu. – Abb. 5: Pillenwespe (*Eumenes* spec.) beim Mörtelgraben an der Lehmkiste von Abbildung 2. – Abb. 6: *Cerceris rybiensis* (Sphecidae) gräbt den von mir verlegten Nesteingang frei. – Abb. 7: Zwei Beutebienen der Grabwespe *Cerceris rybiensis;* links *Halictus* spec., rechts *Andrena* spec. – Abb. 8: Sand-Knotenwespe *(Cerceris arenaria)* mit erbeutetem Rüsselkäfer auf einer Gehwegplatte.

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

Die Lehmfächer (Abb. 2) dienen den Insekten auch als Baumarkt. So versorgt sich hier die Lehmwespe *Eumenes* spec. mit Mörtel für ihr kunstvolles Urnennest, welches sie freilich anderswo versteckt anlegt. Aber auch beim Abgraben eines Lehmklümpchens stellt sie ein Motiv von kaum zu überbietender Eleganz dar (Abb. 5). In ihre Grabarbeit vertieft, duldet sie die Annäherung des Tessovars auf wenige Millimeter. Ob ich diese Pillenwespe eines Tages auch beim Nestbau in meinem Garten aufnehmen kann?

Grabwespen, die „Platte machen"

Gegen Ende Juni finden sich auf den Gehwegen unserer Straße plötzlich viele Sandhäufchen. Ordnungsliebende Anwohner fegen sie beflissen weg, ja spülen sogar das Pflaster mit Wasser sauber, aber die kleinen Sandvulkane erscheinen immer wieder. Zwei Grabwespen (Sphecidae) siedeln nämlich in den Fugen der Betonplatten – Hochwild für mein Tessovar. Zunächst finde ich *Cerceris rybiensis* mit ihrer relativ sparsamen Gelbzeichnung auf dem Abdomen (Abb. 6). Diese so genannte Bienen jagende Knotenwespe trägt – ein weiteres Erkennungsmerkmal – Wildbienen in ihren unterirdischen Bau ein, die sie mit einem Stich gelähmt hat. Als paralysierte Beuteopfer fand ich Exemplare der Gattungen *Andrena* (Sandbienen) und *Halictus* (Furchenbienen; Abb. 7). Wenig später konnte ich auch zahlreiche Bauten der größeren Schwesterart *Cerceris arenaria* feststellen. Ihr Hinterkörper ist intensiver gelb geringelt und an den Segmenten markant eingekerbt (Abb. 8). Als Larvennahrung dieser Sand-Knotenwespe konnte ich Rüsselkäfer der Gattungen *Otiorrhynchus* und *Phyllobius* bestimmen. Beide Knotenwespen ließen sich auf den Gehwegplatten mit dem Tessovar auf nächste Nähe anpirschen. Wesentlich schwieriger war es, sie mit ihrer Beute am Nesteingang zu fotografieren. Die Tiere verschwinden so rasch im Bau, als wenn unsereiner im vierten Gang zur Garage hineinführe.

Hier half nur ein bewährter Trick, nämlich der Verschluss des Einganges. Um das Hindernis – ein Steinchen oder ein Blattstückchen – zu entfernen, mussten die Sandwespen intensiv graben und dafür oftmals auch ihre Beute ablegen. So konnte ich lohnende Bilder bis zur zweifachen Vergrößerung machen, wenngleich auch ein wenig am unverfälschten Brutverhalten vorbei.

Zwei imposante Herren

Am vorletzten und letzten Junitag 2006 entdeckte ich in meinem Garten zwei eindrucksvolle Wildbienenmännchen. Zunächst fiel mir bei einem abendlichen Gang ein Männchen der Blattschneiderbiene (*Megachile* spec.) auf: Es hatte sich – andere Tiere, andere Sitten – zur Nachtruhe mit den Kiefern am Maschendraht festgebissen (Abb. 9). Ohne Mühe konnte ich es in dieser (nicht nur für diese Bienenart) typischen Schlafhaltung bis über das Vergrößerungsverhältnis 2:1 ablichten. Wenn doch alle Insekten diese Ruhe weghätten.

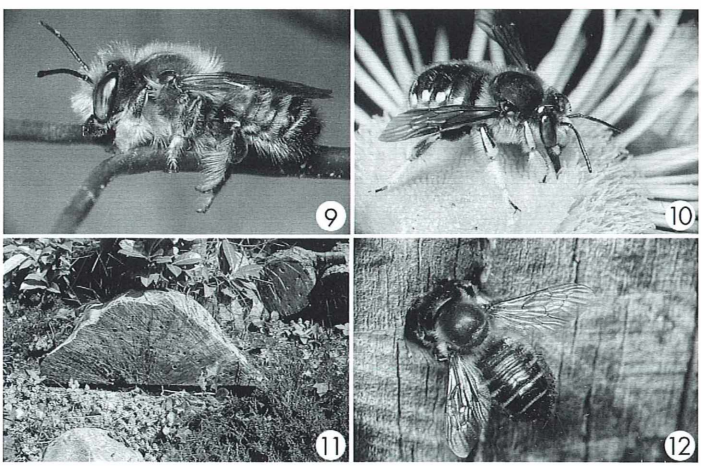


Abb. 9: Männchen einer Blattschneiderbiene (*Megachile* spec.) in Schlafhaltung. – Abb. 10: Männchen der Wollbiene (*Anthidium* spec.) auf einer Blüte von *Telekia speciosa*. – Abb. 11: Holzklotz mit Bohrlöchern als Ersatz für wurmstichige Balken alter Fachwerkhäuser und Nistplatz für Hautflügler (hier Blattschneiderbienen). – Abb. 12: Weibchen einer Blattschneiderbiene (*Megachile* spec.) am Nesteingang. In der Sammelbürste unter dem Hinterleib befindet sich roter Lilienpollen.

Am nächsten Tag hatte ein offenbar frisch geschlüpftes Männchen der Wollbiene (*Anthidium* spec.) seinen Auftritt. Das schwarz-gelbe Prachtexemplar steppte gleichsam auf einer Telekie-Blüte mit seinem Rüssel die Randblüten durch und schlürfte dabei Nektar. Kein Problem also, seinen Kurs auf dem Blütenkorb abzuschätzen und das Tier trotz geringer Tiefenschärfe Format füllend ins Visier zu nehmen. Diese Gelegenheit bot sich allerdings nur so lange, bis das Männchen artgemäß ein Revier im Vorgarten bezog. Hier flog es immer wieder dieselben Trachtpflanzen ab. Andere Insekten wurden im Fluge angegriffen und verjagt, weibliche Artgenossinnen beim Blütenbesuch (möglichst) begattet. Schnappschüsse der flüchtigen Besuche am Filz-Ziest (*Stachys byzantina*), der jetzt bevorzugten Nahrungsquelle, waren ungleich schwieriger als während des geruhsamen Wanderns auf den flächigen Telekie-Korbblüten.

Ein glücklicher Zufall führte mich dann im Juli auch zu den Weibchen der Blattschneiderbienen. Sie hatten in unserer Straße einige Häuser weiter einen Holzklotz mit Bohrlöchern besiedelt (Abb. 11). Aufgefallen waren sie dem Nachbarn dadurch, dass sie die Bohrgänge im morschen Holz fleißig erweiterten und ganze Häufchen heller Raspelspäne auswarfen. Etwa zehn Weibchen bildeten eine Wohngemeinschaft, so dass es an Fotogelegenheiten nicht mangelte. Alsbald fiel mir auf, dass die Sammelhaare auf der Bauchunterseite mit leuchtend rotem Pollen gefüllt waren. Woher mochte diese auffällige Tracht stammen? Des Rätsels Lösung ergab sich, als ich auf unserer Terrasse eben diese Blattschneiderinnen in Lilienblüten sammeln sah. Wenn sie dabei auch zum Nektargenuss am Grunde der tiefen Kelche angelangt waren, gestaltete sich der Wiederaufstieg als mühsame Rutschpartie an den glatten Blütenblättern – natürlich ein weiteres Tessovar-Motiv! Wie zuvor bei den Sandwespen musste ich auch am Holzklotz die Löcher verstopfen, wollte ich die Bienen beim Polleneintragen und Nestverschluss fotografieren (Abb. 12). Und obwohl ich an Blättern in der Umgebung etliche "Schnittmuster" fand, war es mir nicht vergönnt, eine Blattschneiderin bei dieser Arbeit im Bilde festzuhalten. Dies, der Nestbau einer Pillenwespe sowie einer Wollbiene stehen auf meiner Wunschliste für den kommenden Sommer.

Metaphysisches

Das Tessovar hatte mir einen erlebnis- und ergebnisreichen Fotosommer verschafft. Allerdings kann ich rückblickend bei aller Wertschätzung dieses Geräts nicht sagen, was an der gewichtigen Zoomlupe mit Blitzgeräten und Kamera (3200 g) besser wäre als die bewährten Kameraobjektive (38 mm, 50 mm, 80 mm) mit erforderlichem Auszug. Wohl ist die bequeme Variation des Vergrößerungsmaßstabes per Knopfdrehung ein Vorzug. Auch gewährleistet die Anfangsvergrößerung (bei meinem Adapter 1,25:1), dass man Insekten von Bienenformat in ansprechender Größe auf dem Dia und auf der Leinwand wieder findet. Dafür zahlt man mit erheblichem Ausschuss. Blendet man das Tessovar beim Fotografieren auf „3" ab, (3 = erfordert die dreifache Lichtmenge gegenüber der Ausgangsblende „1"), beträgt die reale Blende bei 1,25:1 etwa 1:50. Das erfordert viel Licht, bietet aber immerhin circa 4 mm Abbildungstiefe. Bei weiterer Vergrößerung auf 2:1 kann die Realblende (ebenfalls bei „3") bei 1:75 liegen. Die Tiefenschärfe verringert sich dann auf etwa 1,7 mm. Alles in allem – keine Vorzüge gegenüber traditioneller Kameraoptik. Es sei denn dieser Effekt, dass das Tessovar mich stimulierte, lohnende Motive zu suchen und ein wahrhaft gutes, altes Stück Präzisionsoptik nicht ungenutzt liegen zu lassen. Und wie so oft führt der Weg über das Medium tiefer hinein in die Biologie. Diese Erfahrung machte ich auch im „Hautflügler-Sommer" 2006.

Ach ja, da war noch etwas: Als ich einmal mit der mattsilbernen Zoomlupe in der Hand wieder auf dem Wege zu den Blattschneiderbienen war, staunte ein Passant nicht schlecht: *Was haben Sie denn da für eine tolle Spezialkamera?* Na also!

Literaturhinweise

Bellmann, H.: Bienen, Wespen, Ameisen. Franckh-Kosmos-Verlag, Stuttgart 1995.

Lüthje, E.: Ein Tessovar auf Fliegenfang. Freilandaufnahmen mit der Zeiss-Zoom-Fotolupe. Mikrokosmos 95, 203–206 (2006).

Müller, A., Krebs, A., Amiet, F.: Bienen. Naturbuch-Verlag , München 1997.

Witt, R.: Wespen. Naturbuch-Verlag, München 1998.

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

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

LED-Beleuchtung für das Stereomikroskop

Wolfgang Bettighofer

Seit Jahren dient mir das Stereomikroskop nicht nur als Präparierlupe, sondern es ist ein selbständiges Instrument der Naturbeobachtung, vornehmlich der Lebensvorgänge im Wassertropfen. Da die Abbildungsleistung der Mikroskope nicht unerheblich vom Beleuchtungsstrahlengang abhängt, ist es für mich immer interessant, durch Variation in der Beleuchtungstechnik zu versuchen, die Abbildungsqualität meiner Ausrüstung zu verbessern.

Bisher war meine Beleuchtungsapparatur derart aufgebaut, dass mit zwei Schwanenhals-Lichtleitern Durchlicht- oder Auflicht-Dunkelfeld realisiert werden konnte. Das neue Zeiss Stereomikroskop *Discovery*, welches bei den internationalen Mikroskopietagen in Hagen 2006 vorgestellt wurde, hat zusätzlich zur Beleuchtung von oben eine dimmbare und in Segmenten schaltbare LED-Beleuchtung von unten. Es wurde gezeigt, dass Durchlicht-Dunkelfeld, als ein-, zweiseitig oder ringförmig-schräge Beleuchtung eingesetzt (gegebenenfalls in Kombination mit Auflicht), eine sehr plastische Darstellung der Objekte unterstützt. Dies gab den Anstoß, eine ähnliche, vereinfachte Konstruktion selbst zu bauen, welche ein- oder beidseitig schräge Beleuchtung zulässt. Es galt, eine Montageplattform für LEDs zu entwerfen, die flexibel handhabbar sein sollte, und die es gestattet, die einzelnen LEDs variabel auszurichten.

Das Konstruktionsprinzip

Je drei LEDs werden nebeneinander auf einem Schwanenhals-Rohr montiert. Sie strahlen im Winkel von 90° zum Schwanenhals. Jede ist einzeln am Schwanenhals so montiert, dass sie um dieses biegsame Metallrohr nach oben und unten gedreht werden kann.
Als Stromversorgung dient das Modul *Dimmbare Stromversorgung für 1-W-LUXEON-LEDs 350 mA*, wie es beispielsweise bei www.led-shop24.de erhältlich ist. Diese Stromquelle, die ohne Trafo auskommt und nicht viel größer als eine Streichholzschachtel ist, kann maximal 10 der 1-W-LEDs betreiben. Die LEDs sind in Reihe zu schalten, auf die Polung ist zu achten. Mittels eines Schiebeschalters vom Typ 3 × UM wird Folgendes einstellbar: Linkes Segment an, beide Segmente an, rechtes Segment an. Wie zu verbinden ist, zeigt der Beispiel-Schaltplan (Abb. 1). Die übersichtliche Schaltung ist deswegen abgedruckt, weil Stromquellen anders zu beschalten sind als die gewohnten Spannungsquellen (Batterien, Netzteile). Alle Komponenten für die Stromversorgung und Steuerung können bequem in einem kleinen Gehäuse (z.B. Bopla Gehäuse Systeme GmbH) untergebracht werden.
Als Leuchtdioden werden LUXEON LED Star/O LXHL-NWE8 eingesetzt, da ihre Optik den Strahl auf 10° bündelt. Als Montagegerüst dienen zwei USB-Schwanenhälse (Beispielbezeichnungen für eine Google-Suche: HAMA USB Verlängerung Schwanenhals oder USB Schwanenhals Lampe), circa 40 cm lang, welche zum Beispiel auf einer PVC-Grundplatte fixiert werden.
Um die LEDs justierbar am Schwanenhals zu befestigen, werden sie auf Kühlkörper aus leicht verformbarem Alublech montiert und mittels 4 mm dickem PVC-Plattenmaterial und

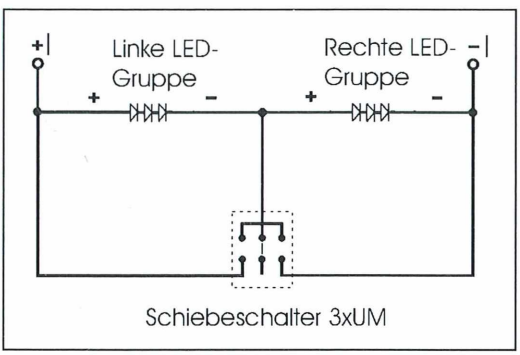


Abb. 1: Schaltplan für Schiebeschalter 3 × UM: LED-Stromquelle (+I, –I).

© Elsevier GmbH. Alle Rechte

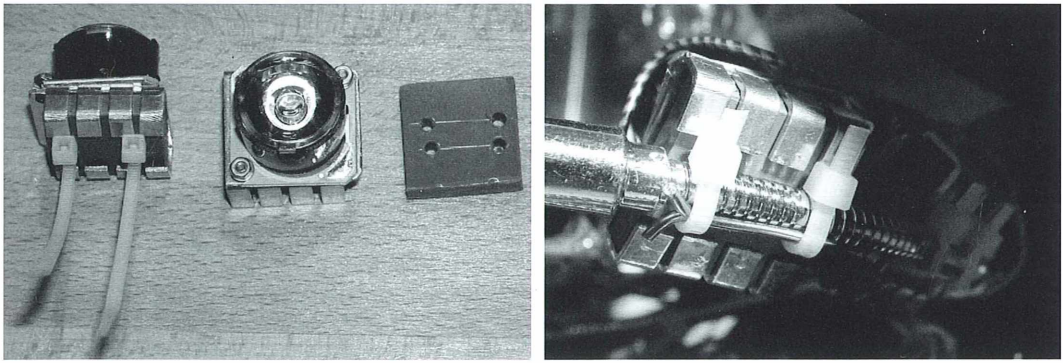


Abb. 2: Montage der LEDs an den Schwanenhals.

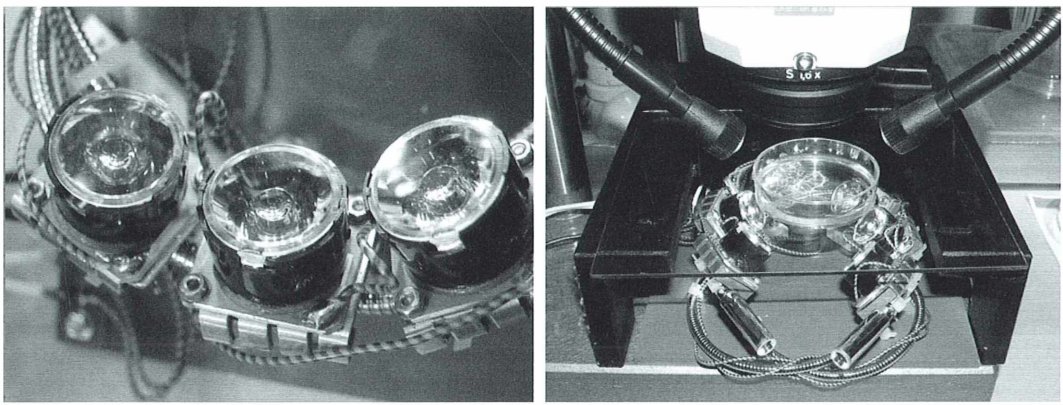


Abb. 3: Gesamter Aufbau; Beleuchtung im Einsatz.

Kabelbindern der kleinsten Ausführung (Type 2,5 × 100 mm) eine Fixiervorrichtung geschaffen (Abb. 2). Die umgebogenen Kühlflügel dienen dabei auch als Klemmhalterung für die PVC-Platten mit den durchgesteckten Kabelbindern. Die Kühlkörper werden selbstverständlich auch wegen ihrer bestimmungsgemäßen Funktion benötigt. Denn die LEDs besitzen eine wesentlich längere Lebensdauer, wenn ihre Arbeitstemperatur niedrig gehalten wird.
Die Schwanenhälse werden so gebogen, dass die beiden LED-Gruppen von links und rechts (jeweils im Viertelkreis) das Objekt beleuchten (Abb. 3). Das Ganze ist nur dann handhabbar, wenn man unter dem Objekttisch entsprechend Platz schafft. Eine Aufbauidee zum Tisch wurde vor Kurzem beschrieben (Bettighofer, 2007).

Das Ergebnis

Die LED-Beleuchtung ist erstaunlicherweise deutlich heller als eine 150-W-Kaltlichtbeleuchtung; beim Dimmen bekommt man außerdem keine rote Farbverschiebung. Bei Beobachtungen im Mikroaquarium (Petrischale, Uhrglas) ist meist nur die Durchlicht-Dunkelfeld-Beleuchtung nötig, bei manchen transparenten Objekten ist eine Kombination von Durch- und Auflicht optimal. Die Beispielaufnahmen (Abb. 4) geben einen Eindruck, wie unterschiedlich die Beleuchtungsoptionen wirken, und dass situationsbedingt die eine oder andere Variante besser zum Beobachtungsgegenstand passt. Den Helligkeits- und Kontrastvorteil gegenüber der 150-W-Kaltlichtbeleuchtung können diese Bilder, die bewusst nicht digital nachbearbeitet wurden, nur andeuten.

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

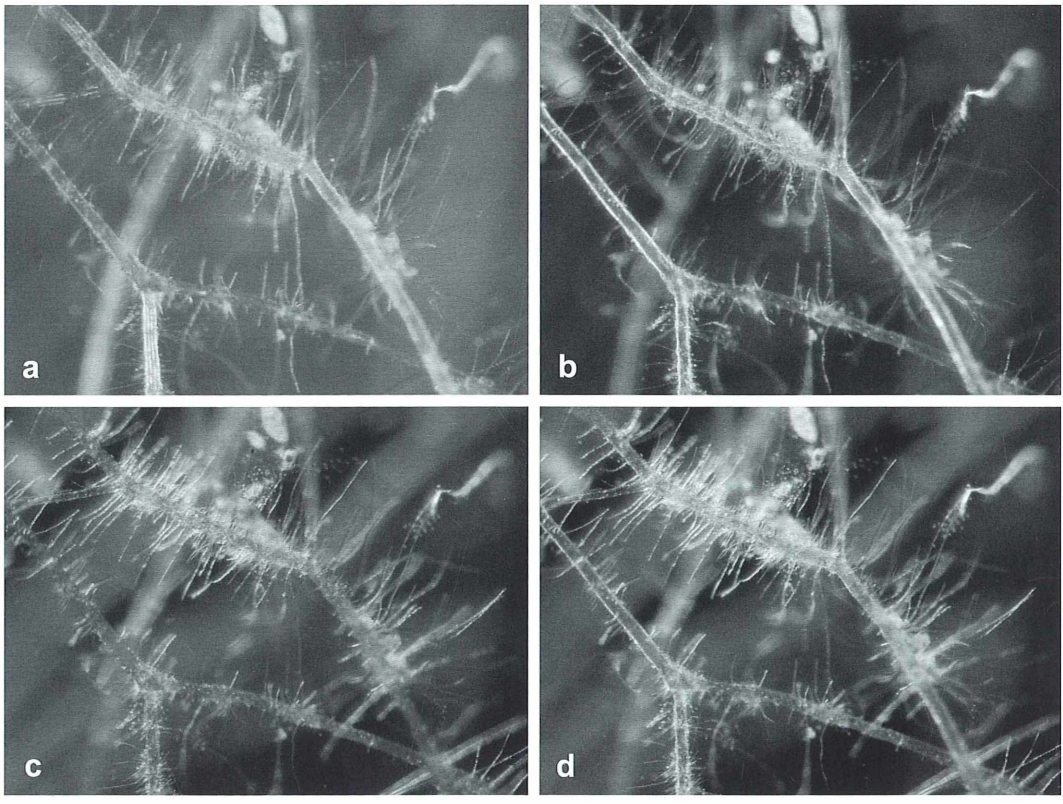


Abb. 4: *Cladophora*: Auflicht von beiden Seiten (a), Durchlicht-Dunkelfeld von links (b), von rechts (c), von beiden Seiten (d).

Literaturhinweis

Bettighofer, W.: Das Stereomikroskop als vollwertiges Beobachtungsinstrument für Mikro-Objekte. Mikrokosmos 96, 188–189 (2007).

Verfasser: Wolfgang Bettighofer, Rutkamp 64, 24111 Kiel,
E-Mail: wolfgang.bettighofer@gmx.de

Aus den Arbeitsgemeinschaften

Treffen der Mikroskopischen Arbeitsgemeinschaft Mainfranken

Die Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken lädt ein zum Treffen im BIO-Zentrum der Universität Würzburg in Gerbrunn-Hubland.

Gäste sind immer herzlich willkommen.

Termin: Samstag 13. Oktober 2007, pünktlich um 10 Uhr

Treffpunkt: Am Hubland, letzte Einfahrt links, letzter Parkplatz an der Rückseite des Gebäudekomplexes des BIO Zentrums.

Geplante Themen:

PD Dr. Rainer Wolf:
Theorie und Praxis des Köhlerns

Robin Wacker:
Mikrotomschnitte und Färben, praktische Arbeit (Hämatoxylin + Eosin/HE AS mit Astrablau und Safranin), vormittags ca. 2 Stunden

D. Thormann:
Verschiedene Schliffe (Dias)

Anfragen an:
Joachim Stanek, Am Moosrangen 28, 90614 Ammerndorf, Tel.: 091 27/88 32, E-Mail: info@stanek.name

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

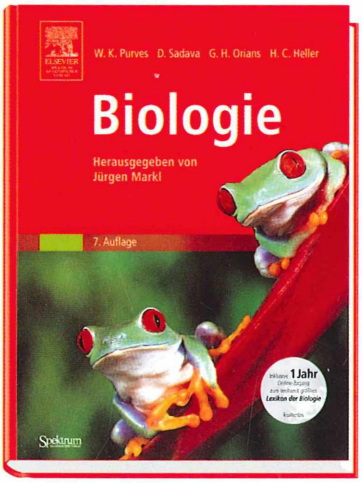
Mikrokosmos
5/2007 1 (6)

510543
Bibliothek des OÖ.
Landesmuseums

Museumstraße 14
4020 Linz

300229

www.spektrum-verlag.de



- **Enthält alle Teildisziplinen der Biologie**
- **Exzellent bebildert**
- **inklusive 1 Jahr kostenlosem Online-Zugang zum *Lexikon der Biologie*!!**

William K. Purves et al.
Biologie
Herausgegeben von Jürgen Markl

In den USA gehört Purves **Biologie** schon seit vielen Jahren zu den äußerst erfolgreichen Lehrbüchern. Unter der Regie von Jürgen Markl glänzt das exzellent bebilderte Werk auch in deutscher Sprache durch die überaus verständliche (aber nicht zu oberflächliche!) Darstellung sämtlicher Teildisziplinen der Biologie – didaktisch meisterhaft aufbereitet und um neueste Erkenntnisse und Methoden erweitert.

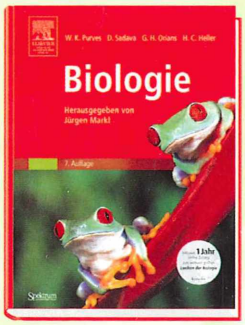
7. Aufl. 2006, 1.577 S., 1.324 Abb. ,geb.
im Paket mit kostenlosem Online-Zugang
„Lexikon der Biologie" (für 1 Jahr)
€ (D) 89,50 / € (A) 92,10 / sFr 138,–
ISBN 978-3-8274-2007-7

Treuer Studienfreund – Ein kluges Lehrbuch für Biologen!

„Auf rund 1500 Seiten ist der komplette Stoff des Grundstudiums sorgfältig aufgearbeitet und didaktisch klug präsentiert. Die deutsche Ausgabe wurde gegenüber dem Original an vielen Stellen erweitert, etwa durch kurze Essays am Ende eines Kapitels."
FAZ

Ein unschlagbares Paket für Studium & Beruf:

+



Purves, **Biologie** enthält jetzt einen besonderen Lexi-Bissen: Zusammen mit dem Purves erhalten Sie für die Dauer von 1 Jahr einen kostenlosen Online-Zugang zum 14-bändigen **Lexikon der Biologie**, dem weltweit größten Biologie-Lexikon!!!

- Purves, **Biologie** – das umfassende Lehrbuch der gesamten Biologie mit all ihren Teildisziplinen
- Online-Zugang zum **Lexikon der Biologie** mit insgesamt 75.000 Stichwörtern, 400.000 Verweisen, 1.000 Biografien, 57 enzyklopädischen Artikeln zu aktuellen Themen u. v. m.

Ausführliche Information finden Sie unter www.spektrum-verlag.de

Sämtliche Preise verstehen sich inkl. Umsatzsteuer, zzgl. Versandkosten – Preise unter Vorbehalt.

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: 96_5

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 96_5 1