II P0372/89,1

F 20582

MIKROKOSMOS

URBAN & FISCHER

Januar 2000
89. Jahrgang
Heft 1
ISSN 0026-3680

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

O.Ö. MUSEUM BIBLIOTHEK

MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von Klaus Hausmann (Berlin)
Redaktionsassistentin: Gundula Walz (Potsdam)

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

Inhalt

Artikel

1 Fluoreszenz- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an der Seeanemone *Anemonia sulcata* Pennant (Cnidaria, Anthozoa)
Jörg Wiedenmann und Ute Lorenz

7 Wissenswertes über und Erfahrungen mit Kugellinsen
Klaus Meyer

15 5. Sommerworkshop (1999) in der Alten Amtsmühle am Krüselinsee der Feldberger Seenlandschaft – Eine Gemeinschaftsunternehmung der Humboldt-Universität zu Berlin und der Arbeitsgemeinschaft BONITO
Wolfgang M. Richter und Georg Kubsch

19 Die Mikroskopie entschleiert die Naturgeheimnisse Ein allegorisches Titelkupfer zu Leeuwenhoeks Werken
Rainer Hendel

23 Die Stachel der Griffelseeigel
Wolfgang Hasenpusch

29 Eine Einführung in die Dendrochronologie
Susanne Schödel

33 Leuchtdioden (LEDs) als Lichtquellen für die Mikroskopie
Gerhard Göke

39 Wassergebundene Lebensräume Anpassung der mikroskopischen Organismen am Beispiel See
Werner Nachtigall

45 Stereofotografie mit dem Makroskop Leica (Wild) M 420
Jürgen Schrodt

Rubriken

6, 22, 27, 56
Buchbesprechungen

14, 18, 38, 43
Kurze Mitteilungen

28
Nachrichten

32
Aus der Industrie

37
Neue Medien

61
Aus den Arbeitsgemeinschaften

62
Mikro-Markt

64
Impressum

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

Melden Sie sich an:
http://www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos

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

Umschlagabbildung: Der Querschnitt eines Tentakels der Wachsrose *Anemonia sulcata* (Varietät *smaragdina*) unter dem Fluoreszenz-Mikroskop. Siehe Artikel J. Wiedenmann und U. Lorenz, S. 1–6.

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

Fluoreszenz- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an der Seeanemone Anemonia sulcata Pennant (Cnidaria, Anthozoa)

Jörg Wiedenmann und Ute Lorenz

Jeder, der sich schon einmal mit Taucherbrille und Schnorchel ausgerüstet die Unterwasserfauna der felsigen Buchten in Mittelmeer und Atlantik angesehen hat, kennt sie, die Wachsrose *Anemonia sulcata*. Aufgrund ihrer Größe, Häufigkeit und teilweise prächtigen Färbung zählt die Wachsrose zu den auffälligsten Seeanemonen. Der pflanzlich anmutende Name beschreibt treffend ihre Ähnlichkeit zu Blüten, nichtsdestotrotz gehört *Anemonia sulcata* zu den Nesseltieren (Abb. 1).

Manche dieser Nesseltiere erreichen mit einem Durchmesser von bis zu 15 cm eine beachtliche Größe, dennoch stellen sie reizvolle Objekte für mikroskopische Untersuchungen dar, die viel über ihre Lebensweise und Ernährungsgewohnheiten verraten.

Der Bauplan einer Seeanemone

Die Wachsrose weist wie alle Nesseltiere einen sehr einfachen Körperbau auf: Zwei Zellschichten umschließen einen wassergefüllten Hohlraum, den Gastralraum, welcher nur über die Mundöffnung mit der Außenwelt in Verbindung steht (Abb. 2). Die äußere der umschließenden Zellschichten, das Ektoderm, bildet die Körperdecke, die innere Schicht, das Entoderm, kleidet den Gastralraum aus. Bei beiden Zellschichten handelt es sich um Mischgewebe, da mehrere Zelltypen mit unterschiedlichen Funktionen in ihnen vereinigt sind. Zwischen Ento- und Ektoderm liegt eine formgebende Stützschicht aus Kollagenfibrillen und Glycoprotein-Polymeren, die sogenannte Mesogloea. Im Bereich des Schlundrohres, welches sich an die Mundöffnung anschließt, ist

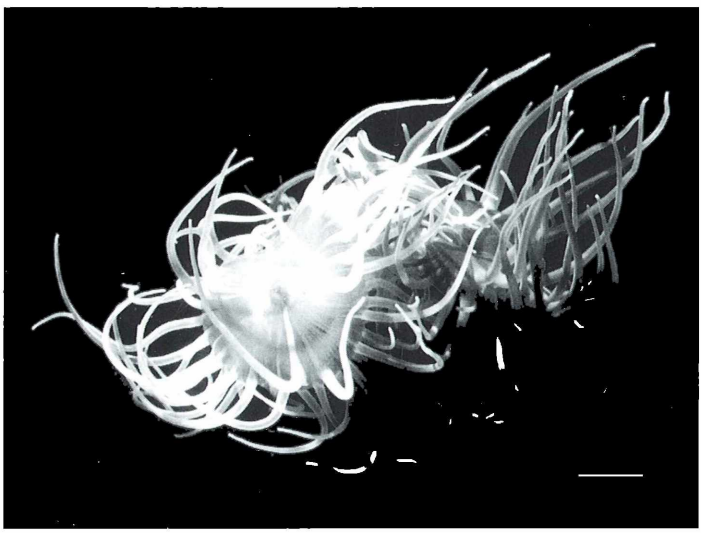


Abb. 1: Zwei Exemplare der Wachsrose *Anemonia sulcata* (Varietät *rustica*). Das rechte Tier ist durch eine normale Besiedelung mit symbiontischen Algen dunkel gefärbt. Die weiße Färbung des linken Tieres wird durch einen geringen Besatz mit Zooxanthellen verursacht. (Maßbalken: 1 cm).

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

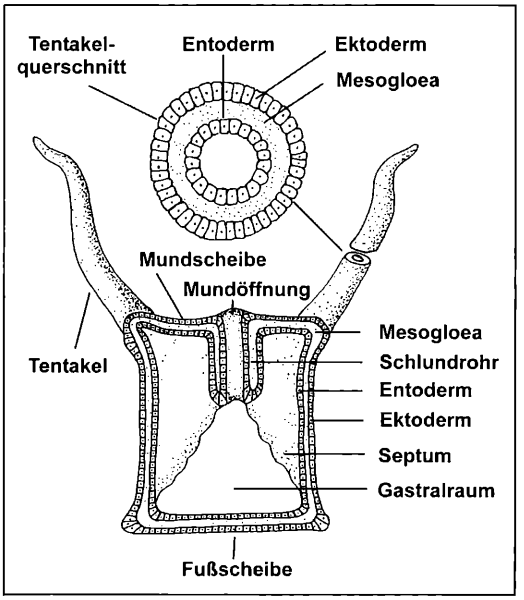


Abb. 2: Schematische Darstellung des Bauplans der Wachsrose.

der Gastralraum durch entodermale Einfaltungen, den Septen, in nach unten offene Kammern unterteilt. Der dreischichtige Aufbau ist auch im Bereich der Tentakelkrone verwirklicht, das heißt, die hohlen Tentakel setzen sich ebenfalls aus Ektoderm, Entoderm und Mesogloea zusammen. Die davon umschlossenen Hohlräume stehen mit dem Gastralraum in Verbindung (Kükenthal und Renner, 1980). Die Tiere leben in Symbiose mit einzelligen Algen, welche in großer Zahl in den Zellen des Entoderms beherbergt werden. Diese Algen gehören zu den Dinoflagellaten der Gattung *Symbiodinium* und werden aufgrund ihrer bräunlichen Färbung allgemein als Zooxanthellen bezeichnet (Muscatine, 1974).

Die Farbvarietäten der Wachsrose

Bereits im vergangen Jahrhundert wurde eine Vielzahl von Farbvarietäten der Wachsrose beschrieben (Gosse, 1860; Andres, 1881, 1883). Für zwei dieser Varietäten, var. *rustica* und var. *vulgaris* wurde unlängst gezeigt, dass es sich um eigene Arten handelt (Bulnheim und Sauer, 1984). Die Variabilität der Farben wurde bislang auf den Einfluß der Zooxanthellen zurückgeführt (Fechter *et al.* 1985; Valentin, 1986; Göthel, 1992; Moosleitner und Patzner, 1995).

Allerdings sind die Zooxanthellenpigmente, hauptsächlich Chlorophyll a und das bräunliche Carotinoid Peridinin, nur für die Brauntöne der Farbvarietäten verantwortlich. Die verschiedenen Grün- und Rottöne hingegen, anhand derer die Einteilung in die verschiedenen Farbvarietäten erfolgte, werden durch tiereigene Pigmente hervorgerufen. Aufgrund der spektralen Eigenschaften dieser Farbstoffe lassen sich vier unterschiedliche Pigmente unterscheiden. Zwei grünfluoreszierende Pigmente (GP499/522), die stets gemeinsam vorkommen, ein orangefluoreszierendes Pigment (OP) und ein nicht fluoreszierendes, rotes Pigment (RP). Biochemische Eigenschaften dieser Farbstoffe deuten darauf hin, dass es sich um Proteine handelt. Die Pigmente sind in charakteristischer Weise im Ektoderm von Vertretern der unterschiedlichen Farbvarietäten lokalisiert. Betrachtet man die grünen, orangen und roten Farbstoffe als maßgeblich für die Einteilung der Farbvarietäten, so lässt sich die Vielzahl der beschrieben farblichen Erscheinungsformen der Wachsrose auf fünf echte Varietäten reduzieren, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind. Die restlichen Spielarten müssen als Vertreter der echten Farbvarietäten gesehen werden, die sich aufgrund von unterschiedlichem Gehalt an Zooxanthellenpigmenten in der Brauntönung unterscheiden. Die ektodermalen Pigmente der verschiedenen Varietäten, speziell

Tabelle 1: Lokalisation der ektodermalen Pigmente bei den Farbvarietäten der Wachsrose (GP499/522 = grünfluoreszierende Pigmente, OP = orangefluoreszierendes Pigment, RP = rotes Pigment).

Farbvarietät	Ektodermale Pigmente	Lokalisation
var. *rustica* (Gosse, 1860)	keine	–
var. *vulgaris* (Andres, 1883)	RP	Tentakelspitzen
var. *viridis* (Andres, 1883)	GP499/522	Tentakel
var. *smaragdina* (Gosse, 1860)	GP499/522	Tentakel
	RP	Tentakelspitzen
var. rufescens (Andres, 1883)	GP499/522	Tentakeloberseite
	OP	Tentakelunterseite
	RP	Tentakelspitzen

O.Ö. LANDES
BIBL
Inv.Nr. 175/2000

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://w

das rote Pigment der Tentakelspitzen, sind meist schon bei Tageslicht zu erkennen. Besonders deutlich wird das Vorhandensein der grünen und orangen Pigmente im Ektoderm bestimmter Varietäten bei Betrachtung der Tiere unter ultraviolettem Licht. Die Pigmente zeigen dann eine beeindruckende grüne bzw. orange Fluoreszenz. Bei einer Untersuchung von Tentakelquerschnitten im Fluoreszenz-Mikroskop zeigt diese Fluoreszenz deutlich die ektodermale Lokalisation der Farbstoffe an (Titelbild). Neben den Pigmenten der Ektodermis fluoresziert auch das Chlorophyll a der Zooxanthellen bei einer Anregung mit ultraviolettem Licht. Dadurch leuchtet bei Dünnschnitten das Entoderm der Tiere in einem rötlichen Licht. Erste Untersuchungen der ökologischen Bedeutung der ektodermalen Pigmente deuten darauf hin, dass die Farbstoffe einen Schutz der Tiere und ihrer symbiontischen Algen vor zu hohen Strahlungsintensitäten im flachen Wasser darstellen. Die Pigmente scheinen im Cytoplasma des Ektoderms gelöst zu sein, denn elektronenmikroskopische Untersuchungen lassen keinen Schluss auf eine Lokalisation in speziellen Pigmentgranula zu.

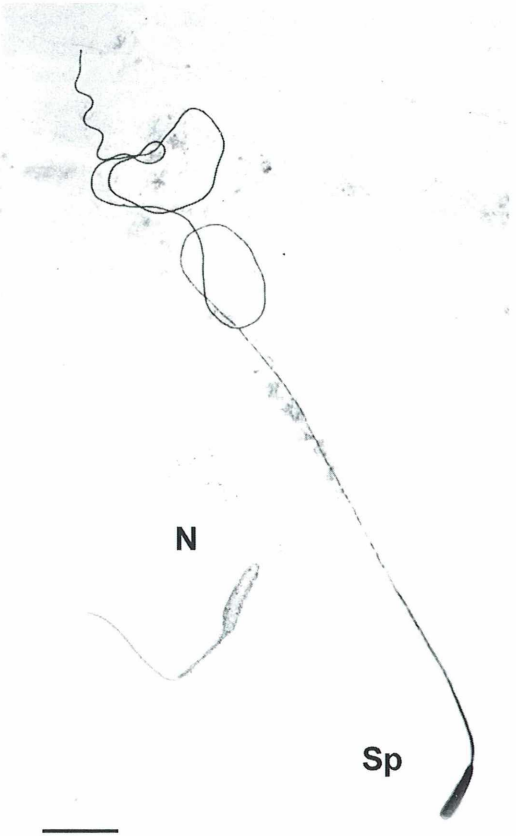


Abb. 3: Nesselkapseln aus dem Ektoderm der Wachsrose mit herausgeschleuderten Nesselfäden. Die Spirocyste (Sp) zeichnet sich durch einen langen Faden mit gleichmäßigem Durchmesser aus. Der Faden der Nematocyste (N) unterscheidet sich dahingegen durch seine Länge und den größeren Durchmesser an der Basis. (Maßbalken: 50 µm).

Strukturelle Besonderheiten und ihr Zusammenhang mit der Lebensweise

Bei einer mikroskopische Untersuchung der Wachsrose offenbaren sich einige Besonderheiten, die im Zusammenhang mit der systematischen Stellung der Tiere und ihrer Lebensweise stehen. Die auffälligste Struktur des Ektoderms der Tentakel sind die Nesselkapseln oder Nematocysten, die dem Stamm der Nesseltiere ihren Namen gegeben haben. Die sekretgefüllten Kapseln sind im Inneren mit einem feinen Schlauch ausgestattet und in speziellen Zellen, den Nematocyten, eingelagert. Die Nesselkapseln dienen dem Schutz der Tiere und dem Beuteerwerb. Bei einer Reizung „explodieren" diese Kapseln und der Hohlfaden wird mit großer Kraft herausgeschleudert, wobei sich sein Inneres, gleich einem umgestülpten Handschuh, nach außen kehrt (Abb. 3). Seeanemonen besitzen mehrere Typen dieser Nematocysten, die sich in der Form des Nesselfadens und seiner Bedornung, der Bewaffnung, unterscheiden. Einige Typen der Nematocysten sind mit zum Teil hochwirksamen Giften gefüllt, die durch den ausgeschleuderten Nesselfaden in den Angreifer oder die Beute injiziert werden und diese lähmen oder töten (Kükenthal und Renner, 1980). Die Wachrose ist so in der Lage, auch größere Fische und Krebse zu ergreifen und zu verschlingen. Selbst beim Menschen führt der Kontakt mit den Nesselzellen der Wachsrose im Bereich dünnerer Hautschichten zu empfindlichen Verbrennungen.

Neben den Nematocysten kommen zahlenmäßig weitaus häufiger die sogenannten Spirocysten im Ektoderm der Wachsrose vor. Trotz der Ähnlichkeit zu den Nematocysten – auch

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

die Spirocysten sind Kapseln, die im Inneren einen aufgerollten Schlauch besitzen, welcher bei Reizung nach außen geschleudert wird – werden die Spirocysten aufgrund einzigartiger chemischer und physikalischer Merkmale nicht zu den Nematocysten im engeren Sinn gezählt (Abb. 3). Die Spirocysten zeichnen sich durch eine dünne, einwandige Kapsel aus, in deren Inneren der lange, unbewaffnete Faden spiralig aufgerollt liegt. Der Faden ist durch einen gleichmäßigen Durchmesser gekennzeichnet und besitzt im unentladenen Zustand stäbchenartige Fortsätze (Abb. 4). Diese Fortsätze verlängern sich beim herausgeschleuderten Faden zu feinen Fibrillen, die den Faden netzartig umgeben. Die netzartige Struktur erscheint geeignet, dass sich zum Beispiel Borsten von Krebsen in ihr verfangen. Daher wird angenommen, dass die Spirocysten dem Festhalten von Beutetieren dienen (Marsical, 1974).

An der Oberseite der ektodermalen Zellen finden sich zahlreiche Ausstülpungen, die sogenannten Mikrovilli (Abb. 4). Durch sie wird die Oberfläche der ektodermalen Zellen um ein Zehnfaches vergrößert. Neben dem Gasaustausch dient die große Oberfläche der Aufnahme von organischen Substanzen, wie gelösten Aminosäuren und Zuckern aus dem umgebenden Meerwasser. Auf diese Weise können Seeanemonen bis zu 40% ihres Energiebedarfs abdecken (Shick, 1991).

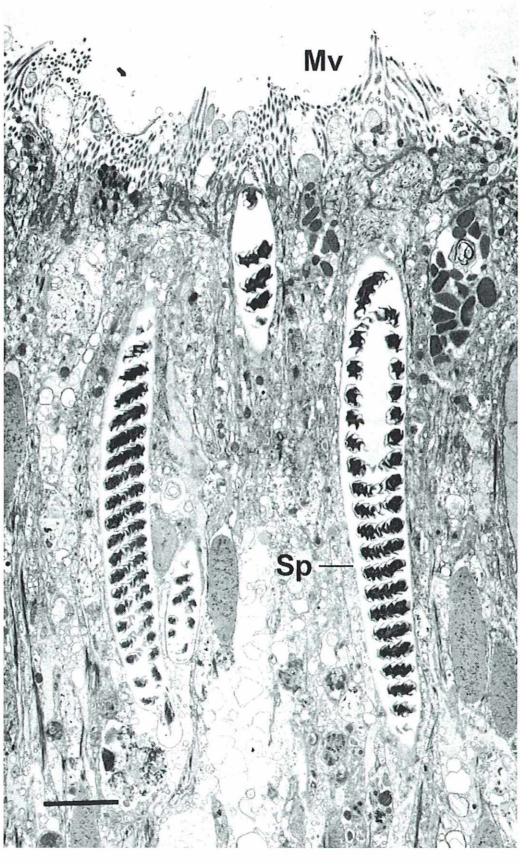
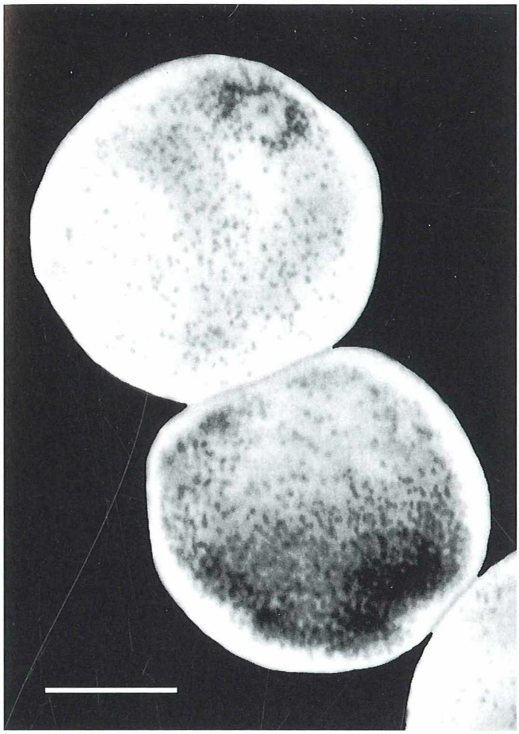


Abb. 4: Querschnitt durch das Ektoderm der Wachsrose. Charakteristisch für die eingelagerten Spirocysten (Sp) sind die dünne Kapselwand und der spiralig aufgerollte Faden, der mit stäbchenartigen Strukturen besetzt ist. Die Oberfläche der ektodermalen Zellen wird durch zahlreiche Ausstülpungen, den Mikrovilli (Mv), stark vergrößert. (Maßbalken: 5 µm).

Die Zooxanthellen

Neben der Aufnahme von Nahrung in Form von Beutetieren und gelösten organischen Verbindungen steht der Wachsrose noch eine weitere Energiequelle zur Verfügung: Die Symbiose mit den Zooxanthellen. Aufgrund dieser verschiedenen Ernährungsweisen werden die Tiere als polytrophe Organismen bezeichnet. Wie eingangs erwähnt, handelt es sich bei den Zooxanthellen der Wachsrose um Panzergeißler, um Dinoflagellaten, jedoch haben die Algen ihre namesgebenden Merkmale, nämlich den schützenden Panzer und die der Fortbewegung dienende Geißel, abgelegt. Für die Zooxanthellen sind diese Körperteile unnütz geworden, sind sie doch durch das Leben in den entodermalen Zellen der Seeanemone hinreichend geschützt. Auch die Fähigkeit der eigenständigen Fortbewegung, etwa zum Aufsuchen eines neuen Wirtstieres, ist im Fall der Symbiose mit der Wachsrose unnötig, denn die Algen werden über die Eier vom Muttertier direkt an die Nachkommen weitergegeben (Abb. 5). In elektronenmikroskopischen Aufnahmen erscheinen die Zooxanthellen als kugelige, kontrastreiche Strukturen, die zahlreich in den Zellen des Entoderms liegen (Abb. 6). Innerhalb der Periplast genannten Körperhülle der Algenzellen ist der peripher gelagerte Chloroplast mit den charakteristischen Membranstapeln zu erkennen. Im Chloroplasten liegt ein als Pyrenoid bezeichneter Bezirk, welcher als Zentrum der Stärkeproduktion gilt. Zumeist

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://w



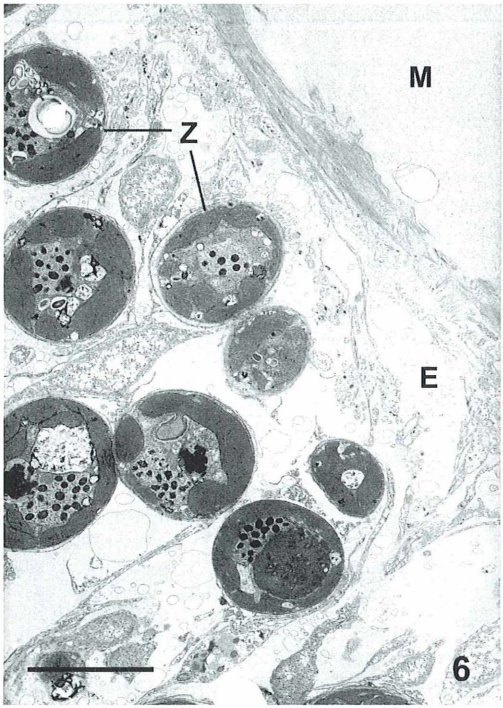
ist er von einer Stärkeschicht umgeben. Eine auffällige Stuktur ist auch der Zellkern, in welchem bis zu 15 Chromosomen zu erkennen sind. Im Weiteren finden sich stark kontrastierte Strukturen, die als Photosyntheseprodukte gedeutet werden (Abb. 7) (Muscatine, 1974).

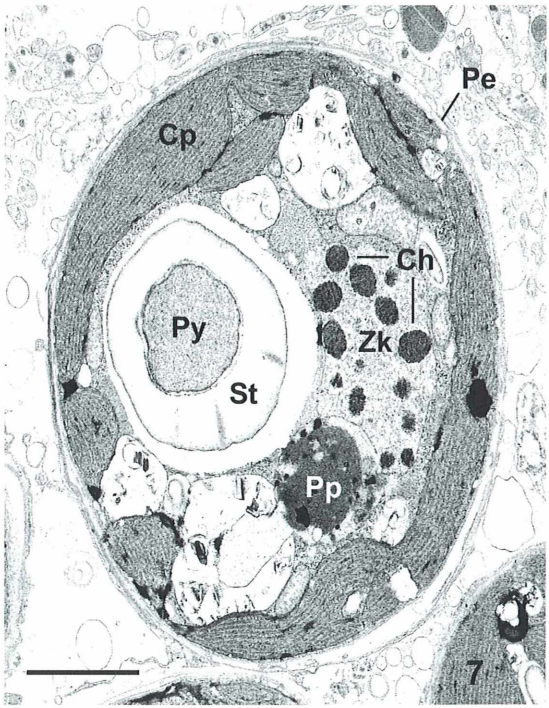
◄

Abb. 5: In den Eiern der Wachsrose sind die Zooxanthellen als dunkle Punkte zu erkennen. Häufig sind die Algenzellen ringförmig um einen Pol zusammengelagert. (Maßbalken: 0,25 mm).

Abb. 6 und 7: Zooxanthellen. 6: Lokalisation der Zooxanthellen (Z) im Entoderm (E) der Wachsrose. Rechts oben ist die Mesogloea (M) angeschnitten. (Maßbalken: 10 µm). 7: Querschnitt durch einen symbiontisch im Entoderm der Wachsrose lebenden Dinoflagellaten der Gattung *Symbiodinium*. Ch Chromosomen, Cp Chloroplast, Pe Periplast, Pp Photosyntheseprodukte, Py Pyrenenoid, St Stärkekranz, Zk Zellkern (Maßbalken: 1 µm).

▼





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

Der Symbiosevorteil

In den Photosyntheseprodukten liegt nun auch der Vorteil, welchen die Wachsrose aus dem Zusammenleben mit den Zooxanthellen zieht: Mehr als 60% der photosynthetisch produzierten Kohlenstoffverbindungen werden von den Algenzellen an das Wirtstier weitergegeben (Taylor, 1969). Im Austausch dafür gewährt die Seeanemone ihren Symbionten neben dem erwähnten Schutz eine optimale Versorgung mit Kohlendioxid und Stickstoff- sowie Phosphorverbindungen (Shick, 1991). Der Anteil von Photosyntheseprodukten der Zooxanthellen an der Ernährung der Tiere ist so bedeutend, dass die Wachsrose von ihren Symbionten abhängig geworden ist: Wird den Tieren das für die photosynthetische Produktion der Zooxanthellen notwendige Licht entzogen, so sterben nach den Symbionten auch die Wirtstiere ab. Aus diesem Grund beschränkt sich die Verbreitung der Wachsrose auf die lichtdurchfluteten Bereiche des Flachwassers.

Literaturhinweise

Andres, A.: Mitteilungen der Zoologischen Station Neapel 2, 313–314 (1881).
Andres, A.: Le attinie. In: Atti R., Accad. lincei (3. Mem. class. scienz. fis.) *14*, 211–674 (1883).
Bulnheim, H.-P., Sauer, K.P.: *Anemonia sulcata* – two species? Genetical and ecological evidence. Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft *77*, 264 (1984).
Fechter, R., Grau, J., Reichholf, J.: Lebensraum Küste. Mosaik Verlag , München 1985.
Göthel, H.: Farbatlas Mittelmeerfauna – Niedere Tiere und Fische. Ulmer Verlag, Stuttgart 1992.
Gosse, P.H.: A history of the British sea-anemones and corals. pp. 160–169. Van Voorst, Paternoster Row, London 1860.
Kükenthal, W., Renner, M.: Leitfaden für das Zoologische Praktikum. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1980.
Marsical, R. N.: Nematocysts. In: Muscatine, L., Lenhoff, H.M. (eds.): Coelenterate biology – Reviews and new perspectives, pp. 129–166. Academic Press, New York 1974.
Moosleitner, H.; Patzner, R.: Unterwasserführer Mittelmeer. Edition Naglschmid, Stuttgart 1995.
Muscatine, L.: Endosymbiosis of cnidarians and algae. In: Muscatine, L., Lenhoff, H.M. (eds.): Coelenterate biology – Reviews and new perspectives, pp. 359–389. Academic Press, New York 1974.
Shick, J. M.: A functional biology of sea anemones. Chapman & Hall, London 1991.
Taylor, D. L.: The nutritional relationship of *Anemonia sulcata* (Pennant) and its dinoflagellate symbiont. Journal of Cell Science *4*, 751–762 (1969).
Valentin, C.: Faszinierende Unterwasserwelt des Mittelmeers. Pacini Editore, Pisa 1986.

Verfasser: Dipl. Biol. Jörg Wiedenmann, Ökologie / Morphologie der Tiere, Universität Ulm, Albert-Einstein-Allee 11, D-89069 Ulm, und Ute Lorenz, Allgemeine Zoologie, Universität Ulm, Albert-Einstein-Allee 11, D-89069 Ulm

Buchbesprechung

Cypionka, H.: Grundlagen der Mikrobiologie. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1999, 277 Seiten, 87 Abbildungen, broschiert, DM 29,80, ISBN 3-540-65348-1.

Die scheinbar so primitiven, bei näherem Hinsehen jedoch ökologisch wie physiologisch ungeheuer vielseitigen und hochgradig angepassten Mikroorganismen haben schon lange keine so kompetente und dennoch kompakte Übersichtsdarstellung mehr erfahren wie in der vorliegenden Neuerscheinung. In 21 Kapiteln, die man mit wachsendem Staunen und grossem Genuss liest, stellt der Autor (Mikrobiologe an der Universität Oldenburg) alle wichtigen und wissenswerten Besonderheiten der kleinsten Lebewesen heraus. Zentrale Themen sind beispielsweise Zellaufbau, (mikroskopische) Untersuchungsmethoden, Taxonomie, Wachstum, Bioenergetik, Regulation, Stoffwechseltypologien, Biogeochemie, Umweltmikrobiologie und eine kritische Diskussion der Frage, wie das Leben mit Mikroorganismen auf der Erde begonnen haben könnte.
Seine Zusammenschau bietet somit auch den Mikroskopikern eine hilf- und aufschlussreiche Basisinformation zu allen Belangen, die man über Mikroorganismen kennen sollte. Bakterien stehen darin natürlich im Vordergrund der Betrachtung. Algen, Pilze und Protozoen treten eher auf Nebenschauplätzen auf. Viren, Viroide und Prionen sind zwar keine Organismen, sind aber in Spezialbetrachtungen des Buches ebenfalls angemessen berücksichtigt. Wesentlich für die Einarbeitung in den gut aufbereiteten und spannend dargebotenen Stoff ist die übersichtliche Binnengliederung der einzelnen Kapitel und das diesen jeweils nachgestellte Glossar neu aufgetretener Fachbegriffe, die noch einmal separat erläutert werden. Tabellen und Grafiken verdeutlichen komplexere Sachverhalte. Ein für die effektive Einarbeitung in ein ausserordentlich wichtiges Wissensgebiet der modernen Biologie sehr empfehlenswertes Kurzlehrbuch.

Bruno P. Kremer, Köln

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

Wissenswertes über und Erfahrungen mit Kugellinsen

Klaus Meyer

Optische Linsen in Kugelform sind in der praktischen Mikroskopie seit über 100 Jahren ganz außer Gebrauch gekommen. In der Erinnerung an das erste Jahrhundert des Mikroskops aber leben sie fort. Nachdem sich kürzlich herausgestellt hat, dass eines der berühmtesten Mikroskope der Frühzeit, das Utrechter Leeuwenhoek-Mikroskop, seine außergewöhnliche Vergrößerungsfähigkeit bei gutem Auflösungsvermögen einer Kugellinse verdankt (Meyer, 1999a), mag das Interesse an diesem bescheidenen Objektiv neu belebt werden.

Die Erfinder des Mikroskops waren bekanntlich Middelburger Brillenschleifer. Ihr Handwerk, ihre Erfahrung und ihre Schleifbank beschränkten sich auf Linsen im Format von Brillengläsern. Es ist wenig wahrscheinlich, dass sie ihre Gedanken auf sehr viel kleinere Linsen oder Lupen gerichtet hätten. Andererseits kann es aber auch nicht allzu lange gedauert haben, bis die frühen Linsenschleifer erkannten, dass das Vergrößerungsvermögen der Lupen von der Wölbung der beteiligten Linsen abhängt und dass man, um eine stärkere Wölbung zu erreichen, möglichst kleine Linsen anfertigen muss. Dass das gelang, lässt sich am Auftreten der Flohgläser ablesen, die um die Mitte des 17. Jahrhunderts beliebt wurden. Sie vergrößerten etwa 10 oder 12 mal, was Brennweiten um 20 oder 25 mm entspricht. Descartes zum Beispiel hat in seiner DIOPTRICES, die bereits 1637 erschien, ein Mikroskop zur Betrachtung kleiner Objekte bei Auflicht entworfen, dessen Linse recht klein und stark gewölbt ist.

Von Hooke zu Harting

Schon 1665 erschien dann in London das bis heute kaum übertroffene Prachtwerk MICROGRAPHIA von Robert Hooke (Väth, 1999). Man zählt es mit Recht zu den Büchern, die die Welt verändern. Es enthält 60 bedeutende wissenschaftliche, vorwiegend mikroskopische Beobachtungen mit großformatigen Kupferstichen und in seinem ausführlichen Preface nicht nur das Programm der neugegründeten Royal Society im Sinne des Francis Bacon, sondern auch detaillierte Beschreibungen der mikroskopischen Technik der damaligen Zeit. Dort finden wir erstmalig eine genaue Beschreibung der kleinen Glaskugeln, ihrer Herstellung und ihrer außerordentlichen Fähigkeit zu vergrößern. Das Werk wurde selbstverständlich in allen mikroskopisch interessierten Kreisen gelesen. In der Folge sind Herstellung und Gebrauch der Kugellinsen immer wieder erwähnt und beschrieben worden. Ich erwähne nur Baker (1654), Hertel (1716) und schließlich Harting (1842–1854), der im dritten Band seines Standardwerks HET MIKROSKOOP den Glaskügelchen allein etwa 7 Seiten widmet und mehrere Methoden zu ihrer Herstellung sowie die Erfahrungen zahlreicher Mikroskopiker referiert. Es war ja im 17. Jahrhundert nicht so einfach, die notwendige Schmelzhitze an das Glas zu bringen. Von glühenden Kohlen bis zu den im Brennglas konzentrierten Sonnenstrahlen wurde Vieles versucht; bewährt blieb das Verfahren der Goldschmiede, das Lötrohr an einer Kerzen- oder Spiritusflamme.

Die Erfahrung der verschiedensten Mikroskopiker mit der Anwendung dieser Kugellinsen lassen sich in einem Satz fast erschöpfend zusammenfassen: Alle bestätigen die enorme Vergrößerungsfähigkeit der Kügelchen, alle klagen aber auch über die hoffnungslos unbequeme Art der Anwendung und die Überlastung ihrer Augen. Sie alle haben jedoch, soweit ich das ermitteln konnte, die Kügelchen nur als Einfachmikroskop bzw. Lupe angewandt.

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

Selbstherstellung von Kugellinsen

Kugellinsen selbst herzustellen, ist denkbar einfach: Man braucht einen Bunsenbrenner oder Butangasbrenner, jedenfalls eine kleine, schmale, ziemlich heiße Flamme. Darin erhitzt man einen nicht allzu dicken Glasstab bis er glüht und weich wird, fasst ihn an beiden Enden und zieht ihn mit einem Ruck zu einem dünnen Faden aus. Den bricht man ab und hält sein Ende in die Flamme. Es bildet sich momentan ein Schmelzprodukt, dem die Oberflächenspannung eine Kugelform verleiht. Dieser Tropfen scheint an dem Faden hochzuklettern, wobei er schnell dicker wird. Sobald die gewünschte Dicke erreicht ist, nimmt man ihn aus der Flamme heraus und hält ihn am Faden noch einen Augenblick in der Schwebe, bis er kühl genug ist, seine Form zu behalten. Das Ganze dauert vielleicht zwei Minuten. So stellt man in einer Stunde ein paar Dutzend Kügelchen her. Nebenher macht man bei dieser Fabrikation eine überraschende Erfahrung. Es gelingt nicht, aus der Schmelze Glaskügelchen herzustellen, die im Durchmesser wesentlich größer als drei Millimeter wären. Dieses Phänomen ist leicht erklärt: Das Kügelchen wächst auf Kosten des ohnehin sehr dünnen Glasfadens. Dabei kommt es zur Konkurrenz zwischen seiner zunehmenden Masse (= Gewicht) und den winzigen Kräften der Kohäsion und Oberflächenspannung, welche die Kugelform bilden. Masse und Gewicht steigen mit der dritten Potenz des Durchmessers, die Kohäsion aber nicht. Erfahrungsgemäß wird ein sauberes Kügelchen, das, fast wie eine Kirsche, wohl abgegrenzt am Faden hängt, nie wesentlich dicker als drei Millimeter (Abb. 1). Man könnte wohl von vornherein einen dickeren Glasfaden wählen. Dann bildet sich aber keine echte Kugelform, sondern eine Art Tropfen oder Birnenform, die nicht benutzt werden kann.

Vom Glasfaden lässt man auf jeden Fall ein Stück an der Kugel hängen; sie lässt sich damit besser manipulieren. Ist der Glasfaden dicht an der Kugel gekrümmt, wird man die Linse später schlecht in eine Fassung bringen; sie wird am besten gleich verworfen. Sodann rollt man jede Kugel zwischen zwei Fingern und fühlt, was man nicht sehen kann, nämlich dass manche Linsen unrund sind. Auch diese gehören zum Ausschuss. Die guten Exemplare betrachtet man nun bei etwa 20facher Vergrößerung im Durchlicht mit der Stereolupe. Man findet die meisten ideal rund, aber kaum eine ohne Luftblase. Nun wissen wir ja aus der Fotografie, dass eine Luftblase einem Objektiv relativ wenig schadet. So steht es auch mit unseren Kugellinsen. Einige wenige, kleine Luftblasen an der Peripherie des Kügelchens stören praktisch nicht. Sind es aber sehr viele, auch größere und liegen sie im Zentrum der Kugellinse, so sparen wir uns viel Ärger, wenn wir auch solche Kügelchen verwerfen. Schätzungsweise die Hälfte unseres Kugelvorrats wird die Prüfung bestehen. Dass eine leichte Asymmetrie zurückbleibt, dass unsere Kügelchen, ähnlich unserem Erdglobus, nicht alle vollkommen rund sind, schadet nach meiner Erfahrung nicht. Der Pol, an dem der Glasfaden ansetzt, und der Gegenpol, überhaupt die ganze Peripherie des Kügelchens, bleiben ohnehin später in der Fassung bzw. Blende versteckt und spielen keine Rolle mehr. Ist der Äquator ein kleinwenig unrund, so wird das Kügelchen sich immer auf eine der flacheren Seiten legen; optisch nähert sich dann die Kugelform um eine Spur der Linsenform. Eine Bildverzerrung werden wir nicht bemerken.

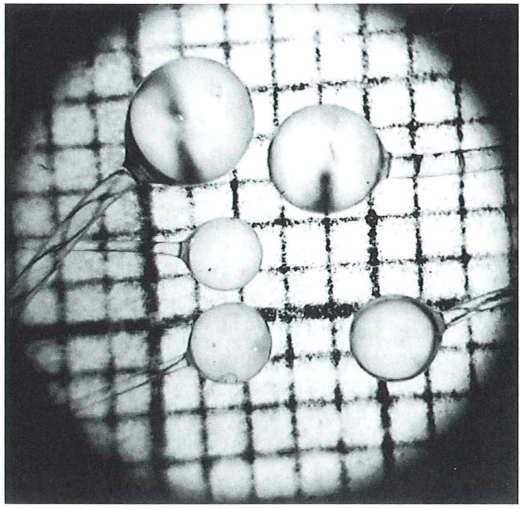


Abb. 1: Einige Kugellinsen auf Millimeterpapier aufgenomnen. Man erkennt die Größe der Kügelchen, deren Durchmesser zwischen 1,0 und 2,5 mm liegt. Sie sind wohlgerundet und durchweg fehlerfrei.

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

Linsenform – Linsenbrennweite – Linsenvergrößerung

Mit der Größe der Glaskügelchen hat es eine besondere Bewandtnis. Optisch brauchbare Kugellinsen messen im Durchmesser nicht weniger als 1 mm und dürfen nicht dicker geschmolzen werden als 3 mm. Ihre Brennweiten errechnen sich zu $^3/_4$ ihres Durchmessers, liegen also zwischen f = 0,75 und 2,25 mm. Die subjektive Vergrößerungsfähigkeit einer als Einfachmikroskop bzw. als Lupe eingesetzten Linse errechnet sich zu 250 f. Das bedeutet für die kleinste hier genannte Linse 250 0,75 eine Vergrößerung von 333fach. Für die größte berechnet man über 250 : 2.25 einen Vergrößerungsfaktor von 111fach. Setzen wir die Linsen als Objektiv ein, so hängt ihre Vergrößerungsleistung von der optischen Tubuslänge ab. Für einen 120 mm Tubus läge sie zwischen 150 und 110, also höher, als ein übliches Ölimmersionsobjektiv.

Fassung und Fokussierung der kleinen Kugeln

Der einzige diffizile Schritt bei der Verarbeitung sehr kleiner Linsen oder Kugeln ist deren Fassung. Sie wird durch den Umstand erschwert, dass der Arbeitsabstand – die Entfernung zwischen Kugelscheitel und Präparat – nur $^1/_4$ des Kugeldurchmessers betragen darf; für eine Kugel von 1 mm Brennweite also 0,25 mm. Da schon das Deckglas allein 0,17 mm dick ist, muss der Kugelscheitel das Präparat fast berühren. Keinesfalls also darf das Kügelchen in der Fassung verschwinden; es muss vielmehr die Öffnung der Fassung gegen das Präparat zu um eine Spur überragen. Andererseits muss aber der Umfang des Kügelchens, damit es nicht herausfällt, in der Halterung festgeklemmt sein. Ich mache es so, wie es auf Abbildung 2 dargestellt ist. Entweder steckt die Kugel in einem Grübchen einer Messingschiene und wird an ihrem Äquator durch ein dünnes(!) Blech festgehalten oder die Kugel liegt auf einer Bohrung, die eine Spur enger ist als ihr Durchmesser und wird nur seitlich mit einem Klebestreifen am verbliebenen Glasfaden festgeklebt. Die zweite Methode ist die weitaus einfachere.
Die zweite Schwierigkeit, nämlich die sehr feine Fokussierung, das eine so kurze Brennweite erfordert, ist leichter zu beherrschen. Das gelingt recht einfach über eine Fokussierschraube von etwa 1 mm Steigung, niemals allerdings durch ein gröberes Gewinde oder etwa gar durch einen Schiebetubus.

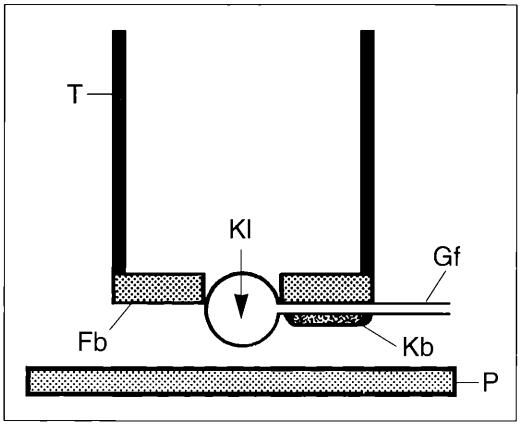


Abb. 2: Befestigung einer Kugellinse (Kl) an einem Tubus (T) über den Glasfaden (Gf) mithilfe eines Fassbleches (Fb) und Klebeband (Kb). P Präparat.

Dies sind die Kernprobleme der Mikroskopie mit kleinen Kugellinsen und sie geben uns auch die Erklärung, warum die vielen Mikroskopiker der Frühzeit, wenn sie schon Kugellinsen einsetzten, diese immer nur am Einfachmikroskop gebrauchten, womit sie sich zwar die Feineinstellung erleichterten, ihre Augen aber überlasteten.

Kaum ein zusammengesetztes Mikroskop mit Kugellinse

Wenn wir die zusammengesetzten Mikroskope des ersten Mikroskopierjahrhunderts betrachten, etwa das von Hooke, das von Sturmius oder die verschiedenen von Divini, Campani, Wiesel und Depiere, so finden wir darunter kein Einziges, dessen Objektivlinse wir dem Präparat exakt um etwa 0,1 mm nähern und auf 0,01 mm genau fokussieren könnten. Die frühen Mikroskopiker mussten sich deshalb auf gröbere Linsen, längere Brennweiten und dementsprechend geringere Vergrößerung und Auflösung beschränken. Ähnliches gilt auch für frühe Versuche mit anderen Kleinlinsen, etwa jenen, die van Leeuwenhoek selber schliff.
Ich bin übrigens davon überzeugt, dass van Leeuwenhoek das Problem, Kleinlinsen und

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

schließlich auch Kügelchen in einem zusammengesetzten Mikroskop einzusetzen, gelöst hat, womit seine haushohe Überlegenheit erklärt wäre. Er hat sein Geheimnis nie verraten, sondern von seinen Mikroskopen stets nur die kleinen, handlichen Demonstrationsinstrumente vorgezeigt, wie ich das in einem vorhergehenden Artikel eingehend dargelegt habe (Meyer, 1999b).

Zur Optik der Kugellinsen

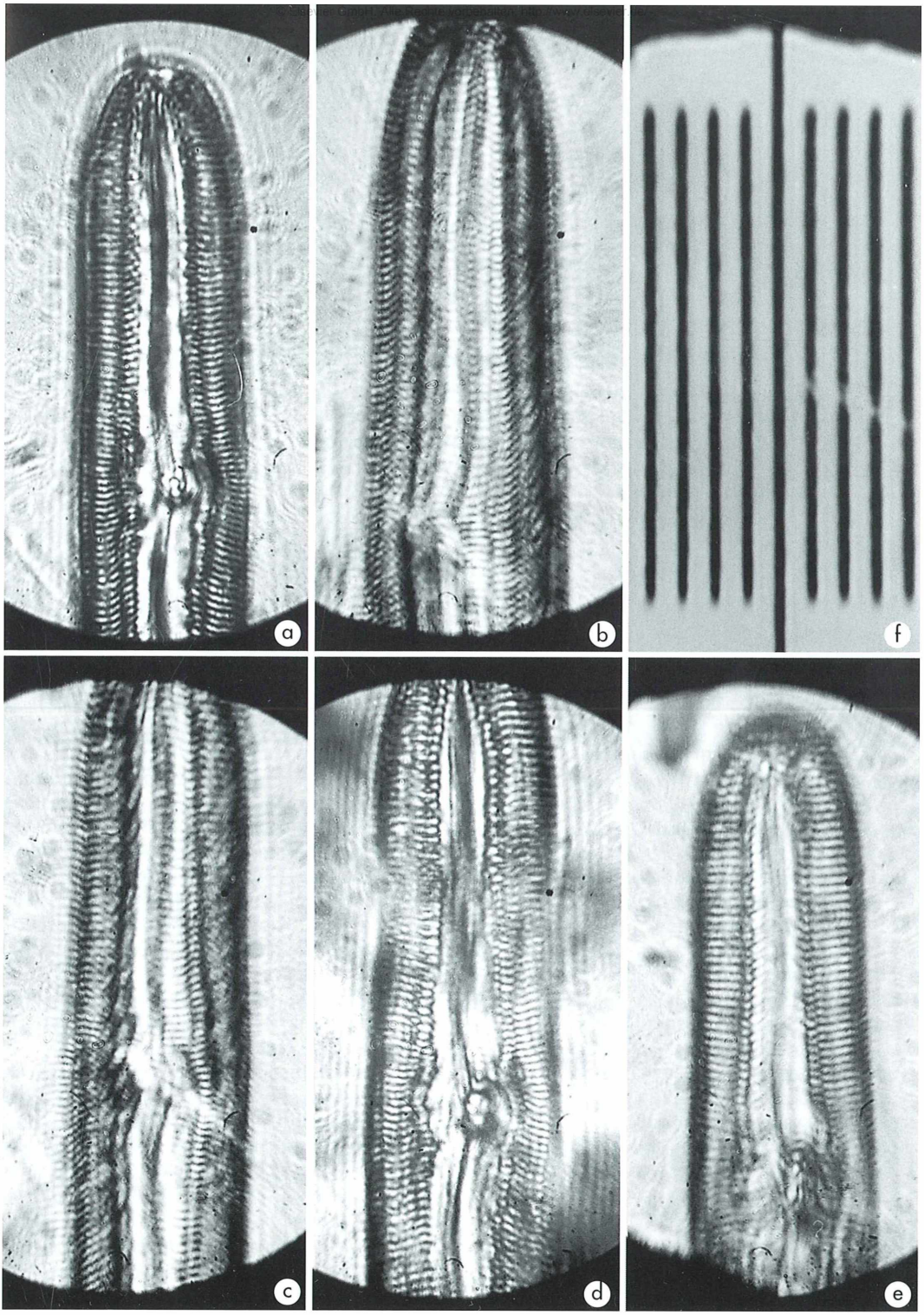
Zu den ersten Anwendern der Kugellinsen dürfen wir Johan Hudde zählen, der im 17. Jahrhundert Bürgermeister von Amsterdam war. Wir finden bei Schierbeek (1950) und anderen mehrfach erwähnt, dass dieser frühe Mikroskopiker Hudde dem später so berühmten Jan Swammerdam geraten habe, von den Glaskügelchen eine Hälfte wegzuschleifen und nur die restliche Halbkugel als Mikroskoplinse zu gebrauchen. Ob der große Swammerdam oder einer seiner Zeitgenossen diesem vortrefflichen Rate gefolgt ist, habe ich nicht ermitteln können. Jedenfalls hätte es ihre mikroskopische Arbeit entschieden erleichtert. Denn – das ist seit wenigstens 200 Jahren bekannt – plankonvexe Linsen, und dazu rechnen ja Halbkugeln, gehören zu den besten, welche die Optik überhaupt kennt. Bis auf unsere Tage sind die Haupt- und Frontlinsen der meisten Mikroskopobjektive Halbkugeln. Alle weiteren, darüber angeordneten Linsen fast jeden modernen Objektivs sind quasi nur Korrekturglieder zur Erzielung beispielsweise der Achromasie.
Halbkugelige Linsen also sind uns sehr geläufig. Ihr Hauptfehler, die sphärische Aberration (der Öffnungsfehler) wurde schon früh durch Abblenden gebessert, der chromatische Fehler erst nach 1800 durch Hinzufügen von Flintglaslinsen behoben. Mit halbkugeligen Linsen lässt sich gut rechnen. Ihre Brennweite f ist gleich ihrem Äquatordurchmesser d. Also gilt f = d. Die Brechkraft ist reziprok der Brennweite, also 1 f. Würden wir zwei solcher Halbkugeln so zusammenlegen, dass ihre Wölbungen sich berühren, so brauchten wir, um die Brechkraft dieses Dubletts zu berechnen, nur die Brechkräfte der beiden einzelnen Halbkugeln zu addieren; die gemeinsame Brennweite wäre dann f/2.
Legen wir die beiden Halbkugeln aber so zusammen, wie sie zusammengehören, also mit den Planseiten aufeinander, so sind die beiden Wölbungen (die ja allein optisch wirksam sind), um die Strecke d (= Kugeldurchmesser) voneinander getrennt. Der Optiker nennt das eine dicke Linse oder ein Linsensystem. Dessen Brechkraft kann man leicht nach einer von Gullstrand angegebenen Formel berechnen. Sie ist wesentlich kleiner und zwar so klein, dass die im Strahlengang zweite Wölbung nur noch mit einem Viertel ihrer Brechkraft in die Rechnung eingeht. Dieses Viertel an Brechkraft nützt dem Mikroskopiker nahezu nichts. Hinzu kommt, dass die dadurch bedingte Dicke der Kugellinse mechanisch ungemein lästig und nachteilig ist.

Leistungsprüfung von Kugellinsen

Zur Prüfung der optischen Leistung der kleinen Glaskugel habe ich einige Versuche angestellt. Im Revolver eines einfachen Leitz-Mikroskops (Baujahr 1944, Spiegelbeleuchtung, Kondensor mit geringer Apertur, mittlere Blende) befinden sich drei Objektive: 1. eine Halbkugel von Seibert, f = 1,5 mm, nicht achromatisch; 2. eine professionell angefertigte Vollkugel von Seibert, ebenfalls nicht achromatisch; 3. eines meiner selbstangefertigten Glaskügelchen, f = 1,5 mm. Mit diesen drei Objektiven wurden nacheinander die Mikrofotos a, b und c der Abbildung 3 (Diatomee *Pinularia viridis*) unter ganz gleichen Bedingungen angefertigt, natürlich nach erneuter Fokussierung und, was schwierig war, Nachjustierung der Beleuchtung. Schiefe Beleuchtung gelang mir nicht.
Man erkennt, dass die drei Objektive praktisch gleiche Vergrößerung und Auflösung erzielten. Um speziell das Auflösungsvermögen zu prüfen wurde eine Anzahl verschiedener Diatomeen mit dem Objektiv Nr. 3 und anderen Selbstbau-Kugellinsen aufgenommen, gleichzeitig das Ob-

▶

Abb. 3: Fünf verschiedene Mikroaufnahmen einer halben *Pinularia viridis* mit verschiedenen Kugellinsen aufgenommen. a Seibert Halbkugel, 1,5 mm Durchmesser; b professionelle Kugel von Seibert, 1,5 mm Durchmesser; c–e selbst hergestellte Kugellinsen; alle mit einem 6-fach Zwischenokular, 12 cm optischer Tubuslänge vom Objektiv bis zur Zwischenlinse; wesentliche Qualitätsunterschiede sind nicht erkennbar. f Objektmikrometer, Strichabstand 10 µm.


a
b
f
c
d
e

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

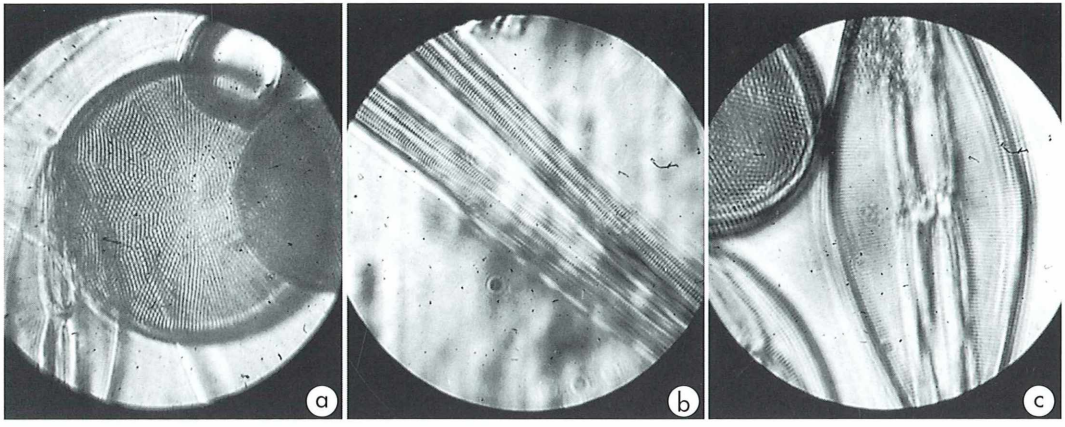


Abb. 4 Diatomeen: a zentrische Diatomee; b pennate Diatomee; c *Navicula*. Alle Objekte sind mit dem gleichen, selbstgeschmolzenen Kügelchen von 0,8 mm Durchmesser als Objektiv aufgenommen worden; die übrigen Bedingungen wie vorher. Die Querstreifen in b und c betragen ca. 20 Intervalle auf 0,02 mm. Das entspricht einer numerischen Apertur von 0,3.

jektmikrometer von dem 10 mal 0,01 mm, also 0,1 mm dem Durchmesser des Gesichtsfeldes gleich kamen. Ich habe dann auf den Abbildungen die Intervalle der Querstriche auf den Schalen einiger Diatomeen ausgezählt. Es waren bei zwei Präparaten von *Navicula lyra* mindestens 70 pro 0,1 mm und bei *Nitzschia* spec. 100 bis 110 (Abb. 4). Das entspricht Intervallbreiten von 0,9 bis 1 µm. Dazu errechnet sich eine numerische Apertur von rund 0,3.

Ich habe sodann versucht, die numerische Apertur nach dem von Gerlach (1985) angegebenen, leicht abgewandelten Verfahren zu bestimmen. Das ist mir nur unsicher gelungen. Der durch den Tubus und die Objektivlinse geworfene Lichtstrahl ergibt kein sauber begrenztes Projektionsbild, vermutlich, weil die Hälfte des Kügelchens seine Fassung nach unten überragt.

Immerhin zeigen diese simplen Experimente, dass zum einen die einfachen, selbstgefertigten Kugellinsen optisch weder den professionellen Kügelchen noch der Halbkugel deutlich unterlegen sind, und zum anderen, dass alle diese nicht achromatischen Linsen recht saubere Diatomeenbilder produzieren.

Zusammenfassung

Obwohl Kugellinsen sich ungemein einfach, schnell und billig herstellen lassen, sind sie im Zusammenhang mit dem Mikroskop als Objektiv keineswegs als optisch minderwertig zu beurteilen. Im Gegenteil: Ihr Auflösungsvermögen gleicht dem der bewährten, halbkugeligen Konvexlinsen und ihre Vergrößerungsfähigkeit am Tubusmikroskop ist nahezu unbegrenzt (Abb. 5).

Dennoch sind meines Wissens Kugellinsen an Tubusmikroskopoen niemals empfohlen oder angeboten worden. Das hat triftige Gründe:

1. Die dickste, wohlgerundete, am Schmelzfaden hergestellte Kugel hat einen Durchmesser von 3 mm und eine Brennweite von 2,25 mm. Daraus errechnet sich am Normaltubus von 170 mm eine Objektivvergrößerung von 170 2,25 = 75 fach. Kürzt man den Tubus auf 110 Millimeter, so wäre der Vergrößerungsfaktor des Kugelobjektivs immer nur noch V = 50. Kleinere Kugeln vergrößern noch mehr. Mit anderen Worten: Zu geringen Vergrößerungen sind die Kugeln nicht zu gebrauchen.
2. Der Arbeitsabstand dieser Kugelobjektive ist bedingt durch die kurzen Brennweite sowie durch die Kugelform unpraktikabel kurz.
3. Ebenso gering ist die Tiefenschärfe, die ihrerseits eine möglichst sensible Fokussierung erfordert, wie sie nur durch eine feine Mikrometerschraube erreicht werden kann.
4. Ebenso kritisch ist die Beleuchtung die hell und variabel sein muss. Es kommt nur Durchlicht in Frage. Das Präparat muss sehr dünn sein und darf keine räumliche Ausdehnung zei-

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

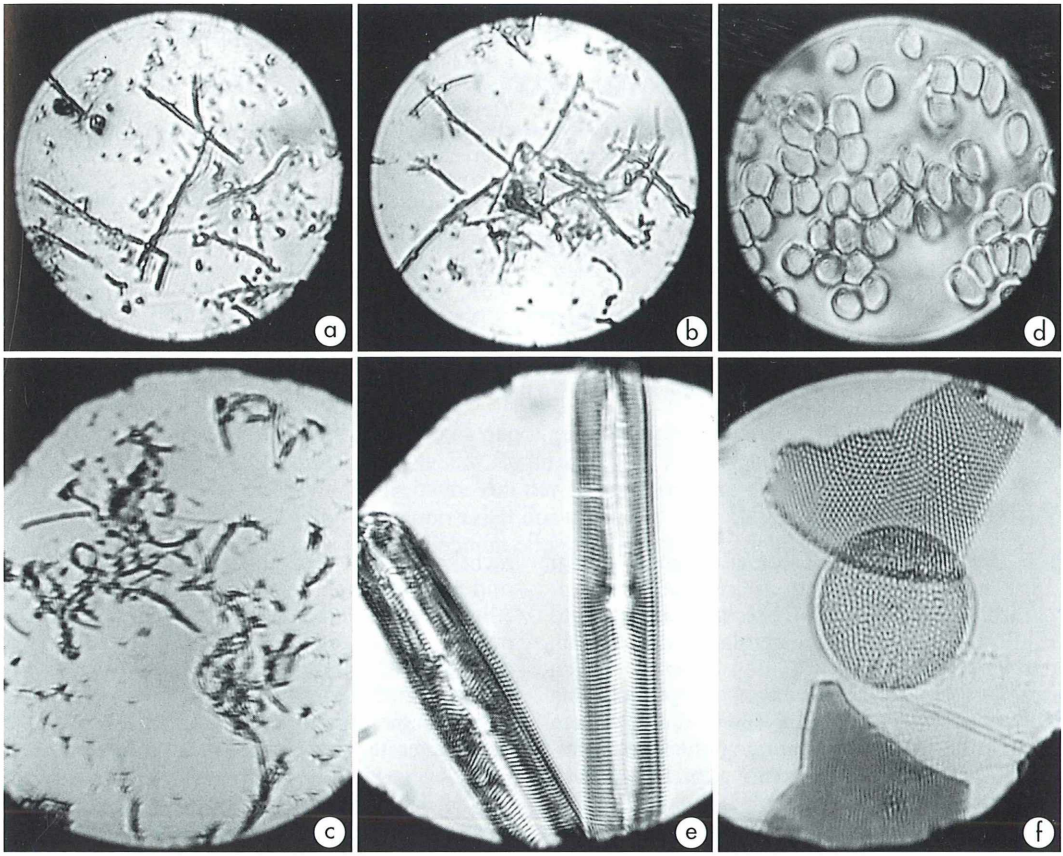


Abb. 5: Die Mikrofotografie von Bakterien gelang mir schlecht. Ich habe deshalb Erich Saake aus Bochum um Unterstützung gebeten. Ihm gelangen die folgenden Aufnahmen. a–c Zahnbelag; a und b wurden mit einer Kugellinse von 0,8 mm, c mit einem Kügelchen von 1,5 mm Brennweite angefertigt. Bazillen, Kokken und Stäbchen sind zu erkennen. d zeigt rote Blutkörperchen, scharf abgegrenzt, aber nicht mehr ganz frisch und daher ein wenig deformiert. e zeigt eine *Pinularia*-Schale und f eine zentrische Diatomee. Alle Aufnahmen wurden unter Verwendung eines Grünfilters fotografiert.

gen, wie das etwa bei einem noch so kleinen Insekt der Fall wäre.

Verständnis und Erkenntnis damals und heute

Diese Schwierigkeiten auch nur zu begreifen, dürfte den frühen Mikroskopikern recht schwer gefallen sein. Nur wenige, wie beispielsweise Descartes, verstanden einiges von der geometrischen Linsenoptik; fast all die anderen verließen sich auf das „Pröbeln“ Im späten 17. Jahrhundert war die Elite der damaligen optischen Welt damit befasst, das optimale Mikroskop zu entwickeln (Wiesel in Augsburg, Campani in Rom, Hooke in London, Huygens, Hartsoeker in Paris, Muschenbroek in Leiden und Leeuwenhoek in Delft). Sie alle kannten die optischen Prinzipien des einfachen und des zusammengesetzten Mikroskop, nämlich dass kleine Linsen (oder Kugeln) stärker vergrößern als große, und dass das Okular am Tubus die Leistung der Einzellinse vervielfacht. Diesen Erkenntnissen folgend hätten sie, so sollte man erwarten, ihre kleinsten Linsen oder Kugeln in ein Tubusmikroskop einsetzen sollen.

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

Literaturhinweise

Bacon, F.: Instauratio magna. London, 1620.
Baker, H.: Das zum Gebrauch leicht gemachte Mikroskop. London 1654.
Descartes, R.: Dioptrices. Amsterdam 1644.
Gerlach, D.: Das Lichtmikroskop. Thieme Verlag, Stuttgart 1985.
Harting, P.: Het Mikroskoop. deszelfs gebruik, geschiedenis en tegenwoordige toestand, 4 vols. Utrecht 1848–1854.
Hertel, Ch. G.: Vollständige Anweisung zum Glasschleifen. Halle 1716.
Hudde, J.: Original nicht bekannt, zitiert nach Schierbeek, A.: Jan Swammerdam: Zijn leven. Lochem 1946.
Hooke, R.: Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. John Martyn, London 1665.
Leeuwenhoek, A. van: Arcana Naturae Detecta. Henricum Krooneveld, Delphis Batavorum 1695.
Meyer, K.: Geheimnisse des Antony van Leeuwenhoek. Papstverlag, Lengerich 1998a.
Meyer, K.: Frühe Mikroskope als Repliken. Mikrokosmos *87*, 274–280 (1998b).
Meyer, K.: Das Utrechter Leeuwenhoek-Mikroskop. Mikrokosmos *88*,43–48 (1999a).
Meyer, K.: Die Suche nach Leeuwenhoeks Arbeitsmikroskop. Mikrokosmos *88*, 197–202 (1999b).
Väth, R.: Robert Hooke und die "„Micrographia" Mikrokosmos *88*, 129–138 (1999).

Verfasser: Dr. Klaus Meyer,
Kolkstr. 4, D-59494 Soest

Kurze Mitteilung

Neues Golgi-Modell

Seit der italienische Zytologe Camillo Golgi 1898 zum ersten Mal ein Zellorganell als „Apparato reticolare intera" beschrieben hat, sind zahllose Untersuchungen gefolgt. Das Organell, das heute den Namen „Golgi-Apparat" führt, ist sowohl in tierischen als auch in pflanzlichen Zellen gefunden worden. Neue Untersuchungen mit Hilfe der Hochspannungs-Elektronenmikroskopie führten zu einem aktuellen dreidimensionalen Modell des Golgi-Apparates (Abb. 1). Danach besteht dieses Zellorganell in Rattennieren-Zellen aus Stapeln von 7 Zisternen (kompakte Region), welche durch nicht-kompakte Regionen voneinander getrennt sind; durch diese hindurch verbinden Brücken einige Zisternen auf gleichem Niveau. Die sechs Golgi-Zisternen können in 3 Gruppen eingeteilt werden: 2 trans-Golgi-Zisternen, auch trans-Golgi-Netzwerk genannt, 2 medial-Golgi-Zisternen, 2 cis-Golgi-Zisternen, auch cis-Golgi-Netzwerk genannt. Sie sind an beiden Seiten von Lagen des endoplasmatischen Retikulum (cis- und trans-ER) umgeben. Der Rest der nichtkompakten Region ist gefüllt mit Vesikeln und polymorphen, membranartigen Elementen. Alle Zisternen haben „Fenestrierungen", an denen Vesikel abgeschnürt werden, die alle etwa die gleiche Oberfläche haben, aber in ihrem Volumen um 50% schwanken. Die nicht-kompakte Region in dem neuen Modell ist also komplexer als man bisher angenommen hat.
In welchem Umfang die polymorphen Elemente für den Transport im Membransystem eine Rolle spielen, ist unbekannt. Die enge Assoziation des trans-ER mit dem trans-Golgi-Netzwerk führt zu dem Schluss, dass dieses etwas mit dem Lipid-Transport zu tun hat. Auch könnte sie bei dem Transfer von Phosphatidylserin aus dem ER zu den Mitochondrien eine Rolle spielen.

Landinsky, M. S., Mastronarde, D. N., McIntosh, J. R., Howell, K. E., Staehelin, L. A.: Golgi structure in three dimensions: Functional insights from normal rat kidney cell. J. Cell Biol. *144*, 1135–1149 (1999).

H. F. Linskens, Nijmegen

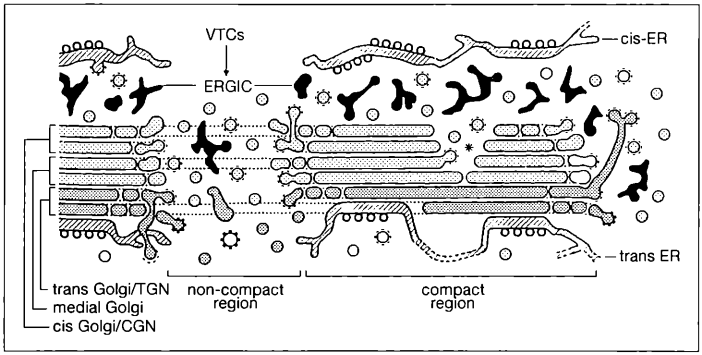


Abb. 1: Das neue Modell für die strukturelle Organisation des Golgi-Apparates von Rattennieren-Zellen. VTC vesikulär-tubuläres Cluster, ERGIC ER-Golgi-intermediäres Kompartiment, TGN trans-Golgi-Netzwerk, CGN cis-Golgi-Netzwerk, ER Endoplasmatisches Retikulum, gestrichelte Linien Brücken zwischen Zisternen auf gleicher Höhe (aus Landinsky *et al.*, 1999).

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

5. Sommerworkshop (1999) in der Alten Amtsmühle am Krüselinsee der Feldberger Seenlandschaft – Eine Gemeinschaftsunternehmung der Humboldt-Universität zu Berlin und der Arbeitsgemeinschaft BONITO

Wolfgang M. Richter und Georg Kubsch

Schon wieder ist ein Jahr ins Land gegangen und schon wieder hat ein Sommerworkshop der Humboldt-Universität Berlin und der Arbeitsgemeinschaft BONITO stattgefunden. Und wenn wir heute von der 5. Veranstaltung dieser Art im MIKROKOSMOS berichten können, dann zeugt das wohl von einer nicht nur schon traditionellen, sondern auch in ihrer Beliebtheit offenbar hoch angesiedelten Unternehmung.

Die Zeit vom 30. August bis zum 11. September 1999 war für eine Veranstaltung reserviert, die Laien und Fachleute auf dem Gebiet der Analytischen- und Umwelt-Chemie mit denen der angewandten Limnologie zusammenführen sollte. Wieder lag das Augenmerk auf dem Aspekt der Sensibilisierung vornehmlich junger Menschen für diese Thematik, wobei es keine Rolle spielte, welcher Disziplin sie angehörten und ob sie wissenschaftlich vorgebildet waren. Für zwei jeweils eine Woche dauernde Kurse reisten insgesamt 26 Teilnehmer an. Unter diesen waren sowohl Chemiker, Biologen und Wasserwirtschaftler als auch Geografen, Geologen und schlichtweg „nur" Naturfreunde.
Das weit gefächerte, vorher bereits ausführlich in einer Broschüre dargelegte und von den vohergegangenen Kursen bewährte Programm erwies sich abermals als für eine solche Veranstaltung sehr tauglich.

1. Tag

Im theoretischen Teil erfolgte zunächst eine Erläuterung des Programms und eine Einführung in die Thematik. Dann wurden Grundlagen der Limnologie und Umweltchemie vermittelt sowie ein Überblick über die Chromatographie in der Umweltanalytik gegeben.

Im praktischen Teil begannen mit drei Gruppen die Beprobungen des Krüselin, des Haussees und des Breiten Luzin in Tiefenprofilen nebst Aufbereitung der eingebrachten Proben. Dabei war die Anwendung einer Sauerstoffsonde zur Messung des Sauerstoffhaushaltes der genannten Gewässer für die Teilnehmer von besonderem Interesse (Abb. 1). Aber auch

Abb. 1: Vorbereitung der Sauerstoffsonde: Aufschrauben des Rührwerkes.

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

Abb. 2: Erfassung und gemeinschaftliche Aufbereitung von Analysen am Computer.

die von der BONITO praktizierten, heute schon fast historisch zu nennenden, aber nach wie vor immer noch nutzbaren, einfachen Messungen – zum Beispiel mit einer weißen Secchi-Scheibe zur Bestimmung der Sichttiefe, erweitert mit farbigen Scheiben zur Einschätzung des Lichtklimas im Gewässer – konnten demonstriert werden. Dazu kam hier die reproduzierbare Festlegung der Wasserfarben mithilfe der Farbstufenreihe, die einst von BONITO – bei der seinerzeit zunehmenden Qualitätsminderung der Seen – in das Rötlichbraune erweitert wurde. Auf sorgfältige Protokollierung durch die Lehrgangsteilnehmer wurde größter Wert gelegt (Abb. 2).
Beim Begrüßungsabend hatten Teilnehmer und Betreuer beste Gelegenheit, sich kennen zu lernen. Ein besonderer Dank geht dazu an die Sponsoren des Sommerworkshops, welche die entstandenen Kosten minimierten.

2. Tag

Auf dem Programm standen ein Einführungsvortrag zur Voltammetrie und Spektroskopie in der Umweltanalytik, die Probenaufbereitung, der Chemische Sauerstoffbedarf und Glühverlustbestimmungen. Der Nachmittag brachte eine durch Herrn Rusack von der Naturparkverwaltung „Feldberger Seenlandschaft" geführte, eindrucksvolle Wanderung durch das Untersuchungsgebiet. Auf dieser konnten die Schönheiten und das Einmalige der mit einer „klassischen glazialen Serie" ausgestatteten, süd-mecklenburgischen „Perle" vorgeführt werden.

3. und 4. Tag

Wasser- und Sedimentproben wurden mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS), Ionenchromatographie, Inversvoltammetrie, Fotometrie und Gaschromatographie auf Härtebildner, Nährstoffe, Anionen, Schwermetalle und Mineralölkohlenwasserstoffe untersucht und die ermittelten Werte im Computer festgehalten.
Bei den Laborarbeiten konnten sich alle Beteiligten – unter intensiver Betreuung durch Mitarbeiter der Humboldt-Universität Berlin – an den Geräten informieren und üben.
Wie in den Jahren zuvor gab es schließlich den Vortrag von Dipl.-Biol. W. M. Richter zur Arbeit der Hydrographisch-Biologischen Arbeitsgemeinschaft BONITO. Diese zu DDR-Zeiten für die damalige Staatsführung nahezu berüchtigte, da unerbittlich auf anthropogen erzeugte Umweltverschlechterungen hinweisende und vom seinerzeitigen Regime ganz bestimmt nicht mit Wohlwollen geduldete Vereinigung, widmet sich seit 1959 vornehmlich dem Erhalt und Schutz der Feldberger Seenlandschaft. Die interessiert folgenden Kursteilnehmer konnten erfahren, wie auch mit ganz einfachen Methoden, mit selbstgebautem und eigenkonstruiertem, heutzutage nahezu historischem Zubehör Limnologie betrieben werden konnte und immer noch werden kann. Eine Ausstellung von Gerätschaften und ein kurzer, schon über 20 Jahre alter, sogar mit einfacher Vertonung versehener 8mm-Lehrfilm zum Thema „Sauerstoffmessung und Fotosynthese" rundete das Programm ab.

5. Tag

Herr Dr. L. Täuscher, Berlin, der bereits seit 4 Jahren den biologischen Teil des Programmes betreut, hielt seinen einführenden Vortrag. Danach wurden Krüselin und Haussee der Planktonverprobung unterzogen. BONITO demonstrierte dabei ihre einfachen Planktonnetz-Wechselvorrichtungen, die bei geringstem Aufwand exakte Stufenproben ermöglichen.
Nach dem Mittagessen erfolgte schließlich das Mikroskopieren unter sachkundiger Betreuung

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

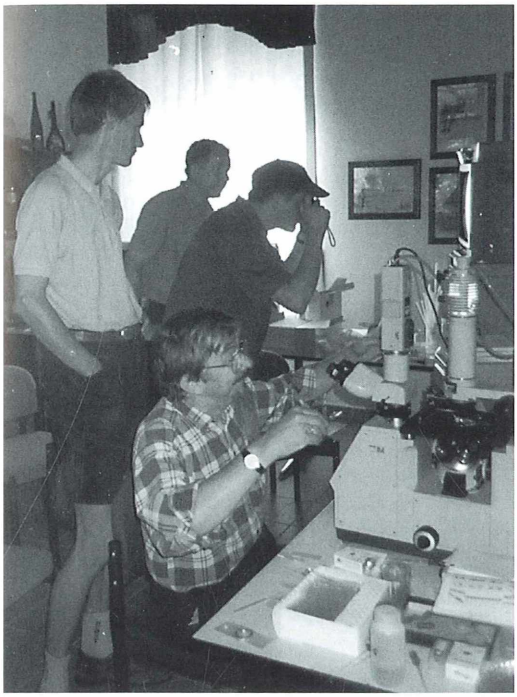


Abb. 3: Mikroskopische Planktonuntersuchungen mit einem umgekehrten Mikroskop und Videoübertragung auf den Bildschirm.

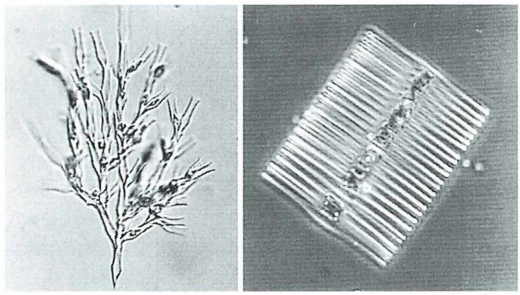


Abb. 4: Video-Prints des Becherbäumchens *Dinobryon sertularia* (links) und der Kamm-Kieselalge *Fragilaria crotonensis* (rechts) aus dem Haussee.

von Prof. Dr. K. Hausmann vom Institut für Biologie / Zoologie der Freien Universität Berlin sowie Dr. Täuscher. Prof. Hausmann bereicherte mit seinen theoretischen Einführungen und seinem Gerätepark diesen Wissenskomplex beachtlich. Die Übertragung der mikroskopischen Bilder auf den Fernsehbildschirm vermittels moderner Videotechnik ermöglichte eine für die ganze Gemeinschaft simultane Auswertung der am Vormittag gezogenen Proben (Abb. 3). Dabei brachten die von beiden Wissenschaftlern mit viel Sachverstand erklärten und interpretierten mikroskopischen Bilder für viele Teilnehmer neue und sehr interessante Einblicke in das im Gewässer stattfindende, mikroskopisch kleine Leben (Abb. 4).

Vom Haussee und Krüselin mitgebrachte Hydrophyten wurden anschließend von Dr. Täuscher vorgeführt, besprochen und im Rahmen biologischer Seenanalytik dem Nährstofflevel der Gewässer zugeordnet (Abb. 5).

Abb. 5: Auf der Terrasse der Krüseliner Mühle fanden Vorträge und Unterweisungen der Kursteilnehmer statt.

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

6. Tag

Nachdem die Mineralölkohlenwasserstoffgehalte der untersuchten Oberflächenwässer, die Sedimentproben und der biochemische Sauerstoffbedarf in den 5-Tage-Wasserproben analysiert worden waren, schloss der jeweilige Wochenkurs am Samstagvormittag mit Vergleich und Diskussion der an den Seen ermittelten Daten.

Ausblick

Resümierend geben sich die Veranstalter der Hoffnung hin, auch im Jahre 2000 einen Sommerworkshop organisieren zu können. Denn nur mit Taten, nur im Zusammenspiel aller Disziplinen, und nicht mit Worten – so meinen sie – ist gegen die sich immer weiter aufschaukelnde Umweltmisere in unserer Welt anzukommen.

Dank

Es bleibt den Veranstaltern des „5.Sommerworkshops 1999“ der Dank an alle, die wieder tatkräftig und uneigennützig halfen, das Unterfangen zu einem wahren Erlebnis für alle zu gestalten. Besonderer Dank geht natürlich an die Sponsoren der Unternehmung, die wesentlich zur preisgünstigen Durchführung des Sommerworkshops beitrugen:
Dionex GmbH, Gesellschaft Deutscher Chemiker, Hewlett Packard GmbH, Merck KGaA, Messer Griesheim GmbH, PROTEKUM Umweltinstitut GmbH und die VICTORIA Versicherungs AG, Bezirksdirektion Neuruppin.

Verfasser: Dipl. Biol. Wolfgang M. Richter,
Wissenschaftlicher Leiter der BONITO e.V.,
Drosselgang 2, D-21709 Himmelpforten (Nd.-Elbe),
und Dr. Georg Kubsch, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Chemie / Fachinstitut für Analytik und Umweltchemie,
AK Prof. Dr. M. Linscheid,
Hessische Straße 1-2, D-10115 Berlin

Kurze Mitteilung

Gegenseitige Hilfe: Bestimmung von Pilz und Alge

Folgende Kurze Mitteilung zeigt, wie hilfreich ein zufälliges Zusammentreffen von Freilandfund und MIKROKOSMOS-Lektüre sein kann. Unser Leser Dr. E. Mauch aus Dinkelscherben schreibt:
Vor kurzem fand ich in einer Planktonprobe „grüne Kugeln“, die ich der Gattung *Coenochloris* (Chlorococcales: Radiococcaceae) zuordnete. Die Kolonien enthielten alle kleine runde Zellen, die mit Stielen an den Algenzellen angeheftet waren; nach den Abbildungen in Canter-Lund und Lund (1995) handelte es sich um den parasitischen Pilz *Rhizophydium* (Chytrodiales). Zufällig stieß ich zugleich auf den Beitrag von Schnepf, in dem ebenfalls von *Rhizophydium (R. sphaerocystidis)* auf *Coenochloris (C, fottii)* berichtet wurde. Allerdings wird im Standardwerk für Chlorococcales von Komarek & Fott (1983) die Art *fottii* der Nachbargattung *Eutetramorus* zugeordnet. Radiococcaceae-Gattungen sind schwer zu unterscheiden; durch den Parasiten in Verbindung mit dem genannten Beitrag und den Fotos wurde meine Bestimmung bestätigt. Nach der Originalliteratur (Sparrow, 1960) würde die Pilzart auf *Sphaerocystis schroeteri* (Name! – vielleicht Fehlbestimmung) und *Dictyosphaerium pulchellum* vorkommen. Die in meiner Probe ebenfalls enthaltenen *Dictyosphaerium*-Kolonien waren jedoch alle nicht befallen. Die beiden Chlorococcales-Gattungen *Coenochloris* und *Dictyosphaerium* sind unterschiedlich organisiert, unter anderem was die Schleimhülle und die Zellgröße betrifft, und es könnte sein, dass die Pilzart den Wirt gattungs- oder artspezifisch auswählt, so dass sich die Bestimmungen von Pilz und Alge gegenseitig stützen würden.

Canter-Lund, H., Lund, J. W. G.: Freshwater algae. Their microscopic world explored. Biopress, Bristol 1995.
Komárek, J., Fott, B.: Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (Hrsg.): Das Phytoplankton des Süßwassers. Schweizerbart'sche Verlagsbuchbhandlung, Stuttgart 1983.
Sparrow, F. K.: Aquatic phycomycetes, 2nd ed. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1960.

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

Die Mikroskopie entschleiert die Naturgeheimnisse Ein allegorisches Titelkupfer zu Leeuwenhoeks Werken

Rainer Hendel

Wer sich mit Wissenschaftsgeschichte beschäftigt, bekommt hin und wieder auch illustrierte Werke aus dem 17. und 18. Jahrhundert in die Hand. Den meisten Büchern aus dieser Zeit wurden sogenannte Titelkupfer vorangestellt, die entweder ein Porträt des Autors oder eine Allegorie auf den Inhalt der Schrift enthalten. Wenn man eine Weile nachdenkt und einige Kenntnis der antiken Mythologie und der christlichen Symbolik besitzt (gewöhnlich werden beide Bereiche bunt gemischt), sind solche Bilderrätsel recht gut zu entschlüsseln. Auch die vier Bände der lateinischen Gesamtausgabe von Leeuwenhoeks Briefen sind mit Titelkupfern geziert. Band I und II enthalten allegorische Darstellungen, Band III ein Porträt Leeuwenhoeks, Band IV eine Kombination von Porträt und Allegorie.

Das interessanteste und reichhaltigste dieser Bilder findet sich in Band II aus dem Jahr 1722. Hier werden nicht nur Standard-Elemente in einer gefälligen Bildkomposition zusammengefügt, sondern zu einer Aussage vereinigt.

Beschreibung und Deutung der Einzelelemente

Den Mittelpunkt des Kupferstichs bildet die Figur der Microscopia. Sie steht auf der obersten Stufe eines Altars und blickt in ein Instrument vom Leeuwenhoekschen Typus[1]. Ihr knöchellanges Kleid ist nach der Art von Darstellungen des scharfsichtigen Argus über und über mit Augen besetzt, die Mikroskopie ist gewissermaßen 'ganz Auge'. Auf sie strahlt aus einem Augensymbol in einer kreisförmigen Wolke von rechts oben ein Lichtschein, das Sinnbild göttlicher Gnade und Erleuchtung. Auch sie selbst hat Anteil am Göttlichen, wie die Flügel an ihrem Kopf andeuten[2].

Auf dem Altartisch liegen die wichtigsten und bekanntesten Objekte, die Leeuwenhoek im vorliegenden Band beschreibt. Man unterscheidet deutlich Fische, an denen er den Blutkreislauf demonstrierte (65. und 66. Brief), einen – freilich überdimensionalen – Floh, dessen Metamorphose Leeuwenhoek erforschte, um die Urzeugungslehre zu widerlegen (76. Brief), Muscheln, deren Ovarien er sezierte (83. und 95. Brief) sowie Pflanzen, die er zum Beweis der Präformationstheorie zergliederte (63. und 64. Brief). Darüber flattern Schmetterlinge, deren Metamorphose ihn ebenso interessierte wie ihre Flügelschuppen (71. Brief).

Athena / Minerva, die Göttin der Wissenschaft und Weisheit, steht hinter dem Altar. Ihr Gesicht ist vom himmlischen Lichtschein erhellt, ihr Auge ruht freundlich auf der Gestalt der Mikroskopie. Die grimmige antike Gottheit ist zu einer gepflegten Dame geworden. Ihr Helm ist so weit in den Nacken geschoben, dass gerade noch sein unterer Rand sichtbar ist, der Nasenbügel teilt wie eine elegante Spange die modische Lockenfrisur. Unter dem rechten Arm hält sie ein Buch, in der linken Hand trägt sie statt des üblichen Speers ein Zepter. Mit ihm weist sie auf ein Wesen, das vom dunklen

[1]) Der Künstler kann kaum ein originales Gerät als Vorbild gehabt haben, denn er hat die Linse zu groß dargestellt und sie in einer runden Fassung an der Oberkante angebracht.

[2]) Flügel bezeichnen in der römischen Kunst allgemein die Verbindung von Personen oder Gegenständen mit dem Göttlichen. Mit einer speziellen Gottheit (man könnte an Merkur / Hermes denken) hat die vorliegende Darstellung wohl nichts zu tun.

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

Schatten teilweise zurückgeschlagener Tücher halb verborgen, vom göttlichen Licht jedoch ein wenig angestrahlt wird.

Diagonal zum göttlichen Auge in der rechten oberen Ecke des Bildes fällt ein zweites Lichtsymbol links unten auf. Eine weibliche Figur sitzt auf der obersten Stufe des Altars. Sie tritt eine häßliche, schlangenhaarige Kreatur mit Füßen, die auf der untersten Ebene liegt. Mit triumphierender Gebärde hält sie in der rechten Hand eine Sonnenscheibe empor, die linke trägt zum Zeichen des Sieges einen Palmzweig und zugleich ein Büchlein, auf dessen Blättern der Künstler seine Signatur angebracht hat: G. van Schaak fecit. Die Szene symbolisiert den Sieg des Lichtes – und zwar des Lichtes der Vernunft – über die Dunkelheit des Unwissens. Ein Globus im Schatten ganz links deutet an, dass sich dieses Licht noch über die Erde verbreiten muss. Am rechten Bein der Sonnenträgerin lehnt ein Plakat mit der Aufschrift: Arcana NATURAE detecta ab ANTONIO van LEEUWENHOEK: Die Geheimnisse der Natur, entdeckt von Antoni van Leeuwenhoek.

Damit erhalten wir den Schlüssel zur Deutung der Gestalt in der linken oberen Ecke. Es kann sich nur um die Natur handeln, deren wahres Wesen – ähnlich dem verschleierten Bild zu Sais – sich hinter dem Schleier des Geheimnisses verbirgt. Zum Ausdruck ihres Rätsels hat

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

ihr der Künstler die Kopfbedeckung einer Sphinx gegeben. Die Mikroskopie hat den Schleier zum Teil zurückgeschlagen, die Erkenntnis der Wahrheit ist nun im göttlichen Lichte möglich.
Auf den Altarstufen sind wissenschaftliche Instrumente niedergelegt. Man unterscheidet eine Armillarsphäre, einen Quadranten, einen Zirkel und ein Lineal, also die Arbeitsgeräte des Astronomen, Geometers und Mathematikers. Die Position der Geräte verrät, dass die Wissenschaften, die sie symbolisieren, im Rang unter der Mikroskopie stehen. Auf der untersten Altarstufe kniet ein Mann, den ein Buch unter dem linken Arm als Gelehrten ausweist. Über seinen Rücken hängt ein Band, auf dem die lateinischen Abkürzungen „occult" (occultus: verborgen) und „qual"[3] (qualis: wie beschaffen?) stehen. Es handelt sich wohl um eine Binde, die ihm von den Augen genommen worden ist. Die Aufschrift stellt die klassische Frage der Forschung nach der Struktur des Unbekannten. Um sie zu beantworten, braucht dieser Wissenschaftler nicht mehr im Dunkeln zu tappen. Dank der Mikroskopie kann er das bisher Verborgene erkennen. Rechts daneben betritt ein weiterer Mann schwungvoll die unterste Altarstufe. Auch er trägt ein Buch. An der Brille, dem Käppi und vor allem der Äskulapschlange in seiner rechten Hand erkennt man den Arzt. Die Gruppe der Adepten wird durch eine dritte Figur vervollständigt, die auf der Gegenseite ebenfalls auf der untersten Altarstufe kniet.
Alle bisher geschilderten Gestalten sind vom göttlichen Licht beschienen. Zwei weitere im Hintergrund stehen aber im Schatten. Es handelt sich um einen Mann mit einem Holzbein, Stock und verbundenen Augen, den eine Frau in Richtung Altar führt. Man könnte an einen Kranken denken, der sich Heilung erhofft, hätte ihm der Künstler nicht ein auffällig großes und spitzes Ohr – ein Eselsohr – gegeben. Das ist ein Zeichen für Torheit und Ungläubigkeit. Der Krüppel steht wohl für alle, die nicht an die wahren Erkenntnisse glauben, wie sie von der Mikroskopie ausgehen. Taub, blind und hinkend irren sie im Schatten, doch wenn sie sich Gott anvertrauen, finden auch sie den rechten Weg. Das symbolisiert der Heroldsstab, den die Führerin in der Rechten trägt. An seiner Spitze erkennt man das Zeichen der göttlichen Hand.

Die Gesamtaussage des Bildes

Die allegorische Darstellung des Kupferstichs lässt sich folgendermaßen verbalisieren: Die Mikroskopie ist eine von Gott erleuchtete Wissenschaft. Sie ermöglicht es, den Schleier des Geheimnisses zu lüften, der noch über seiner Schöpfung liegt. Forscher, die nach der Struktur des Unbekannten fragen, erhalten von ihr Aufschluss. Sie bringt der Welt die rechte Erkenntnis. Auch für die Medizin sind ihre Erkenntnisse höchst nützlich. Deshalb steht sie über anderen Wissenschaften, speziell der Astronomie. Wer all dies noch nicht eingesehen hat, wird unter Gottes Führung bald auf den rechten Weg der Einsicht gelangen.
Heutige Leser verwundern sich vermutlich über die Vielzahl der theologischen Konnotationen. Aber gerade aus ihnen wird ein Problem deutlich, das mit der Erfindung des Fernrohrs und des Mikroskops drängend geworden war. Die Bibel nämlich fordert die Gläubigen und noch mehr die Ungläubigen dazu auf, Gottes unsichtbares Wesen aus seinen sichtbaren Werken zu erkennen[4]. Aber die Informationen, die das Fernrohr seit Beginn des 17. Jahrhunderts über die Struktur der Schöpfung lieferte, brachen allmählich die alte Ganzheit von Weltverständnis und Glauben auf. Das geordnete Bild einer einzigen, von Sternensphären umgebenen Erde war nicht mehr zu halten. Wo war nun Gottes Platz in der Unendlichkeit des Kosmos, wo der des Teufels? Lebten Gottes Geschöpfe nur auf der Erde? Und wenn das nicht der Fall war: Galten dann die biblischen Verheißungen auch für Wesen auf parallelen Welten?
Um die ersehnte Einheit von Glaube und Wissenschaft neu zu befördern, empfahlen führende Philosophen wie Descartes und nach ihm besonders Leibniz den Gebrauch des Mikroskops. Damit, so forderten sie, solle die

[3]) Querstriche machen das u und das a fast unleserlich. Herzlichen Dank an Frau Dr. Hofmann-Randall, UB Erlangen-Nürnberg, für die Entzifferung!

[4]) Röm. 1,20: Denn Gottes unsichtbares Wesen, das ist seine ewige Kraft und Gottheit, wird seit der Schöpfung der Welt ersehen aus seinen Werken, wenn man sie wahrnimmt, so daß sie <sc. die Gottlosen> keine Entschuldigung haben. (Übers.: Luther).

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

Wissenschaft die unendliche Harmonie der Schöpfung im Kleinen anschaulich machen. Leibniz beruft sich sogar mehrfach in seinen Texten auf Leeuwenhoek, Swammerdamm, Malpighi und andere Mikroskopiker[5]. Leeuwenhoek wiederum kommt in fast jedem seiner Briefe dieser Forderung nach. Er fragt stets nach dem Zweck der 'dierkens', die er entdeckt und findet keines, das nicht wenigstens zur Nahrung für andere da ist. Er beschreibt ihre harmonische Bildung und sieht in Unharmonischem den Beleg für Krankheit und Mängel. Er weist nach, dass der Same bereits das kommende Geschöpf in seiner ganzen Gestalt enthält: Gott hat schon am Schöpfungstag alle Wesen vollendet, die bis zum Weltende entstehen sollen. Die 'Erzeugung' ist also nur eine Entwicklung. Er sucht nach dem Grundgesetz des Lebens und findet, dass Geburt und Tod für alles Lebendige bestimmend sind. Leeuwenhoeks praktischen Erkenntnisse stützen die Theorien von Descartes und Leibniz.

Genau betrachtet erweist sich der allegorische Kupferstich also nicht als artiges Bildchen, das den Leser nur erfreuen soll. Vielmehr illustriert er eine entscheidende philosophische Lehrmeinung des späten 17. Jahrhunderts und nimmt dazu engagiert Stellung.

[5]) vgl. Leibniz: Neues System der Natur und des Verkehrs der Substanzen sowie der Verbindung, die es zwischen Seele und Körper gibt. In: Philos. Schriften, Bd. 1, S. 209.

Dank

Ich bedanke mich bei der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg (Handschriftenabteilung) für die Reproduktion des Kupferstichs und die Veröffentlichungsgenehmigung.

Literaturhinweise

Alciatus, A.: Emblematum libellus. Reprograf. Nachdruck der Orig.-Ausg. Paris 1542. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1991.
Hederich, B.: Gründliches mythologisches Lexikon. Reprograf. Nachdruck der Ausg. Leipzig 1770. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1996.
Hendel, R.: Ein Preisgedicht auf Leeuwenhoek. Mikrokosmos *85*, 159–169 (1996).
Hendel, R., Saake, E.: Leeuwenhoek entdeckt die Kryptobiose. Mikrokosmos 86, 285–291 (1997).
Hendel, R.: Leeuwenhoek entdeckt die Kugelalge *Volvox*. Mikrokosmos *88*, 327–330 (1999).
Leeuwenhoek, A.: Opera omnia. Reprografischer Nachdruck der Bände: Leiden 1722 (Bd. I und II), Leiden 1719 (Bd. III), Delft 1719 (Bd. IV). G. Olms Verlag, Hildesheim/New York 1971/72.
Leibniz, G.: Philosophische Schriften, hrsg. und übers. von H. Holz. suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Frankfurt/Main 1996.
Preston, P.: Lexikon antiker Bildmotive. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1997.
Simon, E.: Die Götter der Römer. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1990.
Wilson, C.: The invisible world: early modern philosophy and the invention of the microscope. Princeton University Press, Oxford 1995.

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

Buchbesprechung

Kleesattel, W.: Überleben in Eis, Wüste und Tiefsee. Wie Tiere Extreme meistern. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1999, 240 Seiten, 91 Farbabbildungen, gebunden, DM 78,00, ISBN 3-534-14090-7.

Aus der Perspektive eines gemütlichen Ohrensessels vergisst man allzu leicht, dass sich das Leben auf der Erde nicht nur bei angenehmen 20 °C und moderater Luftfeuchtigkeit vollzieht. Zu den besonders faszinierenden Kapiteln der physiologischen Ökologie gehören daher die speziellen Anpassungsleistungen, mit denen sich Mikroorganismen, Pilze, Pflanzen und Tiere auch in solche Lebensräume eingenischt haben, in denen die physikalisch-chemischen Umweltfaktoren nach bürgerlicher Einschätzung eher grenzwertig sind: Extreme Trockenheit, kochend heiße Gewässer, hoch konzentrierte Salz- und Säure-Lösungen, ständiger Sauerstoffmangel, Tieftemperaturen, enormer Druck und weitere abiotische Widrigkeiten haben die Organismen nicht davon abhalten können, auch Lebensräume mit einem problematischen ökologischen Profil erfolgreich zu besiedeln. Das vorliegende Buch bietet zu solchen Fakten und Phänomenen eine spannend zu lesende und kompetent zusammengetragene Gesamtschau. Sein Schwerpunkt liegt zwar auf den ausgefallenen Autökologien der Tiere, doch kommen auch Pflanzen und Mikroorganismen bei den thematischen Streifzügen durch ungewöhnliche Umwelten in angemessenem Umfang vor. Viele Farbfotos und -grafiken erläutern die übersichtlich gegliederten Textpassagen. Ein inhaltlich sehr vielseitiges, vorzüglich ausgestattetes und bemerkenswert verständlich geschriebenes Sachbuch, das man als anregende Lektüre gerne weiter empfiehlt.

Bruno P. Kremer, Köln

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

Die Stachel der Griffelseeigel

Wolfgang Hasenpusch

Dicke Kalkgriffel machen diese Spezies der Seeigel unverwechselbar. Nicht nur Form und Gestalt, sondern auch der innere Aufbau der völlig ungefährlichen Seeigelgriffel unterscheiden sich von den spitzen, leicht ins Fleisch von Badegästen eindringenden stacheln der *Diadema*-Seeigel (Hasenpusch, 1997; Janssen und Queisser, 1985). Die Struktur der Griffel formten drei Anforderungen: Stauchungsresistenz zum Einklemmen in Felsspalten, mechanische Angriffsbarriere und minimaler hydrodynamischer Widerstand.

Bioniker können von Seeigelgriffeln entsprechend vielfältig lernen: Sie optimierten stauchungsresistente, dreidimensional strukturierte Kalksäulen in materialschonender Leichtbauweise. Sie erschweren mit verdichteten Kalkspitzen den Angriff von Feinden. Aber sie lernten auch, sich in den Strömungen von Flachgewässern mit diesem gewaltigen Griffelkleid zu behaupten.

Griffelseeigel *(Heterocentrotus mammillatus)*, die in Tiefen bis zu 30 m im Roten Meer und im Indopazifik vorkommen, verdanken ihre vielseitigen Untersuchungsergebnisse unter anderem auch der leichten Haltung in temperierten Meerwasser-Aquarien. Sie erreichen dort ein Lebensalter bis zu zehn Jahren. Auf dem Körperpanzer, dem Dermaskelett, bewegen sich Dutzende von Kalkgriffeln verschiedener Länge (Abb. 1). Am unteren Ende weisen diese eine Pfanne auf, mit der sie mittels Muskelgewebe auf den Halbkugelköpfen des Körperpanzers beweglich wie ein Kniegelenk gelagert sind.

Makroskopische Struktur der Stachel

Neben den bis zu über 20 cm lang wachsenden Primärstacheln (Mojetta und Ghisotti, 1998)

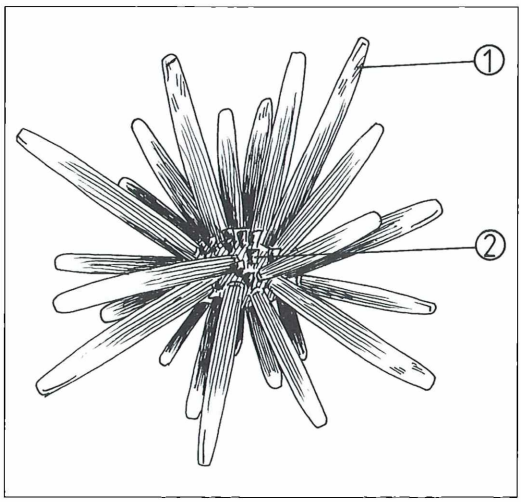


Abb. 1: Griffelseeigel *(Heterocentrotus mammillatus)*. 1 Primärstachel, 2 Sekundärstachel.

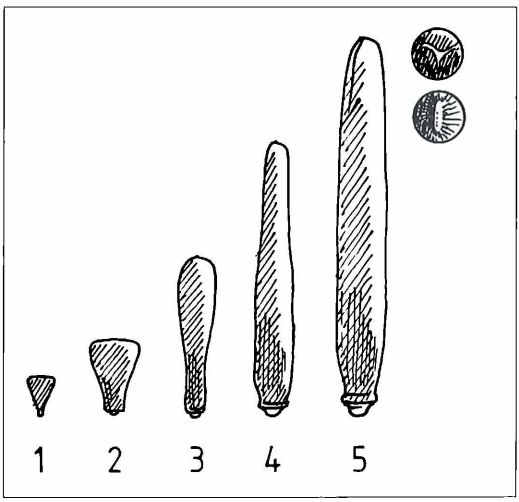


Abb. 2: Wachstumstadien (1–5) der Seeigel-Griffel (mit Stern- und Flachspitze).

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

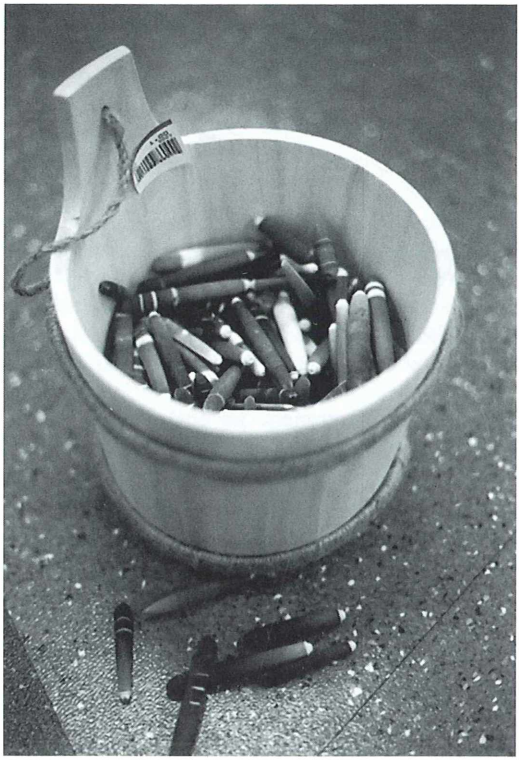


Abb. 3: Verkaufsangebot „Seeigel-Griffel", 1 DM/Stück.

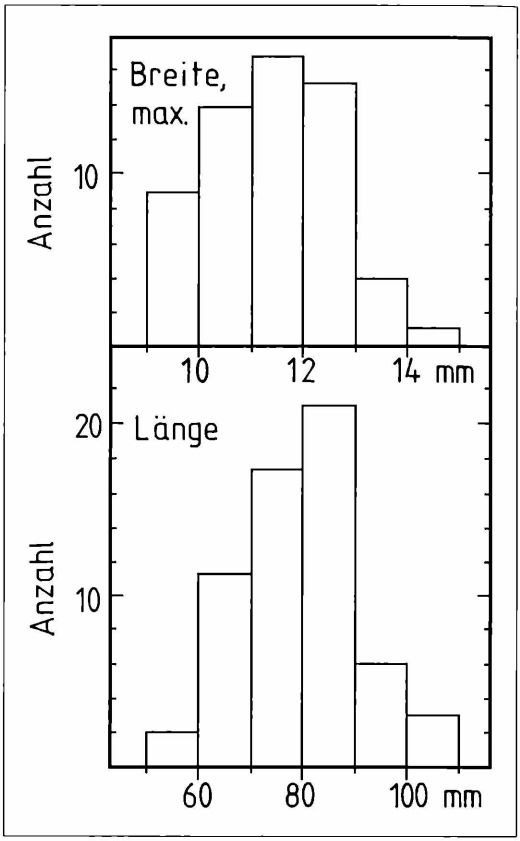


Abb. 4: Breiten- und Längenverteilung von 60 Seeigel-Stacheln eines Warenhaus-Sortiments.

existiert eine Reihe von kleinen, bis zu 1 cm langen Sekundärstacheln. Sie sind auch als Anfang einer Entwicklungsreihe bis zu den ausgewachsenen Primärstacheln anzusehen (Abb. 2). Auffällig an den kleinen Sekundärstacheln ist die flach verbreiterte Spitze. In weiteren Wachstumsstadien verbreitert sich der Mittelschaft. Die längsten Griffel weisen an der Spitze eine dreistrahlig sternförmige Struktur auf. Ein Griffelseeigel vereint alle Wachstumsstadien auf seinem Körperpanzer. Die Spitzen sind jedoch durchweg so abgerundet, dass eine Verletzungsgefahr auszuschließen ist.

In der Regel lebt die nachtaktive Seeigelspezies in freier Natur nur wenige Jahre, selten einmal mehr als sechs Jahre. Langusten, Drücker- und Papageienfische sind unter anderem ihre Feinde. So werden beim Tauchen meist Griffel mit Maximallängen von 8 bis 12 cm Länge gefunden.

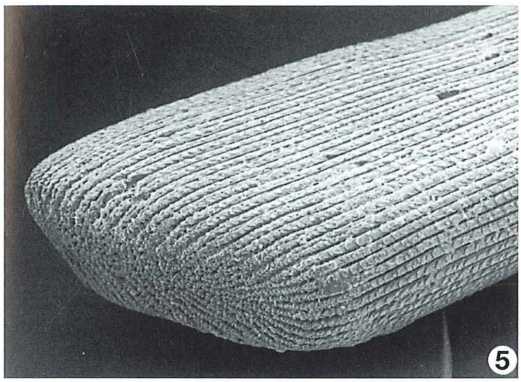
Da diese Griffel von Einheimischen zu Schmuck, wie Ketten und Ohrhänger verarbeitet werden, sind sie seit kurzem auch in deutschen Kaufhäusern im Angebot (Abb. 3). Die größeren Exemplare ließen sich vermessen und zu einer Statistik verdichten (Abb. 4): Danach beläuft sich die durchschnittliche Länge auf 80 bis 90 mm und die durchschnittliche Breite auf 11 bis 12 mm. Das Gewicht der längeren Griffel schwankt üblicherweise um 6 Gramm, erreichte jedoch auch Gewichte über 10 Gramm. Unter Wasser relativiert sich natürlich das Gewicht. Immerhin aber liegt das spezifische Gewicht der Griffel-Masse über 1,2 Gramm pro Kubikzentimeter: In einer gesättigten Kochsalzlösung sinken sämtliche Griffel zu Boden. Nur die mittleren Teile eines zerbrochenen Stachels schwimmen auf.

Die Griffel haben zumeist eine braune Farbe und weisen häufig im oberen Teil zwei oder drei weiße Ringe auf (Abb. 3).

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

Rasterlelektronenmikroskopische Aspekte der Stachel

Die Strukturen des Griffel-Aufbaus lassen sich am besten mit dem Raster-Elektronen-Mikroskop (REM) untersuchen. Bei der Beschreibung von Seeigelgriffeln wurden drei Bereiche ins Auge gefasst: Der Aufbau der Sekundärstacheln, die Struktur der Griffeloberfläche und der Schnitt durch einen Primärstachel.
An den kleineren, nur wenige Millimeter langen, fast dreieckigen Jung- oder Sekundärstacheln lässt sich die sehr ausgeprägte Oberfläche studieren (Abb. 5): Im Groben gleicht sie der Spitze eines Strickstrumpfes. Bis zur verbreiterten Spitze erstrecken sich, vergleichbar mit den Reihen eines einfachen Strickmusters, parallele Längsstreifen. Auf den Streifen sind nach oben gerichtete Schuppen zu sehen. Ähnliches kennen wir von den Stachelstrukturen der *Diadema*-Seeigel (Hasenpusch, 1997). Aus der Stachelkopf-Oberseite wachsen zahlreiche Kalkspitzen heraus. Sie stellen die Enden der Längsstreifen dar und sehen wie Kreuzschraubenzieher-Spitzen aus (Abb. 6).
Der Fuß des Mini-Stachels ähnelt dem seiner größeren Vertreter. Er besteht aus einer gleichmäßig porösen Halbkugel, in deren Mitte sich der Kugelkopf des Körperpanzers eingedrückt zu haben scheint. Diese Pfanne im Stachelfuß weist nur sehr kleine Poren auf (Abb. 7).
Die Oberflächenstruktur eines ausgewachsenen Griffels ähnelt einem Kordstoff, gekennzeichnet durch regelmäßige Längsstreifen. Die Spitze zeigt die Abnutzung durch das Verklemmen in Korallstock- oder Felsspalten (Abb. 8). Auch der Mantel zeigt im oberen Bereich entsprechende Spuren. Die Beschädigung der Oberfläche scheint jedoch wieder auszuheilen, wie an den makellos restaurierten Längsrillen zu sehen ist.
Eine nähere Betrachtung des Griffelmantels lässt neben dem Längsstreifen-Muster auch die eigenartige Struktur der Zwischenräume erkennen (Abb. 9): Der Spalt zwischen den 0,1 mm breiten Streifen ist zusammengewachsen. Der Streifenrand besteht aus aneinandergereihten Viertelkugel-Ausnehmungen, Durchmesser



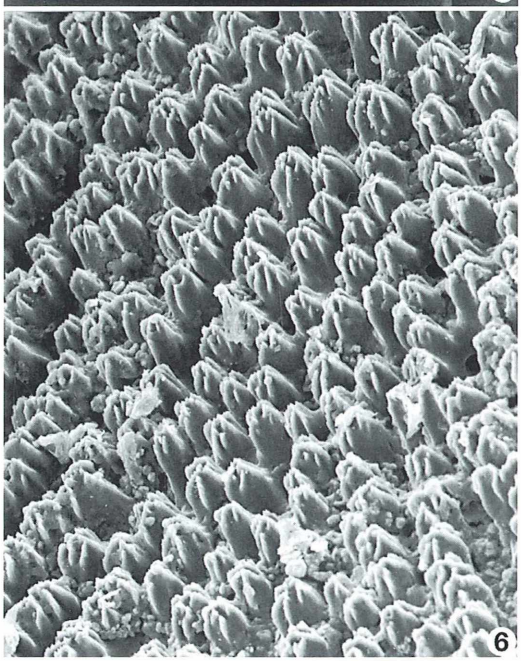


Abb. 5 und 6: Sekundärstachel-Spitze in der Übersicht (5) und Detail der Calcit-Wachstumszone (6).

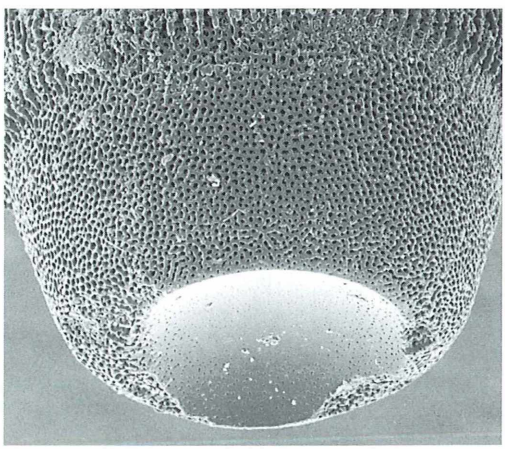
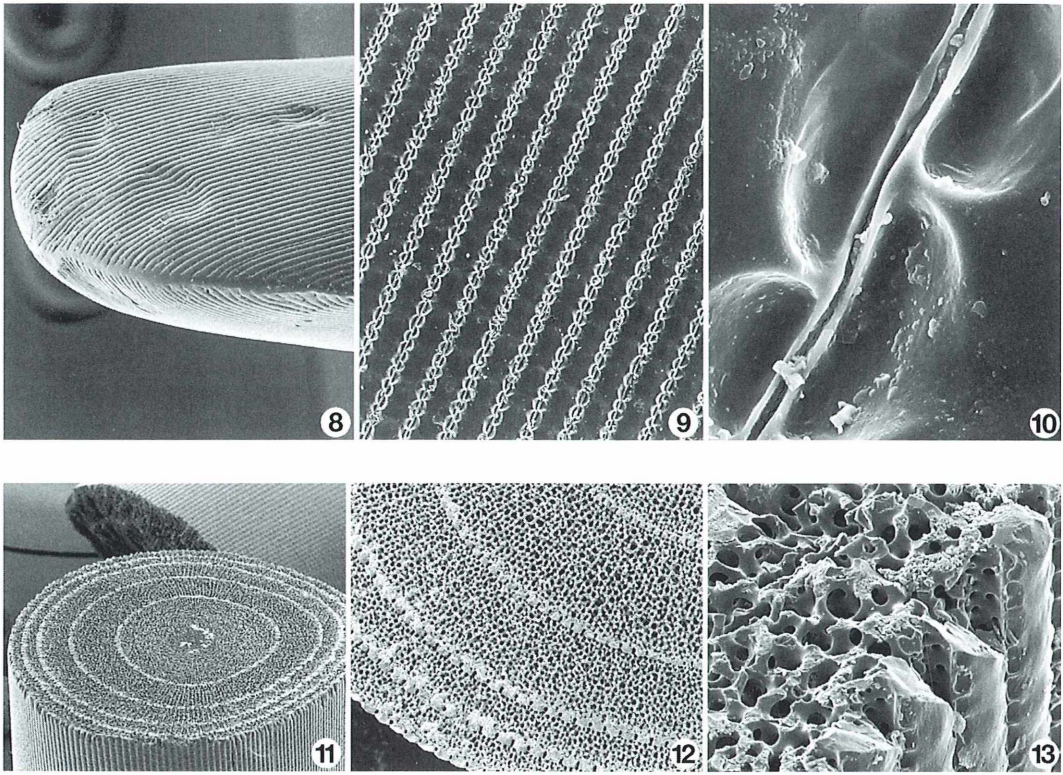
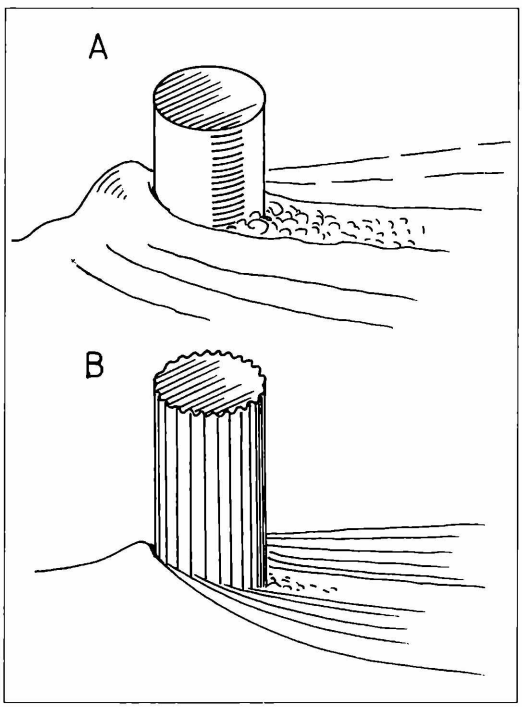


Abb. 7: Gelenkpfanne am Griffelfuß.

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





▲
Abb. 8: Griffelkopf. – Abb. 9: Griffelmantel, Übersicht. – Abb. 10: Griffelmantel, Detail.

Abb. 11–13: Schrägansicht eines durchgesägten Seeigel-Griffels in der Übersicht (11) und im Detail (12) sowie in höherer Vergrößerung des Randbereiches (13).

an Durchmesser – getrennt durch den Spalt. In der weiteren Vergrößerung (Abb. 10) sind die 10 Mikrometer tiefen Randstreifen-Strukturen gut zu erkennen.

Betrachtet man den mit einer Goldschmiedesäge in der Mitte geteilten Griffel, zeigt sich die voll erhaltene zentrosymmetrische stabile Innenstruktur (Abb. 11). Das regelmäßig poröse Innere weist Jahresring-ähnliche Stabilisierungen auf. In dem schaumartigen Kalkkörper sind zentrosymmetrisch radiale Verdichtungen

◄
Abb. 14: Anströmung eines glatten und eines längsgerillten Stabes.

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

zu sehen. Ein vergrößerter Ausschnitt (Abb. 12) lässt erkennen, dass die Material-Verdichtung innerhalb der konzentrischen Ringe von gleicher Struktur ist wie die Außenstreifen. Jahresringe, wie sie sich an Gehölzschnitten zeigen, sind in dieser Deutlichkeit bei nahezu ähnlichen Wassertemperaturen und chemischer Zusammensetzung nur schwer vorstellbar.
Für die Randstruktur des Schnittes wurde eine weitere Vergrößerung gewählt (Abb. 13). Die Kompaktheit der Oberflächenstreifen tritt deutlich zum Vorschein. Aber auch in dem porösen Calcit offenbart sich eine dreidimensionale Regelmäßigkeit: Radial zentrosymmetrische Porenwege von außen zur Mitte, vertikale- sowie zentrosymmetrische Ringkanäle lassen ein Gerüst erkennen, das orthogonal zueinander, das heißt in alle Raumrichtungen stabilisiert ist.

Schlussfolgerung

Es ist schon fantastisch, wie sich die Natur zu helfen weiß, wenn ihre nur relativ weiche Materialien wie der Calcit (Kalziumkarbonat) zur Verfügung stehen. Die Last der schweren Griffel wird durch eine dreidimensional stabilisierte Konstruktion unter geringstmöglichen Materialaufwand minimiert. Säulenstrukturen dieser Art können Architekten und Konstrukteuren zum Vorbild dienen.

Die Frage nach dem Längsstreifen-Außenprofil der Griffel wird im Zusammenhang mit dem Widerstand gegen Strömungen interessant. Hat die Evolution hier eine Lösung zustande gebracht, die Strömungen einen minimalen Widerstand entgegensetzen? An Säulen mit Längsstreifenprofil zeigen sich im Gegensatz zu glatten Säulen in der Tat niedrigere Anströmwellen und geringere Wirbelausbildungen im Strömungsschatten. Längsprofile teilen die Bugwelle in parallel verlaufende Wellen auf (Abb. 14). Wird der Anströmwiderstand dadurch möglicherweise erheblich herabgesetzt? Hydro- und Aerodynamiker werden sich die entsprechende Antwort geben müssen.

Dank

Herrn Hayo Everts, Hanau, sei für die fachmännische Anfertigung der REM-Aufnahmen gedankt.

Literaturhinweise

Mojetta, A., und A. Ghisotti: Fische und Korallen des Roten Meeres. Natur Buch Verlag/Weltbild Verlag, Augsburg 1998.
Hasenpusch, W.: Seeigel-Stachel – ein Objekt für die Bionik. Mikrokosmos *86*, 211–215 (1997).
Janssen, H. H., und W. Queisser: Wider den Stachel. Mikrokosmos *74*, 129–134 (1985).

Verfasser: Dr. Wolfgang Hasenpusch, Dipl. Chem., Treuener Str. 7, D-63457 Hanau

Buchbesprechung

Dusenbery, D.B.: Verborgene Welten – Verhalten und Ökologie von Mikroorganismen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin 1998, 219 S., gebunden, DM 68,00, ISBN 3-8274-0245-X.

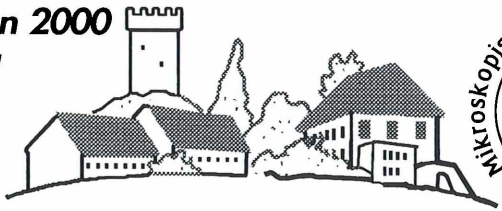
Das vorliegende Buch gehört in die Reihe Spektrum-Bibiliothek. Genau wie die anderen Bücher dieser Reihe ist auch dieses sehr schön gestaltet. Die vielen Abbildungen geben einen Einblick in die verborgenen Welten kleiner Lebewesen. Leider ist durch die gewählte Gruppe der „Mikroorganismen" der Text oft missverständlich, es fehlt der klare Zusammenhang oder aber es wird zu oberflächlich differenziert. Die vom Autor angebotene Definition für Mikroorganismen (Mikroorganismen, d. h. Bakterien, einzellige Pilze, Protozoen, Algen, Rädertiere, Nematoden und Plattwürmer sind solche Lebewesen, die ohne Kreislauf auskommen) mag physikalisch zutreffen, ist aber biologisch irreführend. Überhaupt leidet die Systematik unter dem Blickwinkel von Verhalten und Ökologie zu sehr als das man darüber hinweg sehen könnte. Zudem haben sich Fehler eingeschlichen, so z. B. wenn das Epitheton (spezifisches Beiwort) und nicht das Binomen (Gattungsname und Epitheton) fälschlich als Artname deklariert wird. Dennoch, wer sich von der Vielfalt der Lebewelt inspirieren und von vielen kleinen Geschichten über kleine Dinge unterhalten lassen möchte, der findet in diesem Buch sicher einiges zum schmökern, vorausgesetzt er ist bereit, das eine oder andere Fachbuch hinzuzuziehen.

Matthias Wolf, Berlin

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

Nachrichten

8. Mikroskopier-Treffen 2000 auf dem Wohldenberg



Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft * Hannover *
in minimo deus maximus
M A H

In der Zeit vom 1. 5.–6. 5. 2000 veranstaltet die Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover unter der Leitung von Karl Brügmann zum 8. Mal das Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg in der Nähe von Hildesheim.
Diese Veranstaltung ist besonders für histologisch interessierte Mikroskopiker geeignet, da ihr Schwerpunkt auf der Herstellung von histologischen Präparaten liegt. Hierbei verarbeitet jeder Teilnehmer etwa 30 Mikrotomschnitte von botanischen und tierischen/menschlichen Geweben zu wertvollen Dauerpräparaten mit verschiedenen Mehrfachfärbungen. Selbständiges Arbeiten und amateurgerechte, semiprofessionelle Methoden garantieren einen guten Erfolg und ermöglichen den Teilnehmern auch ein sicheres Nachvollziehen im häuslichen Labor, zumal viele der benötigten Chemikalien gleich mitgenommen werden können. Es werden auch Schnitte von in Kunststoffen (Epoxidharz und Glykolmethacrylat) eingebetteten Pflanzengeweben bearbeitet, wodurch eine noch bessere Qualität der fertigen Präparate erreicht wird.
Über eine Videoanlage am Mikroskop können die hergestellten Präparate gemeinsam diskutiert werden.
Zum festen Bestandteil des Programms gehört auch ein schöner Gesteinsdünnschliff, der wieder unter der Anleitung von Wilfried Latz hergestellt wird. Diese handwerkliche Tätigkeit bereitet allen Teilnehmern immer große Freude.
Bei Bedarf können sich auch die Planktonfreunde reichlich betätigen. In der unmittelbaren Umgebung sind verschiedenartige Gewässer vorhanden, in denen reichlich Material gefischt werden kann.
Eine fachbezogene Besichtigungsfahrt ist auch vorgesehen. Sie führt zu einer Institution, die eine enge Beziehung zur Mikroskopie hat. Das genaue Ziel wird später bekanntgegeben. Die Abende werden mit Diavorträgen und Diskussionen ausgefüllt. Ferner besteht die Möglichkeit, an einem Abend mikroskopische Geräte und Zubehörteile zu tauschen.
Die Veranstaltung findet in den Gebäuden einer Bildungsstätte statt, die unterhalb der Burganlage „Wohldenberg" mitten im Wald gelegen ist und von der Autobahn gut erreicht werden kann.
Die Teilnehmer haben bei der Übernachtung die Wahl zwischen Doppelzimmer mit Bad und WC (Belegung mit 2 Personen) 440 DM/Person, Doppelzimmer mit Bad und WC als Einzelzimmer 495 DM/Person, Einzelzimmer mit fl. Wasser, Etagendusche 445 DM/Person.
Die Preise enthalten Übernachtung, großes Frühstücksbüffet, Mittagessen, Nachmittagskaffee und Abendessen, sowie die Kurskosten einschließlich der Verbrauchsmaterialien. Ein Grillabend auf der schönen Hausterrasse ist eine beliebte Abwechslung und bietet die Gelegenheit, beim Einbecker Mai-Bockbier über mikroskopische Themen zu diskutieren. Ein eigenes Mikroskop ist möglichst mitzubringen.

Die Einzelheiten in Kürze:
Wann: 1. 5. 2000, 12.00 Uhr bis 6. 5. 2000, 11.00 Uhr.

Wo: Haus Wohldenberg, 31188 Holle, Autobahn A7 Ausfahrt Derneburg > Holle > Sillium > Wohldenberg.
Die nächste Bahnstation ist Derneburg, von dort mit Taxi (ca. 5 km).

Eine verbindliche Anmeldung sollte möglichst früh, aber spätestens bis zum 10. März 2000 schriftlich oder durch Zahlung des entsprechenden Betrages auf folgendes Konto erfolgen: Karl Brügmann, Sonnenweg 33, 30171 Hannover, Tel.: (05 11) 81 33 33, Konto 48559-306 bei Postbank Hannover (BLZ

8. Internationale Mikroskopietage in Hagen vom 10. bis 12. November 2000

Programm und Informationen können ab Februar 2000 angefordert werden bei:
Gerhard Göke, Am Widey 7, D - 58095 Hagen, Tel./ Fax (0 23 31)3 17 54,
Jürgen Stahlschmidt, Haferkamp 60, D - 58093 Hagen, Tel. (0 23 31) 5 75 09/Fax 95 33 10.

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

Eine Einführung in die Dendrochronologie

Susanne Schödel

Dass das Alter von Bäumen durch einfaches Abzählen der Jahresringe ermittelt werden kann, ist allgemein bekannt. Wie professionelle Altersbestimmung von Hölzern mittels dendrochronologischer Methoden durchgeführt wird, soll im folgenden Beitrag erläutert werden.

Bei der dendrochronologischen Altersbestimmung wird die Jahrringfolge von Holz analysiert und hieraus unter anderem das Fälljahr eines Baumes bestimmt. Somit ergibt sich das frühest mögliche Baujahr eines Gebäudes, wenn man zum Beispiel das Bauholz des Dachstuhls untersucht.

Grundlagen

Die unterschiedliche Jahrringbreite ist die Basis des dendrochronologischen Datierungsverfahren. Die Jahresringbreite ist von Baumart zu Baumart verschieden. Innerhalb einer Baumart treten weitere Schwankungen auf, die einerseits durch den Standort (zum Beispiel Bodentyp, Hangneigung, Exposition, Höhenlage), andererseits durch das jeweilige Jahresklima festgelegt werden. Das sogenannte Überbrückungsverfahren dient als Basis der dendrochronologischen Datierung: Kurven rezenter Bäume mit bekanntem Fälljahr können eindeutig und jahrgenau untereinander synchronisiert werden. Diese können so mit genügend langer zeitlicher Überlappung als Datierungsgrundlage für undatierte Jahrringserien dienen. Zur Datierung wird die Jahresringfolge einer Probe mit der Jahresringfolge bekannter Holzproben verglichen. Letztere bezeichnet man als Standardkurven; sie müssen ortsspezifisch erstellt werden. (siehe zum Beispiel Abb. 4: Standardkurve Fichte, Standort Naumburg/Thüringen).

Bohren und Präparieren der Bohrkerne

Die Jahresringanalyse wird an Bohrkernen vorgenommen. Diese werden mittels einer Bohrmaschine mit Hohlbohrer und eines Führungsholzes senkrecht zur Waldkante (letzter Jahrring vor der Borke) in Faserrichtung und zu den Jahrringen in Richtung Mark entnommen. Der Durchmesser beträgt 1 bis 1.5 cm. Senkrecht zur Faserrichtung glättet man die Oberfläche des Bohrkernes, der in einen Schraubstock eingespannt wird, mit einem scharfen Klingenmesser.

Holzartenbestimmung

Im Dachbau sind die wichtigsten Holzarten Tanne, Fichte, Kiefer und Eiche. Die vier Arten lassen sich anhand einfacher Merkmale leicht unterscheiden (Abb. 1): Fichte und Tanne sind sogenannte Reifholzbäume; bei ihnen gibt es keinen farblichen Unterschied zwischen Kern- und Splintholz. Splintholz nennt man die äußeren Holzschichten, die aus jüngeren Jahresringen bestehen. Diese enthalten lebende Zellen, die Reservestoffe speichern. Die Wasserleitung ist bei diesen Bäumen auf den Splint beschränkt. Fichte und Tanne lassen sich durch das Vorhandensein bzw. Fehlen von Harzkanälen unterscheiden: Die Fichte besitzt sie, der Tanne fehlen sie. Die Harzkanäle sind als weiße Pünktchen sichtbar. Im Gegensatz zu Fichte und Tanne sind Kiefer und Eiche typische Kernholzbäume, deren Holz in Splint und Kern differenziert ist, wobei das Kernholz der Kiefer rötlich gefärbt ist, das Splintholz eher braun. Die Verfärbung wird durch Einlagerung verschiedener Stoffe (Gerbstoffderivate, Harze etc.) hervorgerufen. Die Eiche ist leicht durch ihre Thyllen bestimmbar. Diese großporigen Füllzellen werden im Sommer gebildet. Das Splintholz der Eiche ist oft deutlich heller als das Kernholz und vielfach wurmbefallen.

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

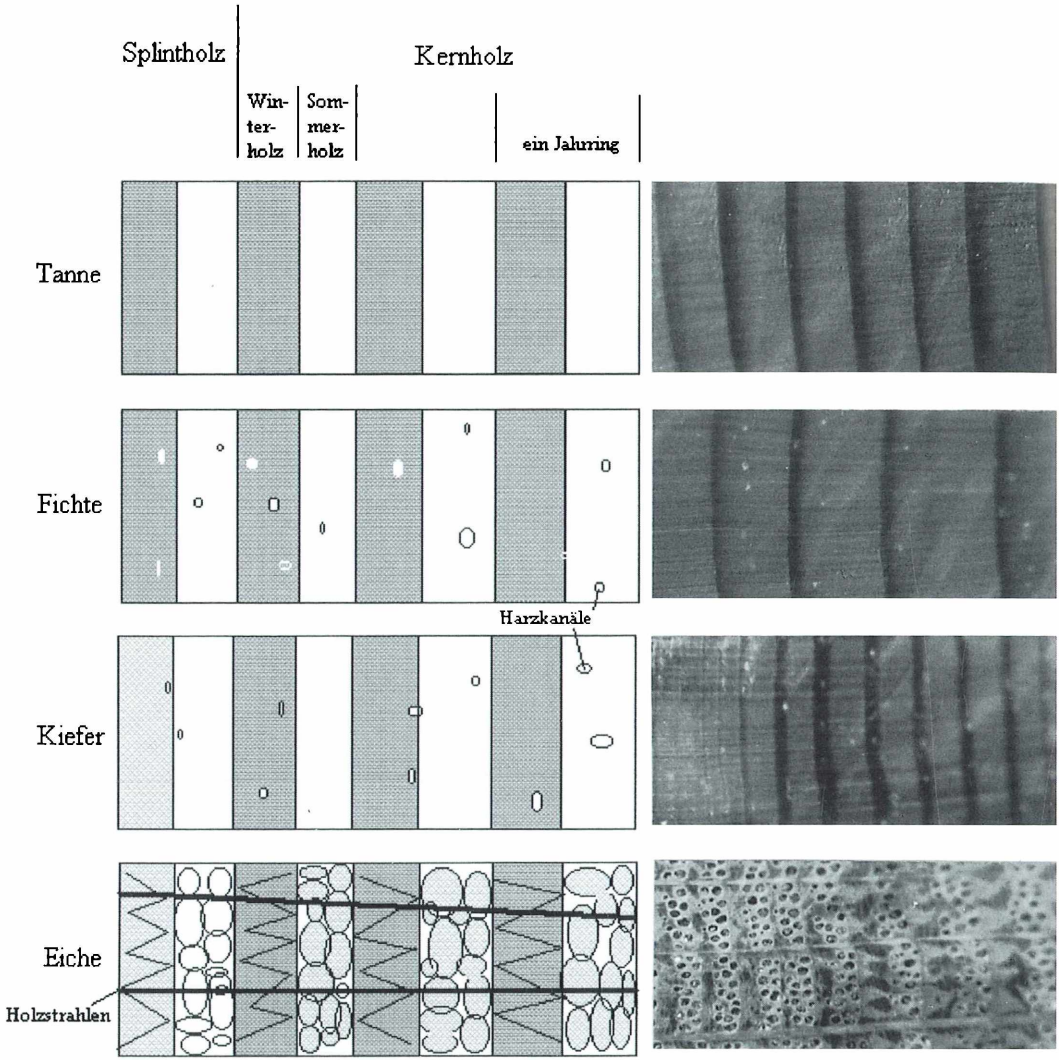
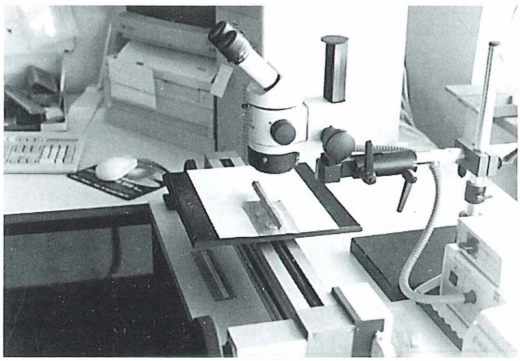


Abb. 1: Querschnitte der vier Holzarten Tanne, Fichte, Kiefer, Eiche.



Arbeitsablauf

Die Messung der Jahresringlänge wird mit einem Stereomikroskop bei 6,4- bzw. 16-facher Vergrößerung durchgeführt. Zum gleichmäßigen Verschieben der Holzprobe wird diese auf

◄

Abb. 2: Arbeitsplatz: Binokular über dem Jahrringmessgerät (LINTAP), das mit einem Computer verbunden ist. Die Analyse erfolgt über das MS-DOS-Programm Time Series Analysis Program.

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

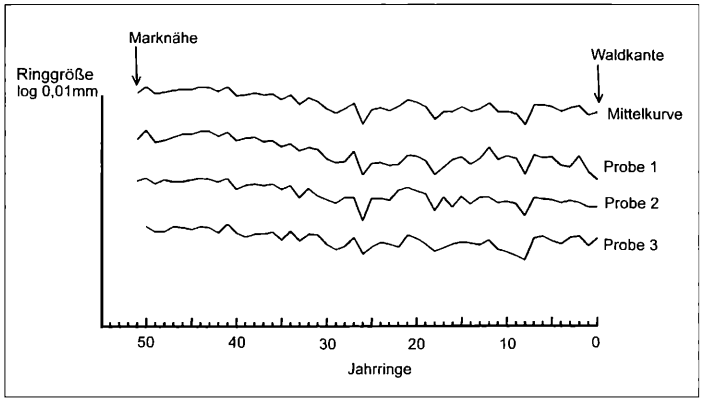


Abb. 3: Erstellung der Mittelkurve aus drei Jahrringkurven derselben Baumart.

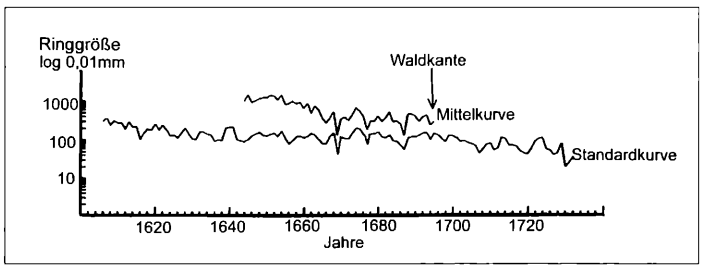


Abb. 4: Die undatierte Mittelkurve wird Jahr für Jahr mit der Standardchronologie verglichen und schließlich exakt zugeordnet.

den Messtisch eines Jahrringmessgerätes gelegt (zum Beispiel LINTAP), das über den Druckeranschluss an einen Computer angeschlossen wird (Abb. 2).
Die geglättete Probe wird zur besseren Kontrastierung mit Kreide eingerieben; dann misst man die Jahrringbreiten Jahr für Jahr unter der Stereolupe. Für eine zuverlässige Datierung müssen ca. 50 Jahrringe ausgemessen werden, das Minimum liegt bei 30. Das MS-DOS-Computerprogramm Time Series Analysis Program erstellt für jede Probe eine Einzelkurve, wobei die Folge der Jahrringe gegen den Logarithmus mal 0,01 der Jahrringbreite in Millimeter aufgetragen wird.

Ergebnisse

Aus den Jahrringkurven verschiedener Proben derselben Holzart, die untereinander synchron sind, wird eine Mittelkurve gebildet (Abb. 3), die schließlich Jahr für Jahr mit einer Standardchronologie derselben Holzart verglichen wird (Abb. 4). Anhand hoher statistischer Synchronwerte lässt sich die Mittelkurve datieren. Am Leuchttisch wird alles „von Hand" überprüft. Hier setzt das dendrochronologische Handwerk ein: Fleiß, Erfahrung und Vorsicht! Wenn an der Holzprobe die Waldkante vorhanden ist, kann das Fälljahr des Baumes genau bestimmt werden. Ist, wie es am hier vorliegenden Beispiel der Fall ist, die Probe auf 1695 datiert und die Winterwaldkante erhalten, ist der Baum im Winter 1695/96 geschlagen worden. Das Gebäude, aus dem die Dachstuhlprobe stammt, ist also nach 1696 gebaut worden.

Schlusswort

Der Jahrringkalender in der archäologischen und botanischen Forschung, der mittels dendrochronologischer und anderer Datierungsverfahren (zum Beispiel Radiokarbon-Methode) aufgestellt wurde, reicht mittlerweile bis etwa 10.000 Jahre zurück und liefert wertvolle Daten über die Klimageschichte Mitteleuropas. Baugeschichtliche Datierungen in

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

Deutschland mittels Dendrochronologie lassen sich bis etwa 1.000 n. Chr. durchführen.

Dank

Herzlicher Dank geht an meinen Ehemann Dr. Horst Schödel für die Erstellung der Fotos und an Dipl.-Holzwirt Thomas Eißing (Universität Bamberg, Institut für Denkmalpflege und Bauforschung) für die Begutachtung meines Materials.

Literaturhinweise

Eißing, Th.: Grundlagen der Dendrochronologie. Arbeitshefte des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege 2, 15–20 (1996).
Strasburger, E.: Lehrbuch der Botanik, 31. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1978.

Verfasserin: Susanne Schödel,
Zum Weidig 6, D-96138 Burgebrach

Aus der Industrie

Durchlichtmikroskop Axiostar – Preisleistung für mikroskopische Hochleistung in der Ausbildung und Routine

Das Durchlichtmikroskop Axiostar (Abb. 1) ist das ideale Mikroskop für biologische und medizinische Untersuchungen in der Ausbildung und Routine. Solides Material, leistungsfähige Optik und mechanische Zuverlässigkeit sichern die dauerhafte Funktion des Mikroskops auch bei großer Beanspruchung, z. B. im Studentenalltag.
Das Axiostar verfügt über die gleiche optische Qualität wie die großen Mikroskope von Carl Zeiss: Die ICS-Optik (Infinity Color-Corrected System) gibt Sicherheit für brillante, farbkorrigierte und kontrastreiche Bilder.
Der köhlerbare und zentrierbare Kondensor 0,9/1,25 ist im Stativ integriert. Er enthält eine Aufnahme für Phasenkontrast- und Dunkelfeldschieber und leuchtet alle Objektive von 2,5× bis 100× aus bei einem Sehfeld von 18 oder 20 mm.
Auch einfacher Polarisationskontrast ist möglich. Wahlweise 4- oder 5facher Objektivrevolver, patentierter Schwenkmechanismus zum Einstellen der Einblickhöhe am binokularen Tubus und am Fototubus, die Möglichkeit zum Anschluss einer eigenen Spiegelreflexkamera, einer Mikroskopkamera oder einer Videokamera zur Dokumentation, Präsentation oder zur Software unterstützten Bearbeitung von Ergebnissen sind einige herausragende Merkmale des Durchlichtmikroskops Axiostar.

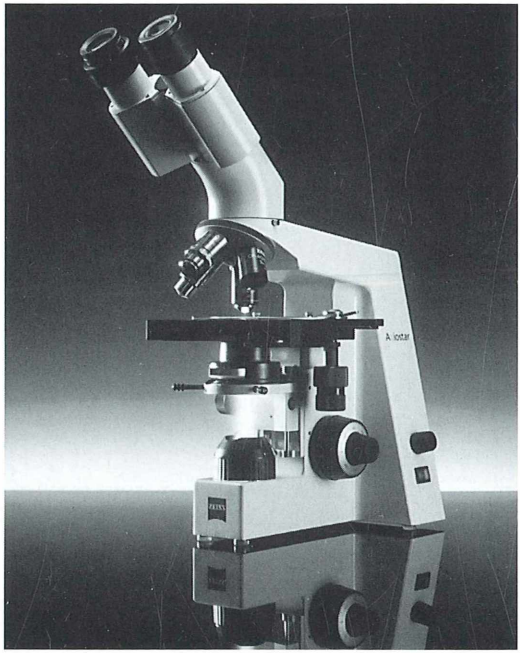


Abb. 1: Durchlichtmikroskop Axiostar von Carl Zeiss für Lehre und Labor.

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

Leuchtdioden (LEDs) als Lichtquellen für die Mikroskopie

Gerhard Göke

Leuchtdioden mit relativ hoher Lichtleistung können schon heute die konventionellen Niedervoltglühbirnen teilweise ersetzen. Das Licht einer weißen Leuchtdiode ist praktisch kalt und verändert seine Farbtemperatur bei Änderungen der Betriebsspannung nicht. Ihre Stromaufnahme ist so gering, dass Exkursions- und Reisemikroskope mit einer kleinen Batterie vom Stromnetz unabhängig sind. Aber auch bei Labor- und Forschungsmikroskopen wird die Beleuchtung mit LEDs in zunehmendem Maße an Bedeutung gewinnen. Mit 100.000 Betriebsstunden ist die Lebensdauer einer LED im Vergleich mit der einer Glühbirne ungewöhnlich lang. Der nachfolgende Beitrag erklärt diese neue Entwicklung.

Als Diode bezeichnet man einen zweipoligen Halbleiter, der den elektrischen Gleichstrom nur in einer Richtung passieren lässt, in der anderen jedoch sperrt. Man spricht auch von einem einfachen pn-Übergang. Bei einer Leuchtdiode oder LED (Light Emitting Diode) wird der Halbleiterkristall zu elektromagnetischen Schwingungen angeregt. Man kann ihn als Mini-Oszillator mit einer Mini-Leistung betrachten. Das für uns Interessante an dieser Eigenschaft ist die Tatsache, dass die emittierten Wellenlängen von Ultraviolett bis Infrarot reichen und somit auch das gesamte sichtbare Spektrum abdecken (Abb. 1,1).

Aufbau und Funktion von LEDs

LEDs bestehen aus Halbleitern wie zum Beispiel GaAs (Galliumarsenid). Das Material wird in dünnen Schichten auf einen geeigneten Träger aufgebracht. Eine davon enthält wenige Atome Iridium (Elektronenüberschuss), die andere Aluminium (Löcher). Wenn eine Gleichspannung angelegt wird, fließen Elektronen in die Löcher und setzen dabei rotes Licht frei. Wenn man anstelle von Arsen Phosphor einsetzt, leuchtet die LED gelb. Mit Galliumnitrit lassen sich Grün und neuerdings auch Blau, Violett und Ultraviolett (bis 330 nm) emittierende LEDs herstellen.
Weißes Licht kann nur durch Mischen verschiedener Spektralfarben erzeugt werden. Da LEDs in der Regel nur monochromatisches farbiges Licht emittieren, war früher für die Erzeugung von weißem Diodenlicht die Kombination von je einer roten, grünen und blauen LED erforderlich. Heute werden weiß strah-

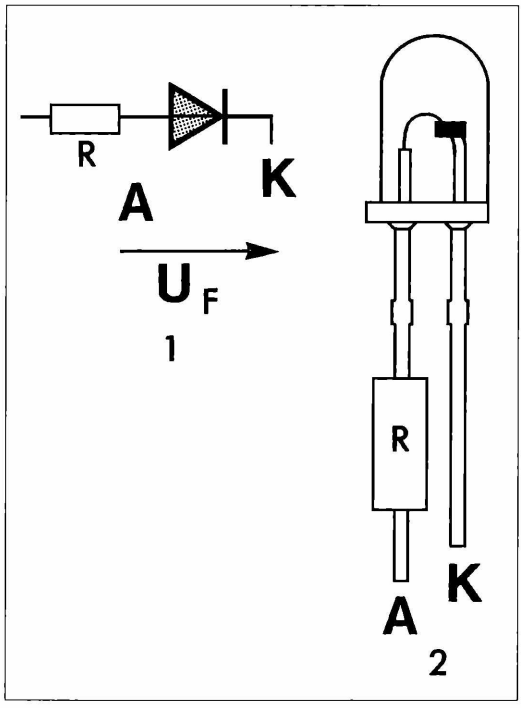


Abb. 1: Links Prinzip der Leuchtdiode (LED), rechts ihr Aufbau. Durchmesser der LED: 5 mm. A Anode, K Kathode, R Vorwiderstand, UF Richtung des Stromes.

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

lende LEDs beispielsweise durch Anwendung des Konversionsprinzips hergestellt: Ein Teil der Strahlung der blau-emittierenden LED wird von einem Phosphorfüllstoff in gelbes Licht umgewandelt. Diese Mischung aus Gelb und Blau nimmt das Auge als weißes Licht wahr. Die komplizierte Ansteuerung von drei Farben entfällt.
Heute werden LEDs auf hohe Lichtausbeute hin konstruiert. Leistungen von 5.000 mcd (millicandela) sind nicht selten. Dabei spielen komplizierte physikalische Vorgänge eine Rolle. Es reicht nicht aus, nur die Zusammensetzung des Halbleitermaterials zu ändern, sondern man muss auch andere Herstellungsverfahren und Schichtungen wählen. Erst die auf hohe Lichtleistung gezüchteten farbigen und besonders die weißen LEDs machten diese Halbleiter als kalte Lichtquellen für die Mikroskopie interessant.

Einsatz von LEDs außerhalb der Mikroskopie

Heute ersetzen die LEDs bereits in vielen Bereichen die konventionelle Glühbirne. Das Rotlicht von ca. 60.000 Verkehrsampeln in Kalifornien stammt nicht von Glühbirnen, sondern von sogenannten Clustern, die aus vielen roten LEDs bestehen. Auch Schweden und Japan bevorzugen diese Ampelbeleuchtung. In New York hat die Firma Dow Jones den „Times-Square-Zipper" umgerüstet. Man war es leid, die 12.048 Glühbirnen des 110 m langen Laufbandes regelmäßig auszuwechseln. Jetzt informieren 227.000 bernsteinfarbene LEDs die Passanten über neueste Nachrichten und Börsenkurse. Das sind nur zwei Beispiele für die Anwendung lichtstarker LEDs. Aus Uhren, Fernsehern und Taschenrechnern kennen wir sie schon seit 30 Jahren, allerdings mit minimaler Leistung. Die Anstrengungen bei der Entwicklung immer hellerer LEDs haben zwei Gründe: Eine LED brennt mindestens 100.000 Stunden. Das sind elf Jahre bei Dauerbetrieb. Der Stromverbrauch ist ganz minimal und steht in keinem Verhältnis zu dem einer Glühbirne. Das ausgestrahlte Licht ist kalt.

LEDs in der Mikroskopie

Der Einsatz farbiger LEDs in der Mikroskopie ist nicht neu. Ich habe mich schon früher damit beschäftigt. Erst auf der MEDICA 98 in Düsseldorf wurden weiße LEDs als Mikroskopbeleuchtung vorgestellt. Über ihre Art und Herkunft sowie über die Konstruktion der Beleuchtung war jedoch nichts zu erfahren.
Ich verwende weiße und farbige LEDs mit einem Durchmesser von 5 bis 10 mm und einem Durchlassstrom von maximal 20 mA (Milliampere) bei einer Lichtleistung von 800 bis 5.000 mcd. Der Kopf dieser LEDs ist eine Kunststofflinse. Der Abstrahlungswinkel beträgt 15 bis 30 Grad. Ich betreibe sie mit einem schaltbaren Netzgerät, das stufenweise 3 bis 12 V Gleichstrom erzeugt und eine Leistung von 500 mA hat. Für Exkursions- und Reisemikroskope eignen sich 9 V-Blockbatterien. Man ist dann vom Netzstrom unabhängig.

Einbau von LEDs im mikroskopische Systeme

Abbildung 1,2 zeigt eine Leuchtdiode (LED). Das lange Beinchen ist die Anode, das kurze die Kathode. Zur Begrenzung des Durchlassstromes wird die Anode mit einem Vorwiderstand verbunden, dessen Größe sich nach den Angaben des LED-Herstellers richtet (in der Regel 470 bis 820 Ohm). Mit einem LED-Tester, den die Firma Conrad/Hirschau liefert, kann man Leistung und Eigenschaften der LEDs prüfen. Weil diese Halbleiter so klein sind und kaltes Licht erzeugen, können sie direkt in den Kondensor unterhalb von dessen Frontlinse eingebaut werden (Abb. 2 oben). Die erste Linse des Kondensors wird in diesem Falle durch die Linse der Diode vertreten.
Es ist jedoch besser, die LED unterhalb der Aperturblende des Kondensors anzubringen, deren Funktion dann erhalten bleibt (Abb. 2 unten). Ich benutze hierfür den Kondensor UFC von PZO, weil dessen Blendenträger, der normalerweise eine Zentralblende für Dunkelfeld oder eine Ringblende für Phasenkontrast aufnimmt, zentrierbar ist. Die LED wird in den Blendenträger eingebaut und kann im Strahlengang optimal verschoben werden. Die LED wird auf eine runde Grundplatte beispielsweise aus Pertinax montiert, wobei der winzige Vorwiderstand (1/4 Watt) unter der Platte angebracht wird. Zwei Miniatur-Kuppelungen stellen die Verbindung mit den Steckern des Netzgerätes her. Für Versuchsaufbauten ist der Deckel einer schwarzen Filmdose geeignet. Wer im Löten solcher Kleinteile ungeübt ist

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

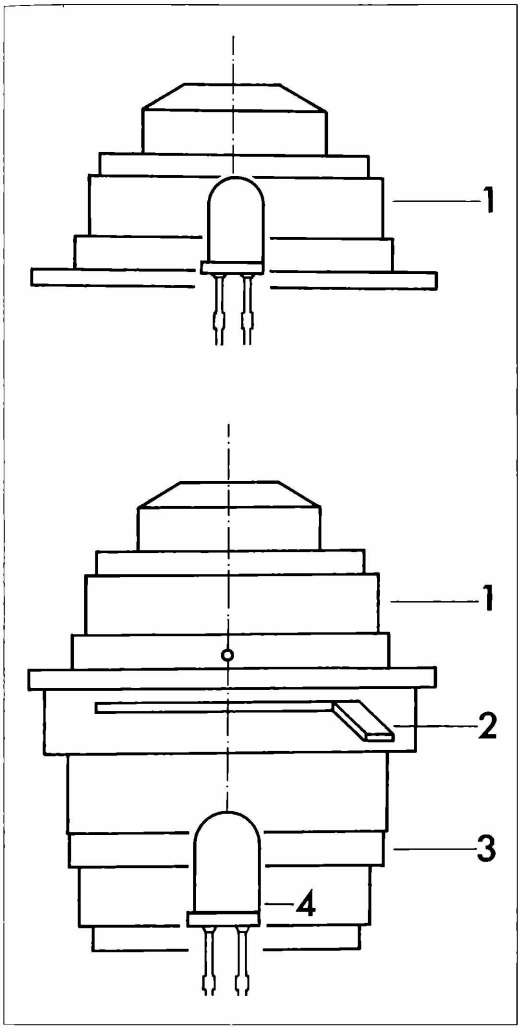


Abb. 2: Einbau der LED in den Kondensor. oben: LED unter der Frontlinse des Kondensors; unten: LED unterhalb der Aperturblende des Kondensors. 1 Kondensorfassung, 2 Aperturblende, 3 und 4 Gehäuse (3) der LED (4). Erklärung im Text.

(nach 5 Sekunden ist die LED zerstört), kann sich mit den Metallverbindungen von Lüsterklemmen behelfen (s. hierzu Abb. 3 und 4).
Ich habe verschiedene Gehäuse gebaut, die auf den Stativfuß des Mikroskops, zum Beispiel auf dessen Lichtaustrittsöffnung gestellt werden können. Die LED mit ihrem Vorwiderstand und den Anschlusskontakten befindet sich auf dem Boden des Gehäuses, das im einfachsten Falle aus mehreren kurzen M42-Zwischenringen für Nahaufnahmen besteht (Abb. 5). Oben wird eine Linse eingesetzt, deren Brennweite je nach Abstand zur Aperturblende des Kondensors 30 bis 60 mm beträgt. Eine Irisblende bildet als Leuchtfeldblende den Abschluss. Diese Blende wird durch Höhenverstellung des Kondensors im Präparat scharf abgebildet. Auf die genaue Zentrierung der LED muss geachtet werden. Auf diese Weise wird eine Köhlersche Beleuchtung realisiert. Bei den modernen Objektiven mit ihrem mehrschichtigen Antireflexbelag ist das nicht zwingend erforderlich. Hier wird die Bedeutung der Köhlerschen Beleuchtung oft überschätzt.

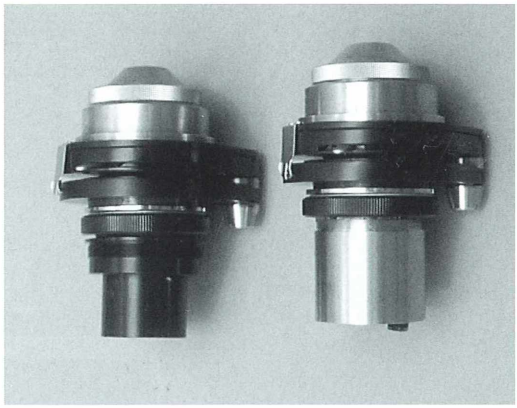
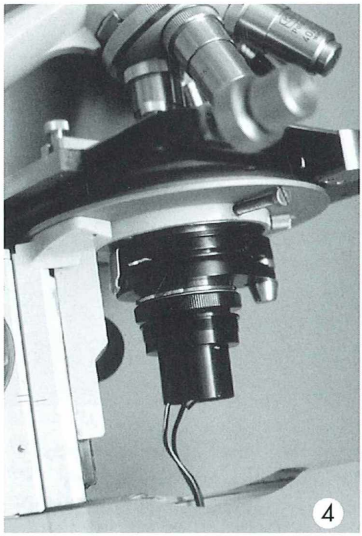


Abb. 3: Kondensor UFC von PZO mit eingebauter LED. Das Rohr unterhalb des Kondensors schützt den Sockel der LED mit Vorwiderstand und Kuppelungen.

In den universellen Mikroblitz nach Stahlschmidt, der auf die Lichtaustrittsöffnung von Mikroskopstativen aufgesetzt wird, habe ich eine Weißlicht-LED als Pilotlicht eingebaut. Der Mikroblitz besitzt oberhalb des Strahlenteilers eine Leuchtfeldblende, die in der Objektebene abgebildet wird. LED und Blitzröhre sind optisch zueinander konjugiert.
Bei schwachen Vergrößerungen bis zum Objektiv 10× kann der Bilduntergrund infolge der hohen Sehfeldzahl etwas inhomogen sein. Wenn man den Kondensor nicht absenken will und trotzdem einen gleichmäßig ausgeleuchteten Bilduntergrund erzielen möchte, muss man das Bild des leuchtenden Halbleiterkristalls zerstören. Man kann zum Beispiel ein

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



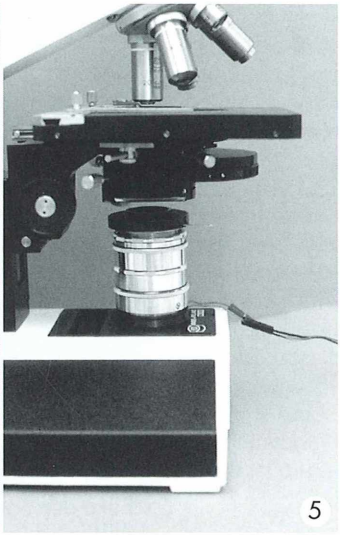


Abb. 4: Kondensor aus Abbildung 3 in der Kondensorfassung des Mikroskops.
Abb. 5: Gehäuse mit LED, Kollektorlinse und Leuchtfeldblende auf dem Stativfuß des Mikroskops. Das Gehäuse besteht aus M 42-Gewinderingen. Erklärung im Text.

Stückchen matte Folie auf die LED-Linse legen oder den Linsenkopf mattieren. Das kann mit ganz feinem Schleifpapier (Körnung 600 bis 1.000) oder mit feinem Schleifpulver erreicht werden. Man gibt etwas Schleifpulver auf die angefeuchteten Fingerkuppen und reibt damit den Linsenkopf der LED ab, der nur aus Kunststoff besteht. Bei Objektiven ab 20× ist der Bilduntergrund auch ohne diesen Eingriff homogen.
Mit einer LED in den beschriebenen Gehäusen sind auch Beobachtungen im Dunkelfeld möglich. Es ist jedoch viel besser, anstelle der großen Zentralblende in der Eintrittspupille des Hellfeldkondensors eine sehr kleine Zentralblende auf oder unter dessen Frontlinse anzubringen.

Die weiße LED als Mikroskopierleuchte

Universell verwendbar ist die weiße Leuchtdiode, die heute mit einer Lichtleistung von 2.000 mcd angeboten wird (Hewlett Packard). Ihr Licht hat wie das Tageslicht eine Farbtemperatur von 5.400 bis 5.600 Kelvin, aber eine andere spektrale Zusammensetzung, die unserem Auge trotzdem als reines Weiß erscheint (Abb. 6). Sie wird in der Regel mit einer Spannung von 3 bis 12 Volt Gleichstrom betrieben, wobei der Durchlassstrom 20 mA nicht erreichen oder gar überschreiten soll. Auf richtige Polung ist stets zu achten, denn auf Falschpolung reagieren viele der LEDs empfindlich. Das lange Beinchen ist die Anode (+), das kurze die Kathode (–). Der Vorwiderstand gehört an die Anode. Bei Beachtung dieser Regeln weist die LED, die auch sonst sehr robust und temperaturstabil ist, die erwähnte Lebensdauer von 100.000 Stunden aus, welche in der Praxis deutlich darüber liegen soll. Bemerkenswert ist, dass die Farbtemperatur der weißen LED unabhängig von der angelegten Spannung und dem Durchlassstrom unverändert bleibt, ganz im Gegensatz zu Glühbirnen, die auf Spannungsänderungen mit einer Änderung ihrer Farbtemperatur reagieren. Hervorragend gute Bilder erhält man mit der Farbvideokamera. Über die Ergebnisse bei der Farbmikrofotografie, die zum Teil auch vom Filmmaterial ab-

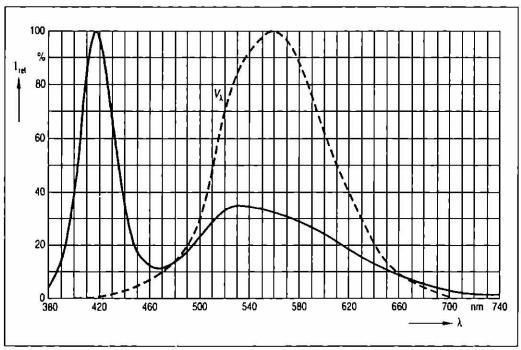


Abb. 6: Relative spektrale Emission einer weißen LED der Firma Siemens, gestrichelte Kurve = spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges.

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

hängig sind, wird in einem späteren Beitrag berichtet.

Über den Einsatz farbiger LEDs in der Mikroskopie

Durch die beschriebene Montage auf runde Kunststoffscheibchen als Sockel sind die LEDs in mikroskopischen Systemen rasch wechselbar. Die farbigen LEDs senden monochromatisches Licht aus, wie man es sonst nur mit Glühlampen in Kombination mit Interferenzfiltern erzeugen kann. Durch den Einsatz einer blauen LED, die je nach Fabrikat Wellenlängen zwischen 430 und 470 nm emittiert, kann das Auflösungsvermögen der Objektive bei der Untersuchung beispielsweise von Diatomeenschalen erheblich gesteigert werden. Für die Erzeugung von Blaulichtfluoreszenz ist die Lichtintensität allerdings zu gering.
Bei Untersuchung im Phasenkontrast verwende ich eine grüne LED, die eine Wellenlänge von 560 nm emittiert und eine Lichtleistung von 5.000 mcd hat. Es gibt grüne LEDs mit Wellenlängen von 505 bis 565 nm. Für Untersuchungen im Phasenkontrast sind nur die beschriebenen Gehäuse geeignet, die unter dem Kondensor angebracht werden. Auf die Leuchtfeldblende kann man hier in diesen Fällen verzichten.

Rote LEDs emittieren je nach Fabrikat 625 bis 660 nm, einige auch 700 nm. Orange LEDs liefern 610 nm. Das Licht der roten und orangen LEDs kann in der Mikroskopie zum Beispiel bei der Brechzahlbestimmung mit Hilfe der Becke-Linie eine Rolle spielen. Die gelben LEDs emittieren 585 bis 590 nm, etwa wie die gelbe Linie des Natriumlichtes. Sie können wie diese bei genauen interferometrischen Messungen und Brechzahlbestimmungen verwendet werden.

Ein wichtiger Hinweis

Aluminium-Indium-Galliumphosphat – kurz TS-AllnGap-LEDs – haben bei einem Öffnungswinkel von nur 8 Grad und einem Durchlassstrom von nur 20 mA eine Leuchtkraft von 6.500 mcd. Sie werden für 590 nm (gelb) und 615 nm (orange) angeboten und können als Ersatz für Laserdioden dienen. Beim Experimentieren mit diesen LEDs sollte man nie direkt in den Strahl, also aus kurzer Entfernung auf die Oberfläche der Kunststofflinse blicken, weil die Gefahr von Netzhautverbrennungen besteht.

Verfasser: Gerhard Göke,
Am Widey 7, D-58095 Hagen

Neue Medien

Mit Wörter-Büchern und -CDs ins neue Jahrtausend

Langenscheidts Millenium-Wörterbücher: Englisch-Deutsch, Deutsch-Englisch, ISBN (Buch) 3-468-11130-4, ISBN (CD) 3-468-90943-8 sowie Französisch-Deutsch, Deutsch-Französisch, ISBN (Buch) 3-468-11154-1, ISBN (CD) 3-468-90944-6. Bücher wie CDs kosten jeweils DM 39,90.

Millennium-Wörterbücher sind im Grunde genommen ein Witz. Was hat ein Jahrtausendwechsel mit Wörterbüchern zu tun? Gar nichts. Denn Wörterbücher und somit Sprache ändern sich nicht im Jahrtausendrhythmus, sondern kontinuierlich. Aber auf die Idee zu kommen, den Anlass der Jahrtausendwende für eine Promotion-Aktivität für Wörterbücher/CDs zu nutzen, ist schon pfiffig. Auf diesem Hintergrund sind dann auch die diesbezüglichen Neuerscheinungen von Langenscheidt zu sehen. Und da mag man auch das etwas schrille, äußerliche Hologramm-Umschlagdesign akzeptieren, das im wahrsten Sinne des Wortes ins Auge sticht. Beides, Bücher wie CDs zur englischen und französischen Sprache sind solide gemacht und man begeht keinen Fehler, wenn man, da man vielleicht ohnehin schon an Neuanschaffungen auf diesem Sektor denkt, diese Bücher und/oder CDs erwirbt.

Redaktion MIKROKOSMOS

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

Kurze Mitteilung

Anfärbung symbiontischer Flagellaten in Termiten

Für den Zellulose-Abbau bedienen sich die ‚höheren' Termiten der Pilze, die sich in ihren Bauten kultivieren. Demgegenüber besitzen die ‚niederen' Termiten in ihrem aufgeschwollenen Enddarm (Gärkammer) symbiontische Flagellaten, die zu den Ordnungen der Trichomonadiden, Hypermastigiden und Oxymonadiden gehören. Diese produzieren aus dem Holz Azetat für ihren Wirt. Diese symbiontischen Flagellaten leben ihrerseits wieder in Symbiose mit Methanbakterien. Die Flagellaten leben anaerob, ihnen fehlen die Mitochondrien, die aber durch andere spezialisierte Organelle, die sogenannten Hydrogenosomen, ersetzt sind. Diese Hydrogenosomen oxydieren Pyruvat und produzieren daraus ATP, CO_2, H_2 und eben Azetat.

Um die Rolle der Flagellaten im Darm der Termiten besser zu verstehen, ist es notwendig, diese zu identifizieren und zu charakterisieren. Dazu wurde eine einfache in situ-Färbetechnik mit einem Fluoreszenzfarbstoff entwickelt, die es gestattet, Mikroorganismen im Termitendarm nachzuweisen und die Beziehungen zwischen den Flagellaten und den Bakterien mikroskopisch zu untersuchen. Dazu war DAPI (4',6-Diamino-1-phenylindol-dihydrochlorid) nicht geeignet, da es unspezifisch an anderen Bestandteilen der Zelle adsorbiert wird und mit der blauen Autofluoreszenz der Holzpartikel interferiert. Als sehr brauchbar erwies sich hingegen Ethidiumbromid (2,7-Diamino-10-äthyl-9-phenyl-anthridinbromid). Es muss jedoch auf die starke mutagene Fähigkeit von Ethidiumbromid hingewiesen werden, so dass alle Arbeiten mit diesem Fluoreszenzfarbstoff nur mit Gummihandschuhen ausgeführt werden sollten.

Es wurden zwei Arten von Färbeexperimenten durchgeführt:

1. Zur in vivo-Färbung werden die Termiten mit Holzpartikeln gefüttert, die vorher kurz in eine Ethidiumbromid-Lösung (10 mg/ml) eingetaucht worden sind. Nach Lufttrocknung kann das Holz direkt zur Fütterung der Termiten dienen.
2. Für die Anfärbung der isolierten Flagellaten werden Termiten 1 Minute lang in 70%igen Alkohol eingetaucht und anschließend mit sterilem Wasser abgespült. Unter sterilen Bedingungen wird dann mit Pinzetten der Enddarm aus dem Abdomen herauspräpariert. Der Darminhalt, ca. 0,5 bis 1,0 µl, wird in 250 µl einer gepufferten Salzlösung (10 mmol Natriumphosphat/l, 130 mmol NaCl/l, pH 7,0) suspendiert. Zu der gepufferten Zellsuspension wird dann die Ethidiumbromid-Lösung zugefügt. Nach 5 Minuten kann die Suspension tropfenweise auf einem Objektträger unter dem Fluoreszenzmikroskop untersucht werden. Nach der Anfärbung können die Zellen auch mit Glutaraldehyd (2,5% in dem Salzpuffer, s. o.) fixiert und nach Spülung mit der gepufferten Salzlösung eingebettet werden. Die Fixierung in Glutaraldehyd bedingt eine schwache Hintergrundfluoreszenz. Um den Zugang von Sauerstoff zu begrenzen, sollten die Deckgläser mit einem schnell trocknenden Lack umrandet werden.

Es zeigt sich, dass nach einer Fütterungszeit der Termiten von 10 Stunden mit dem Ethidiumbromid-getränkten Holz alle großen Flagellaten rot gefärbte Holzpartikel in ihre Zellen aufgenommen haben und lebend blieben. Alle Kerne waren gefärbt. Ethidiumbromid ist also sowohl für die Lebendfärbung der Flagellaten als auch deren symbiontischen Bakterien geeignet.

Auch in den gefärbten Präparaten des Darminhaltes wurden alle ektosymbiontischen Bakterien im Fluoreszenzmikroskop gut sichtbar; sie bedeckten als eine rötlich gefärbte Schicht die Oberfläche der verschiedenen Flagellaten. Unterschiede zeigten sich hinsichtlich der zu verwendenden Ethidiumbromid-Konzentrationen: Die Kerne kleiner Flagellaten und deren Epibionten wurden bei einer Konzentration von 2–5 µg/ml angefärbt, während die Kerne der größeren Flagellaten-Arten mindestens eine Konzentration von 10 µg/ml benötigten. Die Zahl der methanogenen Bakterien konnte gezählt werden: Jeder Flagellat ist von etwa 50 Methanbakterien besetzt. Die beschriebenen Methoden sind also geeignet, um schnell und einfach Kerne sowie bakterielle Endo- und Ektosymbionten bei Flagellaten nachzuweisen und deren symbiontische Beziehungen zu studieren.

Froehlich, J., Koenig, H.: Ethidium bromide: a fast flurescent staining procedure for the detection of symbiontic partnership of flagellates and prokaryotes. J. Microbiol. Methods *35*, 121–127 (1999).

H. F. Linskens, Nijmegen

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

Wassergebundene Lebensräume
Anpassung der mikroskopischen Organismen am Beispiel See

Werner Nachtigall

Es gibt große und kleine, stehende und fließende und sonst noch allerlei Gewässer, in denen oft ganz charakteristische Mikroorganismen vorkommen. Die wissenschaftliche Einteilung der Gewässer gründet sich auf Kenngrößen, die für den praktizierenden Mikroskopiker nicht sonderlich wichtig sind, beispielsweise den p_H-Wert, die Strömungsgeschwindigkeit, den Gehalt an anorganischen Ionen oder organischer Substanz, Temperaturverhältnisse, Schichtungen und so weiter. Man kann allerdings die Gewässer auch nach ganz schlichten, praktischen Erwägungen einteilen, das ist jedermann unbenommen. Außerdem gibt es ja nicht nur Wasser an sich als Lebensraum, sondern auch Feuchtstellen, die periodisch trockenfallen können. Man denke an Mühlräder, die immer wieder kurz eintauchen und sich durch die Luft bewegen oder periodisch feuchte Moose auf Dächern. Sie alle enthalten charakteristische Lebensformen, und es ist eine reizvolle Aufgabe, Feuchtbiotope und mikroskopische Bewohner einander zuzuordnen. Aber dafür muß man erst einmal die Lebensräume in ein Gliederungsschema bringen.

Wenn man eine solche Gliederung versucht, wird sich wohl ein Schema ergeben, das irgendwie der Abbildung 1 ähnelt.

Lebensräume für mikroskopische Pflanzen und Tiere kann man je nach dem Umweltkriterium flüssig oder feucht in Gewässer und Feuchtstellen einteilen. Die Gewässer selbst können stehen (Stehende Gewässer) oder fließen (Fließgewässer). Stehende Gewässer können in Seen, Teiche und Tümpel sowie Kleingewässer unterteilt werden, Fließgewässer in Flüsse, Bäche und wiederum Kleingewässer, die man als Rinnsale bezeichnen mag. Bei näherem Nachdenken liegt die Problematik einer weiteren Unterteilung im Bereich Klein- und Kleinstgewässer. Außerdem: Wo gliedert man beispielsweise eine Salzlake oder eine Therme ein? Sie werden ja auch von ganz typischen Organismen bewohnt. Für diese Problemfälle kann der Liebhaber-Mikroskopiker den Begriff „Andere Gewässer" verwenden, die fließend oder stehend sein können. (Das ist zugegebenermaßen nicht sehr elegant, aber die Gruppengliederung sollte ja nicht zu weit getrieben werden.) Von den Seen bis zu den Feuchtstellen haben sich damit 10 Gruppen ergeben, in die nun wohl jeder noch so spezialisierte Lebensraum für Wasserbewohner oder feuchtigkeitsliebende mikroskopische Pflanzen und Tiere passt. Jeder hat seine eigentümlichen Anforderungen, die Organismen als Bewohner zu spezifischen Anpassungen zwingen. Wer seine Freude am Mikroskopieren der „Welt im Wassertropfen" hat, wird bald mit einfachen Beobachtungen von Formen nicht mehr zufrieden sein. Er will gerne eine Übersicht bekommen und wird immer wieder gewisse Zuordnungen zwischen Biotopen und dem morphologischen oder physiologischen Erscheinungsbild von Organismen finden. Am Beispiel See können wir zu dieser Frage etwas tiefer einsteigen.

Seen

Seen sind ausgedehnte, tiefe, stehende Gewässer, die zeitweise eine ausgeprägte Temperaturschichtung des Wasserkörpers (Pelagial) aufweisen. Diese Definition trifft auch auf kleine Maare, Kraterseen und tiefere Talsperren zu. Zwischen der durchsonnten, sommerwarmen Oberschicht (Epilimnion) und der davon völlig getrennten, meist viel mächtigeren, dunkleren und kühleren Unterschicht (Hypolimnion) erfolgt innerhalb weniger Meter (Metalimnion) ein starker Temperatursprung. Die Tiefenregion sehr tiefer Seen (Profundal) ist praktisch lichtlos, ebenso derjenige Teil der Bodenregion (Benthal), der den Tiefengrund ausmacht (Ba-

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

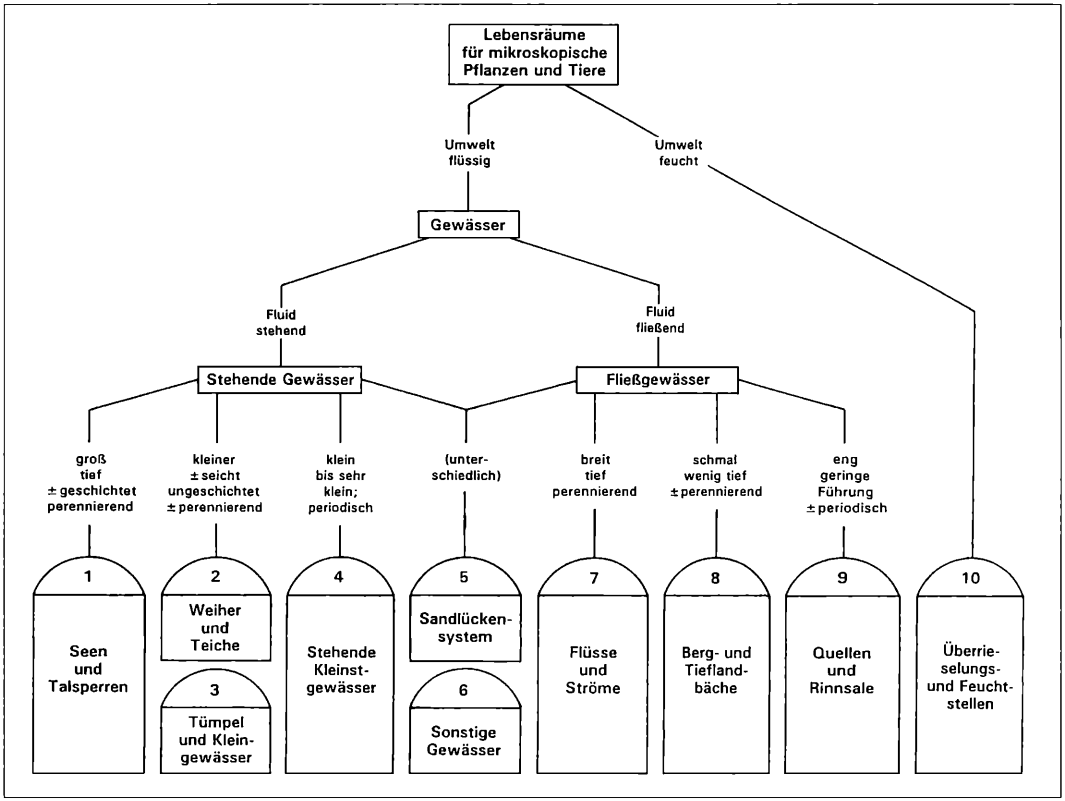


Abb. 1: Versuch einer (nicht streng wissenschaftlichen) Untergliederung der Lebensräume für wasser- oder feuchtigkeitsgebundene Mikroorganismen.

thybenthal). Der pflanzenbestandene Flachgrund der Uferregion (Litoral) dagegen erhält reichlich Licht.

Es gibt ausgesprochen nährstoffarme (oligotrophe) und nährstoffreiche (eutrophe) Seen mit allen Übergängen. Unsere Alpenseen gehören ursprünglich zur ersteren Gruppe. Massive Eutrophierung mit den bekannten negativen Folgeerscheinungen ist fast ausschließlich durch Menschen bedingt (anthropogen). Solche Zustände werden hier nicht betrachtet.

Freiwasser (Pelagial)

Der freie Wasserkörper bietet keine Anheftungsmöglichkeiten und kann daher nur frei bewegliche Formen beherbergen, seien sie eigenbeweglich (z. B. Fische, Kleinkrebse) oder ohne Eigenbewegung (Mehrzahl der pflanzlichen Plankter). Im durchsonnten Epilimnion können insbesondere flächig ausgedehnte planktische Algen (Phytoplankton) gut photosynthetisieren und Reservestoffe aufbauen, solange die Schicht noch nicht von essentiellen anorganischen Substanzen, etwa Phosphat, leergefischt ist.

Es gibt auch (photoautotrophe) Bakterien, die das Sonnenlicht als Energiequelle zum Aufbau körpereigener Substanz nutzen können. Mit zunehmender Wassertiefe wird das Licht bläulicher, kurzwelliger. Die thermisch stabile Wasserschichtung erlaubt auch eine Bakterienschichtung. Bakterien, die kurzwelligeres Licht nutzen können, bilden oft Schichtungen in größeren Tiefen; zwischen solchen Schichtungen gibt es vertikale Nahrungsketten. Die Bakterien sind ein Teil des aus pflanzlichen und tierischen Organismen bestehenden Kleinst-

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http

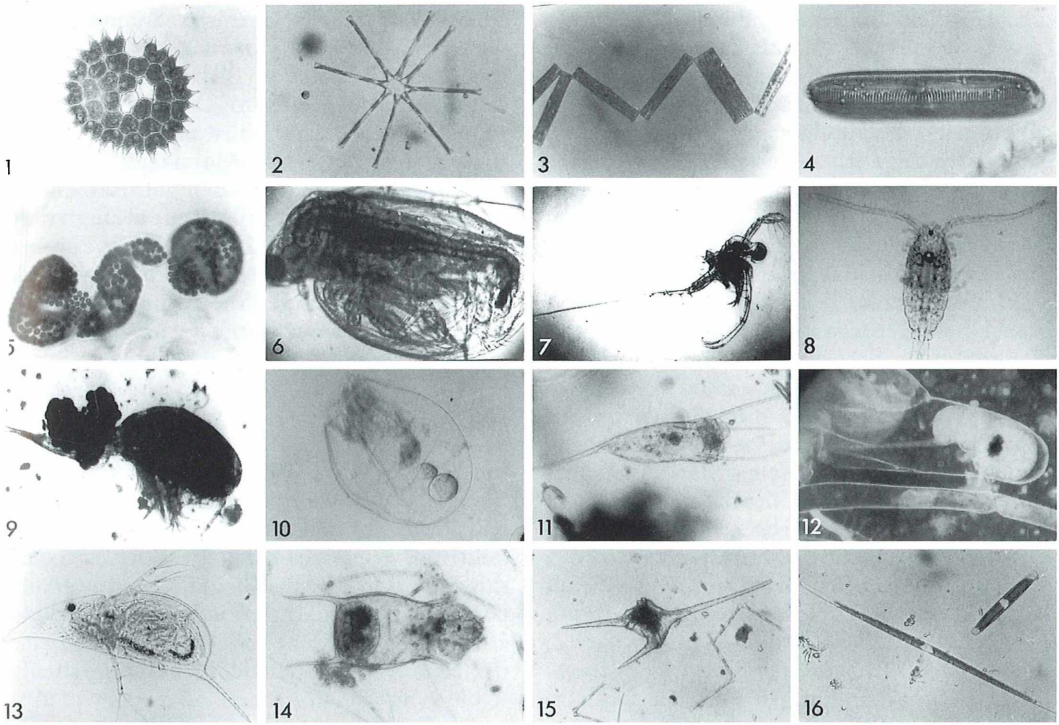


Abb. 2: Beispiele für morphologische Anpassungen des Schwebens und der Nahrungsaufnahme von Seenbewohnern. 1 *Pediastrum*: Widerstandserzeugendes flächiges Lager. 2 *Asterionella*: Widerstandserzeugende Sternform. 3 *Diatoma*: Widerstandserzeugende Zickzackform. 4 *Pinnularia*: Öltröpfchen als Schwebehilfe. 5 *Microcystis*: Gallerthülle als Schwebehilfe. 6 *Daphnia*: Filterkammer als Nahrungsaufnahme-Mechanismus. 7 *Bythotrephes*: Fangkorb als Nahrungsaufnahme-Mechanismus. 8 *Diaptomus*: Riesenantennen als Schwebehilfe. 9 *Cyclops*: Brustbeine als Lokomotionsapparate. 10 *Asplanchna*: Sackförmiger Leichtbau und geringe spezifische Masse als Schwebehilfe. 11 *Kellikottia*: Dünne, lange Fortsätze als Schwebehilfe. 12 *Leptodora:* Großes Auge zum Beuteaufspüren bei geringer Helligkeit. 13 *Daphnia cucullata*: Helm und Stachel als Schwebehilfe und/oder zur Fressvermeidung. 14 *Keratella*: Fortsätze zur Fressvermeidung. 15 *Ceratium*: wie 11. 16 *Closterium pronum*: wie 11.

planktons (Nannoplankton, Körpergröße <10 µm), dessen beachtliche ökologische Rolle lange Zeit unterschätzt worden ist.

All diese Organismen bilden die Nahrungsbasis für filtrierende tierische Plankter, und diese wiederum werden von vielen Fischen gefressen; Raubplankter stehen dazwischen.

Algen, die ins Hypolimnion absinken, können nicht mehr photosynthetisieren, sterben ab und werden von aufsitzenden Bakterien oft bereits weitgehend mineralisiert, noch bevor sie den Boden erreicht haben. Man sieht ein, dass derartige Plankter entweder Schwebehilfen (Glasbläschen, Fetttröpfchen, spezifisch leichte Reservestoffe, Gallerte) und/oder Mechanismen zur Verringerung der Sinkgeschwindigkeit (relativ große Oberflächen, Schwebefortsätze, Verästelungen etc.) ausgebildet haben. Diese morphologischen Eigentümlichkeiten sind meistens gekoppelt mit einer kurzen Generationszeit und einer hohen Vermehrungsrate, die den trotz allem unvermeidlichen Sinkverlust ausgleichen. In einem späteren Beitrag wird über das Absinken von Planktern berichtet.

Tierische Plankter (Zooplankton), die sich mit beborsteten Schwimmorganen aktiv bewegen können, führen oft ausgedehnte tagesperiodi-

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

sche Vertikalwanderungen durch: Nachtsüber fressen sie im Epilimnion Kleinalgen, tagsüber verbergen sie sich im dunklen Hypolimnion vor Fressfeinden. Streifzüge mit dem Planktonnetz können deshalb, je nach der Tageszeit, zu ganz unterschiedlicher Ausbeute führen.
Wenn das Phytoplankton boomt, zieht das Zooplankton mit Zeitverzögerung nach. Sind die Phytoplankter abgegrast (oder reduziert sich ihre Populationsdichte, weil die essentiellen anorganischen Basisstoffe langsam aufgebraucht werden), so nimmt auch die Zooplanktondichte ab. So kann es zu periodischen, zeitversetzten Schwankungen in der Phyto- und Zooplanktondichte kommen. Arten, die beispielsweise im Mai häufig sind, können im Juni praktisch verschwunden sein. Auch dies kann die Ausbeute mit dem Planktonnetz in ganz erstaunlicher Weise beeinflussen.
Anpassungsbeispiele: Photosynthetisierende Grünalgen sind oft in flächigen Mustern zusammengefaßt, etwa *Pediastrum* (Abb. 2, Nr. 1). Kieselalgen der Gattung *Asterionella* (2) sind zu sternförmigen, der Gattung *Diatoma* (3) zu zickzackbandartigen Kolonien, verbunden. In jedem Fall wird so die Sinkgeschwindigkeit reduziert. Die Schalen der Kieselalgen, z.B. *Navicula, Pinnularia* sind sehr leichte, weitgehend durchbrochene Spanten-Kammer-Konstruktionen. Diese Algen besitzen schwebewirksame Öltröpfchen (4). Phytoflagellaten enthalten schwebewirksame Reservestoffe; Blaualgen tragen oft Gallerthüllen oder leben kolonieweise durch Gallerte verbunden, z.B. die Blaualgen *Merismopedia* und *Microcystis* (5) zu bandförmigen Kolonien verbunden. Wasserflöhe, etwa *Daphnia*, tragen Filterkammern (6), gebildet aus den beborsteten Anhängen der schwingenden Beine und kräftige, schwimmhaarbesetzte Ruderantennen. Raubwasserflöhe [etwa *Bythotrephes* (7)] bilden mit ihren sehr kräftigen Raubbeinen einen Fangkorb. Ruderfußkrebse [*Diaptomus* (8)] tragen lange Schwebeantennen, Hüpferlinge [*Cyclops* (9)] besitzen effektive, rasch nach hinten klappende Brustbeine. Schweberädertiere können spezifisch leicht und sackförmig [*Asplanchna* (10)] oder mit extrem langen Schwebeborsten versehen sein [*Kellikottia* (11)].
Wasserflöhe füllen durch extrem rasche Vermehrung über unbefruchtete Sommereier (Parthenogenese) Nahrungsnischen. Raubwasserflöhe des dunklen Tiefenwassers, z.B. *Polyphemus, Leptodora* (12), haben extrem große Komplexaugen. Im warmen Sommerwasser bilden Wasserflöhe [*Daphnia cucullata* (13)], Rädertiere [*Keratella* (14)] oder Hornalgen [*Ceratium* (15)] längere Dornfortsätze aus. Manche Formen sind selbst nadelartig langgestreckt, zum Beispiel die Mondalge *Closterium pronum* (16). Langgestreckte Fortsätze wurden früher mehr als Schwebeanpassung an die im Sommer geringere Zähigkeit des Wassers angesehen; heute sieht man ihre Hauptfunktion als Abwehr gegen die dann größere Gefahr des Gefressenwerdens.

Flachwasser (Litoral)

Im Bereich des Litorals mit seiner geringen Tiefe ist der Boden pflanzenbesetzt, und deshalb ist das Litoral photosynthetisch sehr produktiv. Die gute Gliederung bildet eine Vielzahl von ökologischen Kleinnischen für pflanzliche und tierische Mikroorganismen. In dieser Hinsicht ähneln die Umweltverhältnisse denen der Teiche; sie werden hier nicht besprochen.

Seenboden (Profundal)

Von den Verhältnissen extrem klaren Seen (Alpenseen) abgesehen, hört der Bewuchs mit höheren Pflanzen bereits in wenigen Metern Wassertiefe auf. Die Besiedelung der Böden richtet sich nach deren Beschaffenheit und nach dem Sauerstoffangebot. Mit einer steinbeschwerten Konservendose an starkem Bindfaden läßt sich ganz gut vom Tret- oder Ruderboot aus eine Bodenprobe heraufheben.
Auf Hartböden können Aufwuchsorganismen anheften; Schlammbewohner bedürften einer speziellen Röhrenbau- und Verankerungstechnik, und Bewohner sauerstoffarmer Faulschlamm-Flächen können schließlich nicht ohne physiologische Atemanpassung auskommen.
Anpassungsbeispiele: Auf Muschelschalen und anderen Hartteilen siedeln sich Larven der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* an, die dann zu den charakteristischen scharfkantigen, fingergliedgroßen Muscheln heranwachsen. Schlammröhrenwürmer *(Tubifex)* verfestigen ihre vertikalen Schlammgänge mit einem Sekret, stecken kopfüber in den Gängen und führen mit den herausragenden hinteren Körperabschnitten Schlängelbewegungen aus.

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

Wenn sie, zu zehntausenden aneinandergereiht, rhythmisch schlängeln, erzeugen sie eine flächige Wanderwelle, mit der frisches Atemwasser antransportiert wird. Sie ernähren sich von substanzreichen Detritus- und Schlammteilchen. Zuckmückenlarven [*Chironomus* (Sammelgattung), *Tanytarsus*], von denen mehrere Zehntausende auf dem Quadratmeter vorkommen können, bauen U-förmige Röhren, deren Wände mit einem Drüsensekret verstärkt sind. Sie ernähren sich überwiegend von herabregnendem totem Plankton und bieten ihrerseits den Bodenfischen Nahrung. Durch gelöste, sauerstoffbindende Blutfarbstoffe (Hämoglobin) rot gefärbte Arten von Zuckmücken und Würmern können auch noch in sehr sauerstoffarmem Wasser leben.
Die Schlammoberfläche besiedeln vor allem Bakterienrasen, die beispielsweise von den Zuckmückenlarven abgebürstet wird, aber schon in wenigen Millimetern Tiefe ist Faulschlamm praktisch lebensfrei.
So kann man eine Fülle von Anpassungserscheinungen der mikroskopisch kleinen Bewohner finden, morphologischer, physiologischer und verhaltensbiologischer Art. Es lohnt sich, beim Mikroskopieren auf solche Mechanismen der Einnischung zu achten.
Gleiches gilt für alle anderen der in Abbildung 1 angeführten Lebensräume, und je extremer diese sind, desto deutlicher treten die Anpassungen zutage. Bewohner des Sandlückensystems (Nr. 5) zum Beispiel leben in engen, stark gewundenen, teils wasserhaltigen und bakterienbesiedelten mehrminder dunklen Gangsystemen. In konvergenter Ausbildung sind die Vertreter der unterschiedlichsten Klassen klein und langgestreckt; sie besitzen Lokomotionsorgane, die ein Schwimmkriechen ermöglichen, dazu meist Anheftungsorgane (Klebedrüsen), häufig wenig gut ausgebildete Augen; sie weiden mit spezialisierten Mundorganen Bakterien ab und vertragen leichtes Trockenfallen.
Der Betrag soll den Mikroskopiker dazu anregen, mikroskopische Lebewesen nicht nur als gegebene Konstruktionen anzusehen, sondern Form, Funktion und Verhalten mit den Standortansprüchen in Beziehung zu setzen.

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

Kurze Mitteilung

Erbliche Variation eines Mykorrhiza-Pilzes

Mykorrhiza-Pilze sind obligate Symbionten in den Wurzelsystemen vieler unserer Kulturpflanzen. Die überwiegende Anzahl der Mykorrhiza-Pilze vermehrt sich asexuell. Das Fehlen einer sexuellen Fortpflanzung hat zur Folge, dass es zu Schwierigkeiten bei der Anpassung an sich fortwährend ändernde Umweltbedingungen kommt. Und dennoch wurde auch bei den sich asexuell vermehrenden Pilzen eine beachtliche genetische Variabilität gefunden, die es aufzuklären gilt. Mykorrhiza-Pilze sind nämlich vielkernig. Das bedeutet, dass die einzelne Spore zahlreiche Kerne (2600 bis 3850) enthalten kann. Es ist möglich, dass diese Kerne innerhalb einer Spore genetisch verschieden sind. In diesem Falle würde ein Prozess, der analog der sexuellen Fortpflanzung ist, zur Schaffung einer allgemeinen, erblichen, phänotypischen Variation führen können. Die genetisch verschiedenen Kerne könnten sich bei der Verzweigung der Hyphen aussortieren, vergleichbar der unabhängigen Verteilung der Chromosomen in den Gameten während der Meiose. Ein anderer möglicher Prozess könnte durch Fusion von Hyphen, die aus verschiedenen Sporentypen entstanden sind, zu neuen Kombinationen von Kernen führen, analog zur sexuellen Rekombination von Chromosomen. Zur Untersuchung eines solchen Mechanismus, der die erbliche Variabilität aufrechterhalten würde, hat man Beobachtungen in einer natürlichen Population des Mykorrhiza-Pilzes *Scutellospora pellucida* durchgeführt. Bei diesem Pilz hatte man Sporen verschiedener Form und Größe beobachtet: Es gab kugelförmige und eiförmige Sporen, aber auch solche, die langgereckt waren – bis zu einer Länge von 1 mm und mehr. Man ging von Einspor-Kulturen aus und hat unter dem Mikroskop die auftretenden Sporenformen er-

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

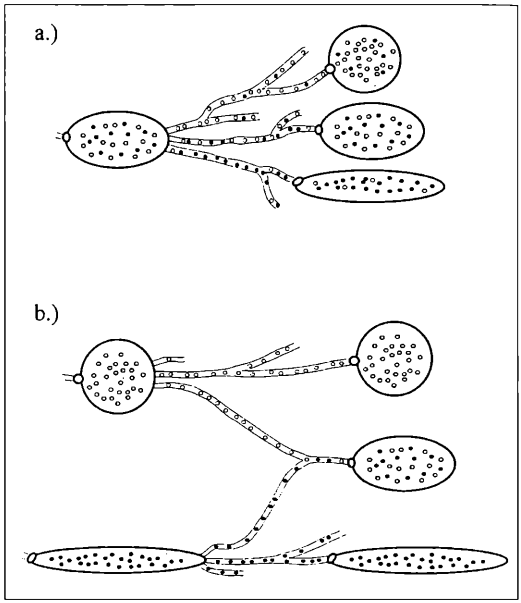


Abb. 1: Die beiden möglichen Mechanismen der Vererbung der Sporenform des Pilzes *Scutellospora pelucida*. In der linken Hälfte des Schemas sind die elterlichen Sporen dargestellt, in der rechten Hälfte der Abbildung sind die Nachkommen wiedergegeben. Die Kerne, die für runde, kugelförmige Sporen kodieren, sind als offene Kreise angegeben; Kerne, welche schwarz ausgefüllt sind, kodieren für längliche Sporen.
(a) Auftrennung der Kernpopulation einer einzelnen, eiförmigen, heterokaryotischen Spore bei der Keimung. In den verschiedenen Myzelfäden kommt es zu einer ungleichmäßigen Verteilung, also zu einer Entmischung der schwarzen und weißen Kerne. Bei ausschließlich schwarzen Kernen in einer Tochterspore kommt es zur Ausbildung einer länglichen Sporenform; bei einer gemischten Population der beiden Kerntypen kommt es zur Ausbildung einer eiförmigen Spore; bei überwiegend oder ausschließlich weißen Kernen ist die Tochterspore kugelförmig.
(b) Die Hyphen von genetisch verschiedenen, homokaryotischen Sporen, von kugeligen mit weißen Kernen, und von länglichen mit schwarzen Kernen, können gelegentlich verschmelzen: Es kommt dann auch zur Ausbildung von eiförmigen, heterokaryotischen Sporen, die eine Mischung aus beiden Kerntypen enthalten (nach Bever & Morton, 1999).

mittelt, indem man den Längen-Breiten-Index und das Sporenvolumen gemessen hat. Auch wurde die Varianz der verschiedenen Parameter ermittelt. Alle diese Messungen geben Einsicht in die Genetik der Sporenbildung und in den Prozess der erblichen Aufspaltung. Die Varianz war außerordentlich groß und zudem bei den aus 5 verschiedenen Einsporkulturen entstehenden Myzelien sehr verschieden.
Durch Mischung und Entmischung (Segregation) der genetisch verschiedenen Kerntypen wurde eine ständige Umverteilung der Kerne in den Sporen eines Myzels ermittelt. Beide Prozesse (Abb. 1) tragen dazu bei, dass es zu einer fortwährenden genetischen Neukombination kommt. Auf diese Weise wird ein hohes Niveau der erblichen Variabilität beibehalten, die für das Überleben eines symbiontischen Pilzes unter den schwierigen Bedingungen der Wechselwirkung mit verschiedenen Wirten notwendig ist.

Bever, J. D., Morton, J.: Heritable variation and mechanisms of inheritance of spore shape within a population of *Scutellospora pellucida*, an arbuscular mycorrhizal fungus. Am. J. Bot. *86*, 1209–1216 (1999).

H. F. Linskens, Nijmegen

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

Stereofotografie mit dem Makroskop Leica (Wild) M 420

Jürgen Schrodt

Seit über fünf Jahren benutze ich das Leica (Wild) Makroskop M 420 für schwierige Makrofotografien mit gutem Erfolg. Das Makroskop hat folgende charakteristische Eigenschaften: Vom Stereomikroskop große Übersichten, Arbeitsabstände und Gesichtsfelder; vom Mikroskop den senkrechten Strahlengang, Objektive mit hoher Apertur, hohes Auflösungsvermögen, zweistufige Abbildung und die Modularbauweise. Die Beobachtung erfolgt mit aufrechtem und seitenrichtigem, zweidimensionalem Bild. Die Fotos sind Flachfotografien (2D) mit guter Abbildungsqualität. Angeregt durch die Arbeiten von Kollegen in der mikroskopischen Arbeitsgemeinschaft der Naturwissenschaftlichen Vereinigung Hagen e. V., welche sich intensiv seit langem mit der Stereofotografie beschäftigen, kam mir der Gedanke, zu prüfen, ob sich die gute Abbildungsqualität des Makroskops nicht auch für dreidimensionale Aufnahmen (3D) nutzen lässt, da 3D-Aufnahmen häufig wesentlich mehr Informationen als herkömmliche 2D-Aufnahmen vermitteln.

Bei der Stereofotografie werden zwei Halbbilder des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen aufgenommen. Bietet man jedem Auge durch Bildtrennung nur das ihm zukommende Halbbild an, so entsteht der Eindruck eines Raumbildes. An Monobjektiven-Stereomikroskopen wird seit Jahrzehnten für Aufnahmen von unbewegten Objekten mit geringem Aufwand ein Foto-Schiebetubus verwendet. Mit Hilfe einer Schlittenführung kann der Foto-Schiebetubus von einem Teilstrahlengang in den anderen geschoben werden. Die beiden Halbbilder werden nacheinander mit derselben Kamera auf zwei Bilder des vollen Formates aufgenommen. Dieses Verfahren ist beim Leica (Wild) Makroskop nicht anwendbar.

Pupillenverschiebung

Michel (1967) weist auf eine andere Aufnahmemethode für Stereo-Halbbilder bei paralleler Einstellebene durch seitliche Verschiebung der Pupille hin. Dieses Verfahren kann beim Makroskop genutzt werden. Für das Makroskop wird auf Wunsch von Leica ein Filterschiebegehäuse geliefert, das zwischen dem Objektiv und dem Optikträger eingebaut werden kann. Das Filterschiebegehäuse hat einen Filterschieber mit zwei Filterhaltern. Die Filterhalteröffnungen sind 40 mm lang. Deckt man die beiden Filterhalteröffnungen teilweise ab, wird die Pupille seitlich verschoben. Verschiebt man den Filterschieber einmal nach links und einmal nach rechts, können die beiden Halbbilder nacheinander mit derselben Kamera auf zwei Bilder des vollen Formates aufgenommen werden. Das Schema der Pupillenverschiebung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Verwendete Makroskop- und Fotoausrüstung

Die verwendete Makroskop- und Fotoausrüstung setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen (Abb. 2): Durchlicht-Stativ EB, Gleittisch, Kugeltisch, Apozoom-Objektiv 1:6, 5.8×–35×, 1.0×, Vorsatzobjektive 0.5× und 2.0×, koaxiales Auflicht und Viertelwellenplatte, Filterschiebegehäuse, Optikträger, Kamerasystem Leitz Vario-Orthomat 2 mit Foto-Okular 5×–12.5×, Kameraaufsatz Filmformat 24 × 36 mm. Die Daten hinsichtlich der Apertur des Apozoom (Arbeitsabstand 102 mm) sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

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

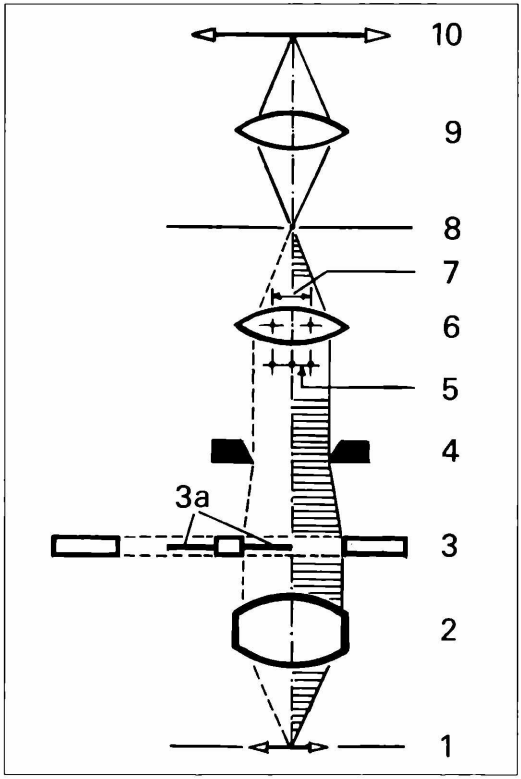


Abb. 1: Schema für seitliche Verschiebung der Pupille durch Kartonblenden im Filterschieber. 1 Objekt, 2 Zoom-Objektiv, 3 Filterschieber mit Kartonblenden (3a; vgl. mit Abb. 3), 4 Aperturblende, 5 Verschiebung der Pupille, 6 Tubuslinse 1,25×, 7 Stereobasis, 8 Zwischenbildebene, 9 Foto-Okular + Kameralinse 0,32×, 10 Stereo-Halbbild auf vollem Filmformat.

Tabelle 1. Apertur und Linienauflösung des Wild-Objektivs Apozoom bei verschiedenen Zoom-Stellungen

Zoom-Stellung [×]	Apertur A (Angabe Leica)	Linienauflösung AV [L_p/mm]
5.8	0,013	39
6.3	0,029	87
12.5	0,057	171
25.0	0,106	318
32.0	0,115	345
35.0	0,116	348

Anmerkung
Bei Anwendung eines Vorsatzobjektivs 0,5× (Arbeitsabstand 190 mm) verringern sich die Werte für A und AV um rund die Hälfte, bei einem Vorsatzobjektiv 2,0× (Arbeitsabstand 45 mm) verdoppeln sie sich.

Filterhalterblende

Durch Versuche wurde für die Objektive 1.0× und 0.5× die zweckmäßige Abdeckungsbreite der Filteröffnung mit 19 mm und für das Objektiv 2.0× mit 17 mm ermittelt. Bei diesen Abdeckungsbreiten tritt keine Vignettierung auf. Für die Abdeckung kann einfach dünner, schwarzer, nicht glänzender Karton eingeschoben und mit Tesa-Film von oben fixiert werden. Der Filterschieber mit Kartonblenden ist in Abbildung 3 dargestellt.

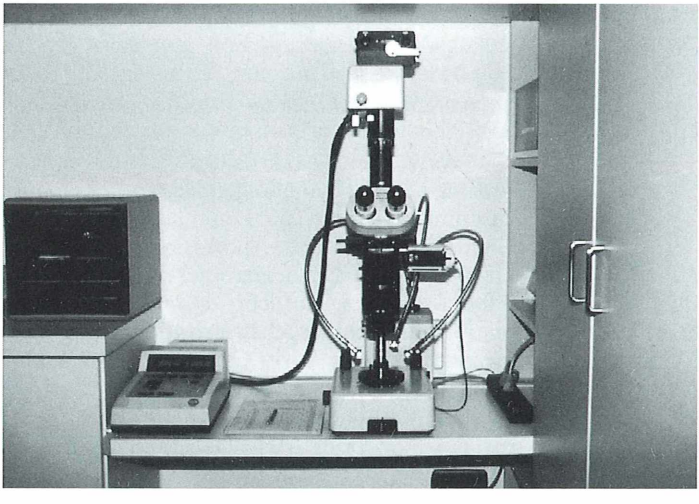


Abb. 2: Verwendete Makroskop- und Fotoausrüstung.

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

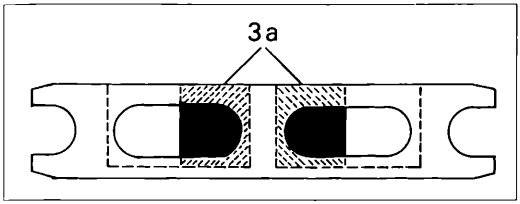


Abb. 3: Aufsicht Filterschieber mit Kartonblenden (vgl. mit 3a in Abb. 1).

Wirkungen der Filterhalterblende und der Aperturblende auf die Apertur

Die Wirkung der stufenweisen Abblendung wurde am Objektiv 1.0× mit Hilfe eines Objekt-Mikrometers (1 mm = 100 Teile) und den Okularen 20×/13 im Durchlicht-Hellfeld untersucht. Für das deutlich getrennte Erkennen der Teilstriche ist eine Linienauflösung von AV = 100 L_p/mm und eine Apertur von circa A = 100 / 3000 = 0,033 erforderlich.
Die deutliche Trennung der Teilstriche wurde bei voller Apertur ohne Blenden bequem bei Zoom-Stellung 7.3× erreicht. Diese Zoom-Stellung ergibt eine Objektiv-Vergrößerung von 0,73× und eine Apertur von 0,033. Mit der Filterblende 19 mm waren bei den verschiedenen Stellungen der Aperturblende folgende Zoom-Stellungen für eine deutliche Trennung der Teilstriche erforderlich:

Einstellung I:
Aperturblende auf 1. Strichmarkierung
Zoom rd. 11.3×
A rd. 0,051
A_{vorh} rd. 0,033 / 0,051 rd. 0,65 A
Einstellung II:
Aperturblende zwischen 2. und 3. Strichmarkierung
Zoom rd. 14.8×
A rd. 0,067
A_{vorh} rd. 0,033 / 0,067 rd. 0,50 A

Einstellung III:
Aperturblende auf 4. Strichmarkierung (Raststellung)
Zoom rd. 22.3×
A rd. 0,095
A_{vorh} rd. 0,033 / 0,095 rd. 0,35 A

Die verminderten Aperturen der Einstellungen I, II und III (0,65 A, 0,50 A und 0,35 A) gelten sinngemäß auch für das Vorsatzobjektiv 0.5 x. Die mit einfachen Mitteln festgestellten Aperturen sind grobe, jedoch für die weiteren Betrachtungen ausreichende Abschätzungen.

Tabelle 2. Wirkungen der Filterhalterblende und der Aperturblende bei Stereoaufnahmen mit dem Leica (Wild) Makroskop M 420, Objektive 1.0× und Vorsatzobjektiv 0.5× (Abkürzungserklärungen siehe Glossar).

Filterhalteröffnung mit Blende abgedeckt (19 mm Abdeckung und 21 mm Öffnung)		
I	II	III
Stellung der Aperturblende 1 Strich volle Öffnung	Stellung der Aperturblende mittig zwischen 2. und 3. Strich	Stellung der Aperturblende 4. Strich Raststellung
vorhandene Apertur rd. 0,65 A	vorhandene Apertur rd. 0,50 A	vorhandene Apertur rd. 0,35 A
größte Stereobasis rd. 18 mm	mittlere Stereobasis rd. 16 mm	kleinste Stereobasis rd. 14 mm
größte Auflösung	mittlere Auflösung	kleinste Auflösung
kleinste Schärfentiefe	mittlere Schärfentiefe	größte Schärfentiefe
größte Raumtiefe	mittlere Raumtiefe	kleinste Raumtiefe
größte Übertragungskapazität	mittlere Übertragungskapazität	kleinste Übertragungskapazität

Anmerkung
Bei dem Vorsatzobjektiv 2.0× muss die Abdeckung der Filterhalteröffnung von 19 mm auf 17 mm verringert werden, da sonst eine Vignettierung erfolgt. Die Stereobasis wird dadurch entsprechend kleiner.

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

Wirkungen der Filterhalterblende und der Aperturblende bei Stereoaufnahmen mit dem Makroskop

Die Blenden haben wesentliche Auswirkungen auf die zur Verfügung stehende Apertur, die Stereobasis, die Auflösung, die Schärfentiefe, die Raumtiefe und die Bildpunkt-Übertragungskapazität. Die Abbildung der Blenden kann im Binokulartubus mit bloßem Auge beobachtet werden, wenn man ein Okular entfernt. Die Zusammenhänge zwischen dem Öffnungsgrad der Aperturblende, der Auflösung, der Schärfentiefe, der Raumtiefe sowie der Übertragungskapazität sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Abbildungsmaßstäbe auf dem Film

Stereoaufnahmen sind meist am wirkungsvollsten bei der vollständigen Darstellung von dreidimensionalen Objekten. Beim Makroskop sind der Abbildungsmaßstab auf dem Film und die vorhandene Apertur maßgebliche Parameter für den Bildausschnitt, die Schärfentiefe und die Abbildungsqualität. Beim Abbildungsmaßstab 1:1 auf dem Film entsteht der größte Bildausschnitt mit 23×35 mm und die größte fotografische Schärfentiefe mit 20 mm. Diese Maße grenzen die vollständige Darstellung von 3D-Objekten ein. Die Schärfentiefe lässt sich mit der Zoom-Stellung 5.8× und größerem Bildübertragungsfaktor bei stark sinkender Abbildungsqualität jedoch im Notfall noch etwas vergrößern.

Bei steigenden Abbildungsmaßstäben auf dem Film wird der Bildausschnitt und die Schärfentiefe kleiner. Beim Abbildungsmaßstab 4:1 auf dem Film beträgt der Bildausschnitt z. B. nur noch 6×9 mm und die fotografische Schärfentiefe nur noch 2,1 mm.

Die visuelle Schärfentiefe ist wegen der Akkommodationsbreite des Auges selbst im Alter noch wesentlich größer als die fotografische Schärfentiefe. Bei den kleinen Abbildungsmaßstäben ist der visuelle Anteil an der Schärfentiefe erheblich.

Die Zusammenhänge und erreichbaren Daten sind in Tabelle 3 für verschiedene Abbildungsmaßstäbe auf dem Film dargestellt.

Zur besseren Veranschaulichung werden für den wichtigen Abbildungsmaßstab 1:1 auf dem Film die Daten der Grenzeinstellung als Fließbild (Abb. 4) wiedergeben.

Tabelle 3. Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Wiedergabeparametern beim Makroskop M 420, Objektiv Apozoom 1 : 6, 5.8×–35×, Vorsatzobjektiv 0.5× (Abkürzungserklärungen siehe Glossar).

M-Film	Zoom-Stellung	V-Objektiv	Apertur A	Foto-Okular	Übertragungsfaktor	V-Makroskop	Gesichtsfeld ∅	Bildausschnitt	Linienauflösung AV = 3000 A_{coh}			Fotografische Schärfentiefe u = 0,025 mm			Visuelle Schärfentiefe Okular 10× / 21, u' = 0,15 mm					
															4 dpt			1 dpt		
X:1	×	×		×	×	×	mm	mm	L_p/mm	0,65A	0,50A	0,35A	mm	0,65A	0,50A	0,35A	0,65A	0,50A	0,35A	0,65A	0,50A	0,35A
1:1	6.3	0,31	0,014	8	3,2	3,9	53	23×35	27	21	15	8,6	12,2	20,0	24,9	28,4	36,1	12,6	16,1	23,8
1:1	8	0,40	0,018	6.3	2,5	5,0	42	23×35	35	27	19	5,9	8,6	15,2	14,7	17,1	22,9	7,2	9,6	15,4
2:1	8	0,40	0,018	12.5	5,0	5,0	42	11×17	35	27	19	3,3	5,2	10,1	14,7	17,1	22,9	7,2	9,6	15,4
2:1	10	0,50	0,023	10	4,0	6,3	33	11×17	45	35	24	2,4	3,3	6,3	9,3	11,0	13,6	4,5	6,3	8,9
2:1	12.5	0,63	0,029	8	3,2	7,9	26	11×17	57	44	30	1,7	2,4	4,4	5,8	6,5	8,6	2,8	3,5	5,6
4:1	16	0,80	0,036	12.5	5,0	10,0	21	6×9	70	54	38	0,8	1,2	2,1	3,7	4,2	5,2	1,8	2,3	3,4
4:1	20	1,00	0,044	10	4,0	12,5	16	6×9	86	66	46	0,6	0,9	1,6	2,3	2,7	3,6	1,1	1,5	2,4
4:1	25	1,25	0,053	8	3,2	15,6	13	6×9	103	80	56	0,4	0,6	1,1	1,5	1,7	2,3	0,8	1,0	1,5
8:1	32	1,60	0,058	12.5	5,0	20,0	10	3×4	113	87	61	0,3	0,4	0,8	1,0	1,2	1,6	0,5	0,7	1,2

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

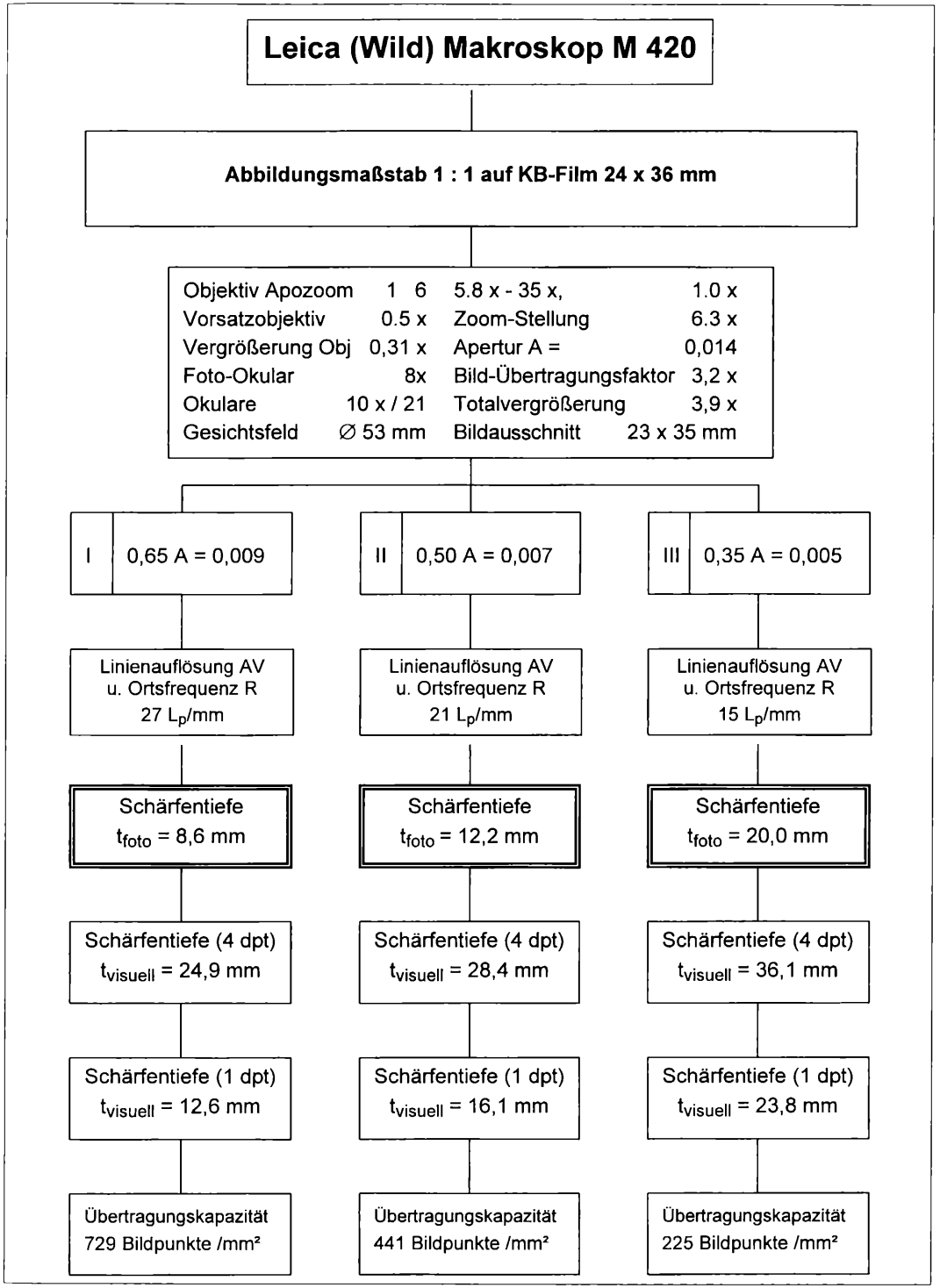


Abb. 4: Fließschema zur Daten-Grenzeinstellung beim Abbildungsmaßstab 1:1.

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

Zweckmäßige Einstellungen für Stereoaufnahmen bei Berücksichtigung der fotografischen Schärfentiefe

Die fotografische Schärfentiefe ist für die scharfe Darstellung eines 3D-Objektes in voller Höhe auf dem Endbild maßgebend. Bei dem oft angewendeten Verfahren, zur Sicherheit immer mit der kleinsten Blende und somit der größten Schärfentiefe zu arbeiten, wird häufig Abbildungsqualität verschenkt. Es ist zweckmäßiger, die Objekthöhe abzuschätzen und danach die entsprechende Einstellung zu wählen.
Folgendes Beispiel soll die Zusammenhänge erläutern. Das Objekt ist rd. 15×25 mm groß und rd. 8 mm hoch.

übliche Einstellung
Abbildungsmaßstab auf dem Film: 1:1
Bildausschnitt: 23×35 mm
Kleinste Blende: Einstellung III, 0,35 A
Fotografische Schärfentiefe: 20 mm > 8 mm
Bildpunkt-Übertragungskapazität: 225 Bildpunkte/mm²

optimale Einstellung unter Berücksichtigung von t_{foto}:
Abbildungsmaßstab auf dem Film: 1:1
Bildausschnitt: 23×35 mm
Größte Blende: Einstellung I, 0,65 A
Fotografische Schärfentiefe: 8,6 mm > 8 mm
Bildpunkt-Übertragungskapazität: 729 Bildpunkte/mm² >> 225

Die optimale Einstellung ergibt wegen der viel höheren Zahl der Bildpunkte/mm² auf dem Film nach Heynacher (1963) eine um fünf Wahrnehmungseinheiten bessere Abbildungsgüte auf dem Endbild als die übliche Einstellung mit kleinster Blende.
Zweckmäßige Einstellungen für Stereoaufnahmen bei Berücksichtigung der erforderlichen fotografischen Schärfentiefe sind in Tabelle 4 für die Abbildungsmaßstäbe M-Film

Tabelle 4. Zweckmäßige Einstellungen für Stereoaufnahmen bei Berücksichtigung von t_{foto} (Abkürzungserklärungen siehe Glossar).

M-Film X 1	Bildausschnitt mm	t_{foto} mm	Zoom ×	V_{Obj} ×	V_{FOk} ×	A-Blende	A	AV L_p/mm	R L_p/mm	ÜK Bildpunkte mm²
1 1	23 × 35	≤ 5	8.0	0,40	6.3	I	0,65 A	35	35	1225
			6.3	0,31	8.0	I	0,65 A			
		> 5–8						27	27	729
			8.0	0,40	6.3	II	0,50 A			
		> 8–12	6.3	0,31	8.0	II	0,50 A	21	21	441
		> 12–15	8.0	0,40	6.3	III	0,35 A	19	19	361
		> 15–20	6.3	0,31	8.0	III	0,35 A	15	15	225
1,3 1	17 × 26	≤ 4	8.0	0,40	8.0	I	0,65 A	35	27	729
		> 4–7	8.0	0,40	8.0	II	0,50 A	27	21	441
		> 7–12	8.0	0,40	8.0	III	0,35 A	19	14	361
1,6 1	14 × 21	≤ 3	8.0	0,40	10.0	I	0,65 A	35	22	484
		> 3–6	8.0	0,40	10.0	II	0,50 A	27	17	289
		> 6–11	8.0	0,40	10.0	III	0,35 A	19	12	144
2 1	11 × 17	≤ 1,5	12.5	0,63	8.0	I	0,65 A	57	28,5	812
			8.0	0,40	12.5	I	0,65 A			
		> 1,5–3						35	17,5	306
			10.0	0,50	10.0	II	0,50 A			
		> 3–5	8.0	0,40	12.5	II	0,50 A	27	13,5	182
		> 5–10	8.0	0,40	12.5	III	0,35 A	19	9,5	90
4 1	6 × 9	≤ 1	16.0	0,80	12.5	II	0,50 A	54	13,5	182
		> 1–1,5	20.0	1,00	10.0	III	0,35 A	46	11,5	132
		> 1,5–2	16.0	0,80	12.5	III	0,35 A	38	9,5	90

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

1:1, 1,3:1, 1,6:1, 2:1 und 4:1 zusammengestellt.
Zur besseren Ausnutzung des Kleinbildes ergeben sich häufig Einstellungen zwischen den in Tabelle 4 angegebenen Abbildungsmaßstäben. Man muss dann prüfen, ob die Schärfentiefe für die Objekthöhe noch ausreicht. Im Zweifelsfall ist es besser, den kleineren Abbildungsmaßstab mit ausreichender Schärfentiefe zu wählen und das Bild stärker nachzuvergrößern, da die fotografische Schärfentiefe bei der Nachvergrößerung erhalten bleibt.

Beleuchtung

Die Beleuchtung richtet sich nach dem Objekt und der Aufgabenstellung. In der Regel arbeite ich mit kombinierten Beleuchtungen. Flache, reflektierende und unebene Objekte beleuchte ich mit dem schrägem Auflicht einer dreiarmigen Schott-Kaltlichtquelle 15 V / 150 W (Drei Schwanenhals-Lichtleiter mit Fokussiervorsätzen) und dem senkrechten koaxialen Auflicht 6 V / 20 W des Makroskops. Kleinere, höhere Objekte, welche in den Bildausschnitt passen, beleuchte ich schattenfrei mit dem schrägen Auflicht der dreiarmigen Kaltlichtquelle und dem Durchlicht des EB-Stativs 6 V / 20 W. Mit im Stativfuß eingelegten Farbfiltern kann man farbige und schwarze Hintergründe zur Steigerung der ästhetischen Aussage erzeugen. Weitere Farbeffekte lassen sich durch Filter in den Fokussiervorsätzen der Schwanenhals-Lichtleiter erzielen.
Eine ausgewogene, gleichmäßige Beleuchtung des Motivs erfordert viel Geduld und Mühe. Durch den gezielten Einsatz von Licht und Schatten kann der dreidimensionale Eindruck erheblich verbessert werden. Das direkte Licht ist hart und bewirkt starke Kontraste sowie scharfe Schatten. Diffuses Licht ist weich, kontrastarm und verursacht schwache, unscharfe Schatten. Direktes, gerichtetes Licht betont die Formen und Oberflächenstrukturen. Weiches, diffuses Licht bringt die Farben wirkungsvoller zum Ausdruck. Diffuses, aufhellendes Licht kann mit einem kreisförmigen Diffusor erzeugt werden. Ich bastele mir Diffusoren mit verschiedenen Höhen und Durchmessern aus Kunststoffsichthüllen, indem ich entsprechende Streifen abschneide, zum Zylinder forme und den Stoß mit Tesa-Film abklebe.
Bei der Ausleuchtung sollten die Lampen stets nacheinander optimal ausgerichtet und dann die Wirkung der Lichter und Schatten aufeinander abgestimmt werden.
Bei den Einstellungen für den Abbildungsmaßstab 1:1 auf dem Film reicht die Ausleuchtung des Durchlichtstativs für einen Bildausschnitt ohne Vignettierung nicht aus. Die Ausleuchtung des Objektfeldes muss mit einer Großfeldlinse (Vergrößerung mindestens 3×) entsprechend verbessert werden. Ich benutze dazu eine 70×70 mm große Lupe (Vergrößerung 5×) eines Briefmarkenbetrachtungsgerätes. Die runde Glasplatte des Makroskops lege ich dann einfach auf die Lupenfassung. Ab der Einstellung für den Abbildungsmaßstab 1,3:1 und größer reicht die Ausleuchtung des Durchlichtstativs EB für das gesamte Objektfeld aus, so dass man mit dem Gleittisch arbeiten kann.

Farbfilmwahl

Die Farbtemperatur der Beleuchtung mit Halogenlampen beträgt rd. 3.200 Kelvin. Ich verwende daher überwiegend Kunstlicht-Farbdiafilme ISO 64 / 19° der Fabrikate Kodak Ektachrome 64 T Professional oder Fujichrome 64 T Professional ohne Konversionsfilter. Die feinkörnigen Filme haben eine gute Farbwiedergabe. Lange Belichtungszeiten haben nur minimale Auswirkungen auf die Filmempfindlichkeit und Farbbalance. Bei der Verwendung von Tageslicht-Farbdia- oder Farbnegativfilmen sind Konversionsfilter 80 A einzusetzen. Diese Filter können aus den handelsüblichen Gelatinefilterblättern (z. B. Kodak Wratten gelatin filter No. 80 A, -13.1 daM, 100 mm × 100 mm) mit den Maßen 23 × 45 mm ausgeschnitten werden. Die Filterstreifen können dann in die beiden Filterhalter des Filterschiebers unter den Pappblenden eingeschoben werden.

Richtiges Scharfstellen beim Fotografien

Bei der Scharfstellung von Makroskopaufnahmen muss der Unterschied zwischen der fotografischen Schärfentiefe und der durch die Akkommodationstiefe des Auges vergrößerten visuellen Schärfentiefe besonders beachtet werden. Der Unterschied ist bei den kleinen Vergrößerungen des Makroskops erheblich. Für

O.Ö LANDES BIBLIOTHEK

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

die Augen-Akkomodationsbreiten 4 dpt (Alter: 45 Jahre) und 1 dpt (Alter: 70 Jahre) sind die deutlichen Unterschiede bei verschiedenen Einstellungen in der Tabelle 3 leicht zu erkennen.
Um Einstell-Ungenauigkeiten durch die Vergrößerung der visuellen Schärfentiefe infolge der Akkommodationstiefe des Auges weitgehend zu vermeiden, ist die Festlegung auf einen bestimmten Akkommodationszustand des Auges anzustreben. Dazu sind folgende bei der vorhandenen Fotoeinrichtung angewendete Maßnahmen geeignet:

- In der Brennebene des Okulars wird ein Fadenkreuz angeordnet.
- Das Fadenkreuz wird im Einstellokular genau scharf gestellt.
- Das Präparatbild wird in die Ebene des Fadenkreuzes genau scharf gestellt.
- Durch leichtes Hin- und Herbewegen des Kopfes wird kontrolliert, ob das Fadenkreuz und das Präparatbild gleichzeitig scharf gesehen werden.
- Stimmt diese Scharfstellung beider Ebenen, dann stimmt die Einstellung und der Verschluss kann ausgelöst werden.

Durch dieses Einstellverfahren wird das Auge zu einem bestimmten Akkommodationszustand gezwungen, der die Vergrößerung der

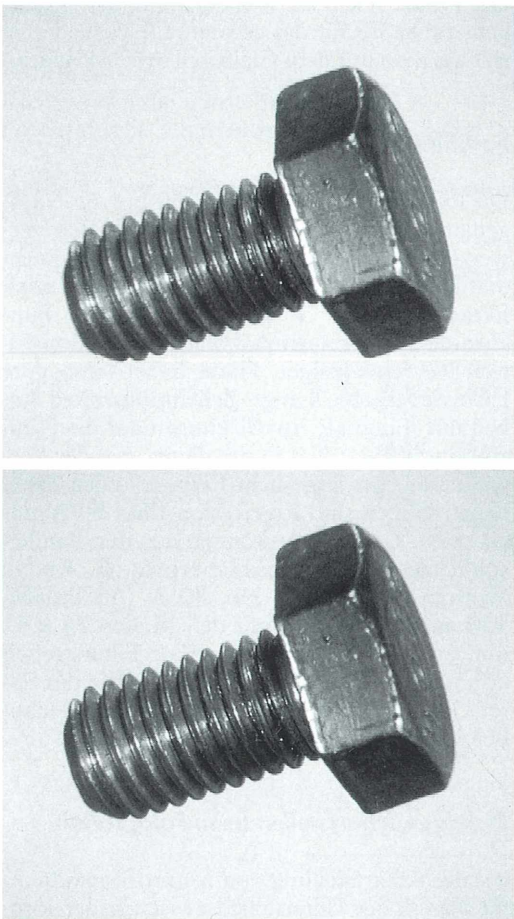


Abb. 5: Schraube (Kopfgröße 12 mm), Auflicht/Durchlicht, 2 Stereo-Halbbilder, M-Film 1:1, Zoom 6,3, V_{Obj} 0,31, V_{FOK} 8,0, A-Blende II, 0,50 A.

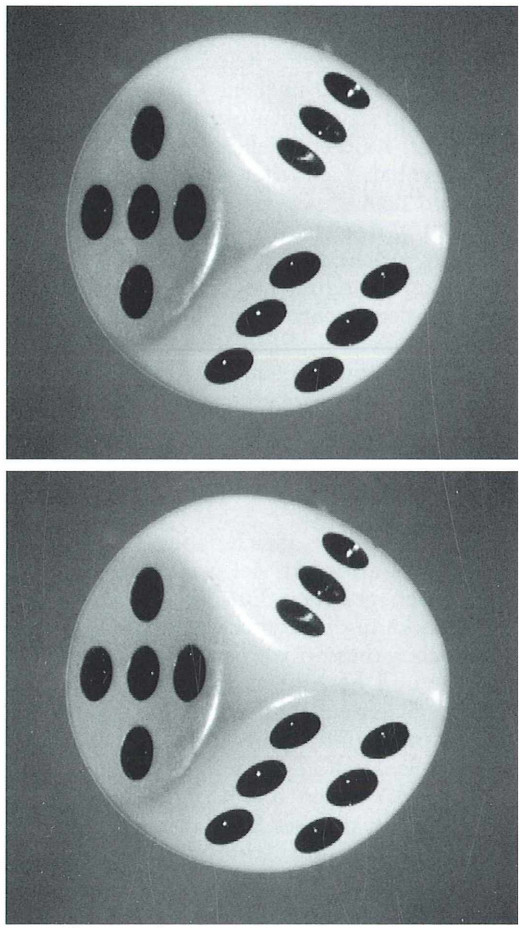


Abb. 6: Würfel (Kantenlänge 16mm), Auflicht/Durchlicht, 2 Stereo-Halbbilder, M-Film 0,87:1, Zoom 6,3, V_{Obj} 0,31, V_{FOK} 7,0, A-Blende III, 0,35 A.

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

wellenoptisch und geometrisch-optisch bedingten fotografischen Schärfentiefe durch die Akkommodationstiefe des Auges weitgehend ausschaltet.

Bildbetrachtung mit Stereo-Bildbetrachtern

Für die Betrachtung von Stereobildern gibt es vielfältige Hilfsmittel, die in der Fachliteratur und in Firmenprospekten beschrieben werden. Ich beschränke mich hier bewusst auf die Darstellung von den drei Bildbetrachtern, die ich in der Regel benutze und mit denen ich gute Erfahrungen gemacht habe. Bei der Stereo-Bildbetrachtung ist zwischen Dias und Papierbildern zu unterscheiden.
Stereo-Dias betrachte ich mit dem Stereo-Dia-Bildbetrachter „Stereofix-Macromax-Set" der Firma Emo in Wetzlar. Dieser Bildbetrachter hat eine fünffache Vergrößerung und eine dreiaxiale Dia-Korrektureinrichtung. Bei dem vierlinsigen optischen System ist die Bildwiedergabe mit großem Gesichtsfeld brillant und bis in die Ecken scharf. Der Dia-Bildbetrachter ist leicht und mühelos zu handhaben, er kostet mit Etui und Versandkosten allerdings rund 800,00 DM.
Papier-Stereo-Halbbilder, die übereinander angeordnet sind, betrachte ich mit dem „KMQ-Stereosichtgerät" der Firma KMQ Stereographie in Sinsheim-Hilsbach. Die Bezeichnung KMQ leitet sich aus den Nachnamen der Entwickler Koschnitzke, Mehnert und Quick ab. Das Acrylglas-Sichtgerät wird wie eine kleine Brille auf die Nase gehalten. Es enthält zwei oberflächenkorrigierte Prismen mit Sehfeldbeschnittsblenden, die um 180° gegenläufig angeordnet sind. Die Prismen verschieben die übereinander angeordneten Halbbilder auf gleiche Höhe und passen sie seitlich dem Augenabstand an. Der Betrachtungsabstand ist von der Bildgröße abhängig. Mit dem KMQ-Stereosichtgerät können Bilder auch längere Zeit entspannt betrachtet werden. Die Handhabung ist mit einem kurzen, leichten Lernprozess verbunden. Das Stereoskop ist sehr preisgünstig, es kostet mit Versandkosten bei Einzelbezug nur rund 20,00 DM.
Papier-Stereo-Halbbilder (Breitbild-Stereos 2 × 10 × 15 cm), die nebeneinander angeordnet sind, betrachte ich mit dem „Papierbild-Stereobetrachter TO13S" von Horst Schmela, Labor für Optik-Entwicklungen in Duisburg. Der Betrachter mit Handgriff ist aus Aluminium gefertigt. Er hat für die schnelle Kontrolle unten eine Aufsteckleiste zur provisorischen Bildpositionierung durch seitliches Einschieben. Für die endgültige Positionierung klebe ich, nach evtl. Beschneiden, die Bilder in der Mitte einfach mit einem Tesa-Film-Streifen von hinten zusammen. Für die bequeme Handhabung und Ablage im Ordner klebe ich auf das Halbbild-Paar an der Rückseite durchgehend einen transparenten, selbstklebenden REGU FIX Ablagestreifen mit Universallochung. Meine Methode weicht etwas von der Empfehlung ab, die Halbbilder fest oder entnehmbar auf einen flexiblen Bildträger, z. B. 0,5 mm Karton, aufzulegen. Ich habe damit jedoch bei der praktischen Arbeit gute Erfahrungen gemacht und verwende fast ausschließlich meine Methode. Der Optikteil des Betrachters enthält zur Strahlablenkung Keillinsen, die mit Prismen gekoppelt sind. Als Achromat mit einfachentspiegelten Glaslinsen arbeitet er praktisch frei von Farbsäumen. Der Augenabstand im Optikgehäuse wird nach Bestellangabe gefertigt. Der Linsenträger des Optikteils kann nach dem Lösen von zwei Rändelschrauben abgenommen und als Lorgnette benutzt werden. Die horizontalen Halbbild-Anordnungen müssen allerdings größer als 9×9 cm sein und einen Halbbild-Mittenabstand von 9 cm bis 14 cm haben. Der Schmela-Papierbild-Stereobetrachter ist leicht und mühelos zu handhaben; er kostet mit Versandkosten rund 190,00 DM.
Die Bildbetrachtung mit Stereo-Bildbetrachtern ist ein einfaches und preisgünstiges Verfahren, um den Raumbildeffekt der Stereofotografie zu überprüfen, zu nutzen und sich daran zu erfreuen. Auf die wesentlich teurere Stereoprojektion von Dias mit eindrucksvollen, plastischen Bildern auf der Silberwand für einen größeren Zuschauerkreis wird hier nicht weiter eingegangen. Die wesentlichen Einzelheiten können der angeführten 3D-Literatur entnommen werden.

Zusammenfassung

Am Beispiel des Leica (Wild) Makroskops M 420 wurde gezeigt, dass sich durch einen kleinen Eingriff – nämlich den Einbau von zwei schwarzen Kartonblenden in den Filterschieber – eine Umnutzung des Makroskops von der 2D- auf die 3D-Fotografie leicht durchführen lässt.

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

Mit unterschiedlichen Apertureinstellungen und Foto-Okularen kann die Abbildungsqualität unter Berücksichtigung der erforderlichen fotografischen Schärfentiefe oft erheblich verbessert werden.
Die Ausführungen über das apochromatische Objektiv Apozoom 1:6: 5.8×–35× (Korrektion für alle Spektralfarben) gelten auch für das achromatische Objektiv Makrozoom 1:5: 6.3×–32× (Korrektion für rot und blau). Die Aperturen sind annähernd gleich, lediglich die Arbeitsabstände unterscheiden sich (100, 192, 39 mm).
Anstelle des Kamerasystems Leitz Vario-Orthomat 2 mit dem Foto-Okular 5×–12.5× und dem Kameraaufsatz Filmformat 24×36 mm kann auch jedes andere geeignete Kamerasystem (z. B. Kleinbildspiegelreflexkamera) mit den entsprechenden Foto-Okularen eingesetzt werden.
Der häufig wesentlich höhere Informationsgehalt von 3D-Bildern kann mit zum Teil preisgünstigen Stereobetrachtern genutzt werden.
Die hier dargestellten Überlegungen können auch auf ähnlich gebaute Makroskope übertragen werden. Dabei gelten folgende Faustregeln:

Bei festgelegtem Abbildungsmaßstab auf dem Film

- Schwache Objektiv-Vergrößerung + niedrige Apertur + großer Bild-Übertragungsfaktor ergeben eine große fotografische Schärfentiefe mit den Nachteilen niedrige Auflösung und kleine Bildpunkt-Übertragungskapazität.
- Starke Objektiv-Vergrößerung + hohe Apertur + kleiner Bild-Übertragungsfaktor ergeben eine kleine fotografische Schärfentiefe mit den Vorteilen hohe Auflösung und große Bildpunkt-Übertragungskapazität.

Bei nicht festgelegtem Abbildungsmaßstab auf dem Film

- Niedrige Apertur + kleiner Abbildungsmaßstab ergeben eine große fotografische Schärfentiefe mit den vorgenannten Nachteilen.
- Hohe Apertur + großer Abbildungsmaßstab ergeben eine kleine fotografische Schärfentiefe mit den vorgenannten Vorteilen.

Bezugsquellen für Stereobetrachter

Emo-Optik, Werk für Optik + Feinmechanik,
Hörnsheimer Eck 11, D-35524 Wetzlar,
Tel.: 0 64 41 / 7 20 44, Fax: 0 64 41 / 7 25 04

KMQ Stereographie, Ebersbacher Weg 4,
D-74889 Sinsheim-Hilsbach,
Tel.: 0 72 60 / 14 15, Fax: 0 72 60 / 4 98

Horst Schmela, Labor für Optik-Entwicklung,
Blumenstraße 93, D-47057 Duisburg,
Tel.: 02 03 / 37 50 99

Glossar

Die in den Tabellen benutzten Abkürzungen können mittels folgender Zusammenstellung entschlüsselt werden.

verwendete Licht-Wellenlänge:	λ = 0,0005 mm = 0,5 µm = 500 nm
Zoom-Stellung:	Zoomeinstellung am Objektiv
Vergrößerung des Objektivs:	V_{Obj} = Zoom-Stellung · Vorsatzobjektiv / 10 [×]
Numerische Apertur des Objektivs:	A
Vergrößerung des Foto-Okulars:	V_{FOk} = 6.3×, 8×, 10×, 12.5×
Tubusfaktor des Makroskops:	T_f = 1,25×
Kamerafaktor bei Kleinbild:	K_f = 0,32×
Bild-Übertragungsfaktor:	ÜF = Vergrößerung Foto-Okular · Tubusfaktor · Kamerafaktor = V_{FOk} 1,25 · 0,32 = V_{FOk} 0,40 [×]
Abbildungsmaßstab auf dem Film:	M-Film oder M_F = V-Objektiv · Bild-Übertragungsfaktor = V_{Obj} ÜF [×:1]

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

Okular 10×/ 21	V-Okular (V_{Ok}) 10×, Sehfeldzahl 21 mm
Totalvergrößerung des Makroskops im Binokulartubus:	$V_M = V_{Obj} \quad T_f \cdot V_{Ok} = V_{Obj} \quad 1{,}25 \quad V_{Ok}$ [×]
Gesichtsfeld Ø:	$210/V_M$ [mm] (Sehfeldzahl 10 / Totalvergrößerung des Makroskops)
erfasstes Kleinbildformat:	22,7 34,7 mm rd. 23 35 mm
Bildausschnitt:	erfasstes Kleinbildformat / M-Film [mm]
Stellungen der Aperturblende (A-Blende) mit Filterblende beim Leica (Wild) Makroskop M 420:	Einstellung I: Aperturblende 1. Strichmarkierung A_{vorh} = rd. 0,65 A Einstellung II: Aperturblende mittig zwischen 2. und 3. Strichmarkierung A_{vorh} = rd. 0,50 A Einstellung III: Aperturblende 4. Strichmarkierung (Raststellung) A_{vorh} = rd. 0,35 A
Linienauflösung:	$AV = 3000 \cdot A_{vorh}$ [L_p/mm]
Ortsfrequenz:	$R = 3000 \cdot A_{vorh}$/M-Film [L_p/mm]
Unschärfekreis Ø auf dem KB-Film:	u = 0,025 mm = 25 µm
Brechzahl im Objektraum:	$n_{Luft} = 1{,}0$
Fotografische Schärfentiefe:	$t_{foto} = n \left[\frac{\lambda}{2A^2} + \left(1 + \frac{1}{M_F}\right) \cdot \frac{u}{A \quad M_F} \right]$ [µm]
	$t_{foto} = \frac{0{,}25}{A_{vorh}^2} + \left(1 + \frac{1}{M_F}\right) \cdot \frac{25}{A_{vorh} \quad M_F}$ [µm]
	Umrechnung in mm = µm / 1000
Bildpunkt-Übertragungskapazität:	ÜK = R^2 [Bildpunkte / mm^2] auf dem Film
Unschärfekreis Ø auf dem Bild:	u' = 0,15 mm
Nahpunkt-Sehweite des Auges:	w'_1 altersabhänig
Alter 45 Jahre:	w'_1 = 0,25 m = 250 mm
Alter 70 Jahre:	w'_1 = 1,00 m = 1000 mm
Akkommodationsbreite des Auges:	$1/w'_1$ *dpt* Dioptrien altersabhängig
Alter 45 Jahre:	w'_1 = 1/0,25 m = 4 dpt
Alter 70 Jahre:	w'_1 = 1/1,00 m = 1 dpt

Visuelle Schärfentiefe:

$$t_{visuell} = n \left[\frac{\lambda}{2A^2} + \left(1 + \frac{1}{V_M}\right) \cdot \frac{0{,}15}{A \quad V_M} + \frac{62500}{V_M^2 \cdot w'_1} \right] \text{[mm]}$$

$$t_{visuell}\,(4\text{ dpt}) = \frac{0{,}00025}{A_{vorh}^2} + \left(1 + \frac{1}{V_M}\right) \cdot \frac{0{,}15}{A_{vorh} \quad V_M} + \frac{250}{V_M^2} \text{[mm]}$$

$$t_{visuell}\,(1\text{ dpt}) = \frac{0{,}00025}{A_{vorh}^2} + \left(1 + \frac{1}{V_M}\right) \cdot \frac{0{,}15}{A_{vorh} \quad V_M} + \frac{62{,}5}{V_M^2} \text{[mm]}$$

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

Literaturhinweise

Abé, Th.: Grundkurs 3D-Bilder. Verlag für Foto, Film und Video, Gilching 1998.

Beyer, H., Riesenberg, H.: Handbuch der Mikroskopie. VEB Verlag Technik, Berlin 1988.

Bracegirdle, B.: Scientific Photomacrography. Royal Microscopical Society, Microscopy Handbooks 31. Bios Scientific Publishers Ltd., Oxford 1995.

Bräutigam, L. H.: Stereofotografie mit der Kleinbildkamera. Wittig Fachbuchverlag, Hückelhoven 1996.

Dröge, E.: Fotografie mit dem Stereomikroskop von der Aufnahme bis zur Stereoprojektion. 7. Internationale Mikroskopie-Tage in Hagen 1998.

Göke, G.: Moderne Methoden der Lichtmikroskopie. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1988.

Göke, G.: Stereomikroskopie. Selbstverlag, Hagen 1998.

Heynacher, E.: Ein Bildgütemaß auf der Grundlage der Übertragungstheorie mit subjektiver Bewertungsskala. Zeiss-Mitteilungen 3, 32–51 (1963).

Kuhn, G.: Stereofotografie und Raumbildprojektion. Verlag für Foto, Film und Video, Gilching 1992.

Leica AG: Prospekt Leica M 420. Leica AG, Heerbrugg 1995.

Leitz Wetzlar: Anleitung Leitz Vario Orthomat 2. Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Wetzlar 1984.

Michel, K.: Die Mikrophotographie: Die wissenschaftliche und angewandte Photographie, Zehnter Band, 3. Auflage. Springer Verlag, Wien, New York 1967.

Mütze, K. (Hrsg.): ABC der Optik (Ausgabe 1961) Verlag Werner Dausien, Hanau/Main 1972.

Naumann, H., Schröder, G.: Bauelemente der Optik. Hanser Verlag, München, Wien 1992.

Rock, I.: Wahrnehmung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin 1998.

Schrodt, J.: Optimierung der Abbildungsqualität von Mikrofotos – Abbildungskette, Mikroskop- und Filmleistung, Schärfentiefe, Bildqualitätsunterschiede. 7. Internationale Mikroskopie-Tage in Hagen 1998.

Vollstädt, H., Voigt, G., Vogel, A.: Micromounts. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1988.

Weber, G.: Mikrofotografische Raumbilder – Stereofotografie mit einfachen Mitteln. 7. Internationale Mikroskopie-Tage in Hagen 1998.

Weiland, F.: Montage von Breitbild-Papierstereos. 3D-Magazin *Heft 4*, 31–35 (1997).

Wild Heerbrugg: Bedienungsanleitung Wild M 410 / M 420. Wild Heerbrugg, Heerbrugg 1982.

Wild Heerbrugg: Praktische Makro- und Mikrophotographie. Heerbrugg 1979.

Wolf, R., Fischbach, K. F.: Räumliches Sehen im Lichtmikroskop I und II. Mikrokosmos *73*, 257–266 und 292–297 (1985).

Verfasser: Jürgen Schrodt,
Parkstraße 68a, D-58675 Hemer

Buchbesprechungen

Hennig, W.: Genetik, 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin 1998, 820 Seiten, 455 Abbildungen, 72 Tabellen, 30 Technik-Boxen, gebunden, DM 78,00, ISBN 3-540-63528-9.

Genetik ist eine Fachdisziplin, die wie kaum eine andere Facette in der Biologie im Verlaufe der letzten zwei bis drei Dekaden einen unglaublichen Wissenszuwachs erfahren hat. Auf diesem Hintergrund ist es notwendig, dass in rascher Folge neue Lehrbücher auf dem Markt erscheinen, welche den Studenten und allen anderen Wissensdurstigen die ganz aktuellen Erkenntnisse vermitteln. Zu diesen Büchern gehört das vorliegende, didaktisch geschickt konzipierte Werk, das auch in seiner zweiter Auflage diesen Ansprüchen Rechnung trägt. Es bleibt zu hoffen, dass weitere, dem jeweiligen Wissenszuwachs Rechnung tragende Neuauflagen erscheinen werden.

Wilhelm Wagner, Essen

Eberhard-Metzger, C., Glomp, I., Hobom, B., Stamatiadis-Schmidt, H., zur Hausen, H.: Das Genom-Puzzle. Forscher auf der Spur der Erbanlagen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998, 284 S., 18 Abb., 4 in Farbe, Glossar, gebunden, DM 39,80, ISBN 3-540-64326-5.

Auf hervorragende Weise ist es den Autoren dieses (auch optisch sehr ansprechenden) Buches gelungen, Geschichte, Gegenwart und Zukunft der Genomforschung informativ, aktuell und verständlich darzustellen. Von Mendel über das Human-Genom-Projekt bis hin zur angewandten Genomforschung. Von Genen und Krankheiten über die Verhaltensgenetik zu einem neuen Bild vom Menschen. Abgerundet durch ein ausführliches Glossar sowie durch Adressen von Websites im Internet vermittelt dieses Buch, dass nichts so spannend war und ist wie die Wissenschaft. „[Dass] aus heutiger Sicht [...] die Zeit um 1990 noch so etwas wie das ‚dunkle Mittelalter' der Genomforschung gewesen [ist]", verdeutlicht wie schwer es geworden ist auf dem Laufenden zu sein und zu bleiben. Dies gilt gleichermaßen für Fachleute wie für Laien und für beide ist dieses Buch geschrieben. Dass unsere Gefühle und unser Verhalten mit Sicherheit durch genetische Faktoren beeinflusst werden, „ist im Grunde eine Binsenweisheit,..." Die Frage, wieviel Prozent davon angeboren und wieviel erworben sind, ist vergleichbar der Frage „was für die Oberfläche eines Rechtecks mehr zählt: Die Länge oder die

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

Breite?" „Was [aber] die Welt (der Hefe) im Innersten zusammenhält", warum wir das Genom von uns und anderen Tieren erforschen, diese und andere Fragen haben durchaus gesellschaftliche Relevanz. Ob Alkoholismus-, Homosexualitäts- oder Kriminalitäts-Gene, das Buch entlarvt die Sensationsgier der Medien und hat dennoch Sensationelles aus Forschung und Gesellschaft zu berichten. Ob Kaspar Hauser, Anastasia, der genetische Fingerabdruck, molekulare Archäologie oder Krebsforschung, die Genetik verändert unser Weltbild. Fruchtfliege, Maus und Zebrafisch stehen dabei im Mittelpunkt. Das, was der Mensch mit ihnen gemeinsam hat, macht ihn einzigartig: Ein Genom-Puzzle.

Matthias Wolf, Berlin

Fritsche, W.: Umwelt-Mikrobiologie. Grundlagen und Anwendungen. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1998, 252 Seiten, 106 Abbildungen, 7 Tabellen, kartoniert, DM 49,80, ISBN 3-437-35008-0.

Dieses Buch ist mit dem Ziel verfasst, darzulegen, welche Rolle Mikroben zum einen in unbelasteten, natürlichen und zum anderen in anthropogen beeinflussten Stoffkreisläufen spielen bzw. spielen können. Neben der Darstellung der Möglichkeiten des Einsatzes von Mikroben zum Beispiel beim Abbau von schädlichen Fremdstoffen wird aber auch deutlich dargelegt, wo die Limitationen der Fähigkeiten dieser Organismen zu sehen sind. Sehr interessant und aufschlussreich ist es, anhand gut nachvollziebarer Beispiele zu erfahren, wie die Mikroorganismen bei Abwasserreinigung, Biogasgewinnung, Bodensanierung und Abluftreinigung eingesetzt werden. Ein wichtiger, angewandter Aspekt wird schließlich mit der Erläuterung der möglichen Integration von Mikroorganismen in industrielle Prozessen beleuchtet. Man spürt beim Lesen dieses Buches immer wieder, dass der Autor die sicherlich erstrebenswerte Kooperation zwischen Naturwissenschaft und Technik fördern möchte.

Johannes Gross, Heidelberg

Koolman, J., Moeller, H., Röhm, K.-H. (Hrsg.): Kaffee, Käse, Karies - Biochemie im Alltag. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 1998, 384 Seiten, 150 Abbildungen, 15 Tabellen, Broschur, DM 48,00, ISBN 3-527-29530-5
und
Unger, E.: Auweia Chemie! Wiley-VCH Verlag, Weinheim 1998, 210 Seiten, 83 Abbildungen, Broschur, DM 38,00, ISBN 3-527-29538-0.

Wissenschaft macht Spaß. Beide Bücher – unterhaltsam geschrieben und reichhaltig illustriert – lassen sich auf diese einfache Formel bringen. „Es war einmal ein Land mit dem Namen Universum. Das Land wurde regiert von einem mächtigen Herrscher, König Urknall." Liebevoll erklärt Ekkehard Unger (Auweia Chemie!) die Welt der Chemie. In Kaffee, Käse, Karies ... sind es mehrere Autoren. 26 Studierende widmen sich der Biochemie im Alltag. Sie schreiben über Kaffee, Tee, Wein & Sekt, Waschmittel, Zahnpflege und vieles mehr. Erlebnis-Wissenschaft, so heißt die Reihe von Wiley-VCH, in der auch diese beiden Bücher erschienen sind. Beide Bücher bewegen sich auf dem schmalen Grat zwischen Lesespaß und Anspruch, zwischen Unterhaltung und Wissenschaft, zwischen Sachbuch und Fachbuch. Beide verlassen diesen Grat das eine oder andere Mal in beide Richtungen - ein grundsätzliches Problem populärwissenschaftlicher Literatur. Während der „Fachmann" kleinere Fehler finden wird, muss der Laie die eine oder andere Formel sicher überblättern. Auch die oft an Comics orientierten Illustrationen sind sicher nicht jedermanns Geschmack. Es bleibt also abzuwarten ob, wie vom Verlag umworben, vom Schüler bis zum Wissenschaftler wirklich alle erreicht werden können. Für den Leser heißt es, es dem Verlag gleichzutun, das heißt sich auf den schmalen Pfad zwischen der Freude am Lesen und wissenschaftlichem Anspruch zu begeben.

Matthias Wolf, Berlin

Speckmann, E.-J., Wittkowski, W.: Bau und Funktionen des menschlichen Körpers: praxisorientierte Anatomie und Physiologie, 19. Auflage. Urban & Schwarzenberg, München 1998, 521 Seiten, 459 vierfarbige Abbildungen, gebunden, DM 56,00, ISBN 3-541-02649-9.

Ob Mikroskopiker oder nicht: Wer hätte kein Interesse daran, detaillierte Information zum Aufbau und zur Funktion des eigenen Körpers von kompetenter Seite her vermittelt zu bekommen? Das vorliegende, seit vielen Jahren in der Ausbildung von Pflegekräften bewährte Lehrbuch ist eine solche Wissensquelle, die textlich wie bildlich sehr transparent und anschaulich die gewünschten Auskünfte vermittelt. Nach dem Erscheinen der 18. Auflage wurde recht rasch eine neue Auflage notwendig, die natürlich eine entsprechende Überarbeitung

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

und Aktualisierung erfahren hat. Für uns Mikroskopiker ist es interessant zu sehen, dass in der aktuellen Auflage die Abbildungen zur mikroskopischen Anatomie der Organe einen deutlichen Zuwachs erfahren haben.

Johannes Gross, Heidelberg

Heschl, A.: Das intelligente Genom - Über die Entstehung des menschlichen Geistes durch Mutation und Selektion. Springer Verlag, Berlin 1998, 390 Seiten, 25 Zeichnungen, gebunden, DM 68,00, ISBN 3-540-64202-1.

Dieses ist kein Buch, das einen Bezug zur mikroskopischen Dimension herstellt. Ganz im Gegenteil! Dennoch sollte es für uns als Menschen von großem Interesse sein, da es um unsere eigene Position in der Tierwelt geht. Nach und nach wird nämlich unsere vielfach immer noch als selbstverständlich angenommene Vorstellung von der Sonderstellung des Menschen schmerzlich demontiert. Und das geschieht in einer ironisch-belustigenden Art, die sich nicht primär an eine streng wissenschaftliche Leserschaft, sondern vielmehr an den interessierten Laien, also an uns wendet. Quintessenz: Der Mensch ist kein Naturwunder, sondern ein Naturwesen. Wir müssen das einfach langsam einsehen und schließlich auch akzeptieren.

Erika Tenge, Bad Salzuflen

Hinz-Schallreuter, I., und Schallreuter, R.: Ostrakoden. Enke, Stuttgart 1999, Haeckel-Bücherei Band 4, broschiert, 168 Seiten, 225 Einzeldarstellungen, DM 45,00, ISBN 3-432-30271-1.

Ostrakoden, zu Deutsch Muschelkrebse, gehören zu einer Organismengruppe, die man außer in den konventionellen aquatischen Lebensräumen – limnisch, brackisch, marin – in allen nur denkbaren Habitaten findet – abgesehen vom Luftraum: in höchsten Gletscherseen, im Grundwasser, in Quellen, in Höhlengewässern, in wassergefüllten Astlöchern von Bäumen, in Baumstümpfen, in Regenpfützen, in feuchten Moosrasen, auf spritznassen Blättern von Pflanzen in der Nähe von Wasserfällen, in Wasserbehältern von Bromeliaceen, in terrestrischen Habitaten, in Gewässern mit extremen Chemismus, als Kommensalen in Schwämmen und Krebsen und möglicherweise auch als Parasiten an Fischen und Krebsen.
Das vorliegende Buch vermittelt einen umfassenden, aktuellen Überblick zur Morphologie, Biologie, Ökologie sowie Taxonomie und Evolution der Ostrakoden. Ein detailiertes Literaturverzeichnis erleichtert den Zugang zu spezielleren Publikationen. Rundum eine gelungene Monographie. Neben den professionellen Ostrakodenforschern ist dieses Werk für jeden, der sich mit dieser Organismengruppe näher auseinandersetzen möchte oder sie gar zu „seinen" Organismen auserwählt, ein absolutes Muss.

Klaus Hausmann, Berlin

Lenzenweger, R.: Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 3; Band 104 der Bibliotheca Phycologica. Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1999, 218 Seiten, 22 Bildtafeln, zahlreiche Textabbildungen, Taschenbuchformat, DM 96,00, ISBN 3-443-60031-X.

Nun ist der dritte und letzte Teil dieser Desmidiaceen-Serie erschienen. Wie nicht anders zu erwarten war, sind bei dem vorliegenden Buch die gleichen (hohen) inhaltlichen, gestalterischen und herstellerischen Qualitätsstandards eingehalten worden wie bei den beiden Vorgängern. Ruppert Lenzenweger ist mit diesen drei Büchern sicherlich das gelungen, was er in der Einleitung zu diesem letzten Band schreibt, nämlich *dem Amateurphycologen die Möglichkeit zu geben, die von ihm selbst aus den unterschiedlichsten Gewässern gesammelten Desmidiaceen zu bestimmen und ihn damit, über die Freude am Betrachten dieser schönen Algenformen hinausgehend, zu wissenschaftlicher Arbeit anzuregen.*
Die MIKROKOSMOS-Redaktion erhofft sich daraus natürlich zukünftig ein entsprechendes Manuskriptangebot von den Nutzern dieser Bücher!

Klaus Hausmann, Berlin

Lengeler, J. W., Drews, G. and Schlegel, H. G. (eds): Biology of the prokaryotes. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1999, 955 Seiten, 940 Illustrationen, 150 Tabellen, gebunden, DM 148,00, ISBN 3-13-108411-1.

Durch dieses Buch wird das bekannte, zuvor primär für den Anfänger konzipierte Taschenbuch „Allgemeine Mikrobiologie" von Schlegel abgelöst. Es ist sicherlich anspruchsvoller als sein Vorgänger, sowohl was Umfang und Inhalt als auch Ausstattung und Preis betreffen. Da es in englischer Sprache geschrieben ist, richtet es sich an eine internationale Leserschaft.
Umfassend werden Biosynthese, Biochemie, Vernetzung, Regulation und Ökologie der Prokaryoten behandelt. Der physiologische und funktionelle Ansatz stellt die Frage in den Mittelpunkt, welche Strategien die prokaryotischen Lebewesen bislang entwickelt haben, um sich letztendlich im Evolutionsgeschehen bis heute so erfolgreich behauptet haben zu können.
Durch Beiträge von 42 international renommierten Prokaryoten-Experten, die an diesem Buch beteiligt sind, ist gewährleistet, dass nahezu alle Facetten der Prokaryoten-Biologie abgedeckt sind. Somit liegt ein aktuelles und umfassendes Werk vor, welches zukünftig gleichermaßen Suchenden, Lernenden und Lehrenden eine reiche Datenquelle sein wird.

Klaus Hausmann, Berlin

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

Kühnel, W.: Taschenatlas der Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie, 10. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1999, 552 Seiten, 667 Abbildungen, Taschenbuch, DM 54,00, ISBN 3-13-348810-1.

Wenn ein Buch in der 10. Auflage erscheint, muss man sich sicherlich keine Gedanken darüber machen, ob es nun in dem entsprechenden Angebotssegment seinen Platz gefunden hat oder nicht. Diesen hat es sicherlich seit langem inne! Man mag vielleicht hinterfragen, ob es ganz neue Facetten oder Einsichten gibt. Das ist wohl bei einer über einige Hunderte von Jahren etablierten Fachdisziplin, wie es die Histologie ist, nicht zu erwarten. Nichtsdestotrotz muss man beim vorliegenden Buch einfach feststellen: Der neue Kühnel verfügt in seiner aktuellen Auflage über noch mehr und noch ausgezeichneteres Bildmaterial als bislang, Transmissions- und Rasterelektronenmikroskopie inbegriffen.
Der umfangreiche Tabellenanhang erlaubt eine schnelle Zuordnung der Präparate anhand ihrer spezifischen Merkmale und ermöglicht damit eine zügige Differentialdiagnostik.
Dieser Taschenatlas gehört in das Bücherregal eines jeden Human- und Tiermediziners genauso wie in die literaturmäßige Grundausstattung von Anatomen, Pathologen und Biologen.

Klaus Hausmann, Berlin

Langenscheidt-Redaktion: OhneWörterBuch. 500 Zeigebilder für Weltenbummler. Zeichnungen von Katrin Merle. Kleinformat (ca. 10 × 15 cm), 31 Seiten, kartoniert-laminiert, schmutzabweisend. DM 9,90, ISBN 3-468-20394-2.

In dem vorliegenden Büchlein wird man vergebens nach irgendeinem Bezug zum Mikroskop suchen. Dennoch kann es auch für Mikroskopiker von Nutzen sein, so sie denn auf Reisen in Ländern unterwegs sind, wo die normalerweise ausreichenden Fremdsprachkenntnisse nicht mehr greifen. Es handelt sich um ein Buch, das, wie der Titel verrät, ohne Wörter auskommt. Es gibt – abgesehen von einer ganz kurzen, deutschen Erläuterung zum Gebrauch des Buches – statt Worte 500 Zeigebilder, mit denen man anderen, ebenfalls einer verbindenden Sprache nicht mächtigen Mitmenschen unseres Planeten die verschiedensten Bedürfnisse eines Weltenbummlers verständlich machen kann. Das platzsparende Format lässt auch keinen Zweifel darüber, wo es hingehört, nämlich an die Frau/an den Mann, in eine schnell zugängliche Tasche der Oberbekleidung.

Wilhelm Wagner, Essen

Kleinig, H., Maier, U.: Zellbiologie: Ein Lehrbuch, begr. von H. Kleinig und P. Sitte. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1999, 4. Aufl., 543 Seiten, 507 Abbildungen, gebunden, DM 118,00, ISBN 3-437-26010-3.

Es ist ausgesprochen erfreulich, dass es nun wieder einen Kleinig/Sitte im deutschsprachigen Lehrbuchangebot zur Zellbiologie gibt, der den aktuellen Wissensstand mit der gewohnten Präzision und Qualität vermittelt. Seit dem Erscheinen der dritten Auflage dieses erfolgreichen Standardwerkes im Jahr 1992 erfolgte in der Zellbiologie ein immenser Wissenszuwachs, der eine gründliche Überarbeitung des Buches notwendig machte. Nahezu alle Teilgebiete sind davon betroffen, so dass der Text weitgehend neugeschrieben sowie zahlreiche Graphiken aktualisiert oder neu hinzugefügt werden mussten. Bei den – nach wie vor qualitativ besonders herausragenden – mikroskopischen Abbildungen sind nicht so deutlich erkennbare Veränderungen oder Ergänzungen eingetreten. Das weist darauf hin, dass der oben angesprochene Wissenszuwachs vornehmlich aus dem molekularen Bereich resultiert. Besonders erwähnen möchte ich den Wechsel in der Autorenschaft. Der ältere der beiden Gründungsautoren, nämlich Peter Sitte, hat einem jüngeren Autor, dem ehemaligen Freiburger, unterdessen Marburger Botaniker Uwe Maier seinen Platz übergeben. Dem neuen Autorenteam sei viel Erfolg mit dieser und zukünftigen Auflagen des Buches gewünscht.

Klaus Hausmann, Berlin

Dettner, K., Peters, W. (Hrsg.): Lehrbuch der Entomologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, 1999, 921 Seiten, gebunden, 612 Abbildungen, zahlreiche Tabellen, DM 98,00, ISBN 3-437-25920-2.

Die Insekten stellen mit ca. 950.000 bekannten Arten etwa 75–80% aller bis heute beschriebenen Tierarten. Schätzungen sprechen sogar von 8–100 Millionen noch nicht entdeckter Insektenarten. Diese Artenvielfalt, die große Mannigfaltigkeit der Lebensformen, die ungeheure Individuenzahl einiger Arten, die Tatsache, dass Insekten fast alle Lebensräume erobert haben und dass einige Arten Menschen, Tiere und Pflanzen plagen oder gefährlich schädigen können, sind gewichtige Gründe für die enorme biologische, medizinische sowie die land- und forstwissenschaftliche Bedeutung der Insekten. Das vorliegende sehr umfangreiche Lehrbuch der Entomologie soll an zwei Werke anknüpfen: den 1938 erstmals erschienenen „Klassiker" im deutschen Sprachraum, den *Grundriß der Insektenkunde* von Hermann Weber, das 1974 in der 5. Auflage zum letzten Mal überarbeitet wurde, und an das 1933 erschienene und nie überarbeitete *Lehrbuch der Entomologie* des gleichen Autors. An diesem ehrgeizigen Ziel haben 21 Autoren mitgewirkt. Von insgesamt 25 Kapiteln sind mit 14 Kapiteln etwa die Hälfte des Buches dem Bau und der Funktion des Insektenkörpers gewidmet. Ein um-

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

fangreiches Kapitel beschäftigt sich mit der Fortpflanzung und der Entwicklung der Insekten, drei Kapitel mit sozialen Insekten sowie Räuber/Beute Beziehungen, jeweils ein Kapitel mit medizinischer Entomologie, der Schädlingbekämpfung und Zoogeographie und zwei Kapitel beschreiben die Systematik und Vielfalt der Insekten. Jedes Kapitel schließt mit einem Literaturverzeichnis. Im Kapitel 25 werden 33 Insektengruppen beschrieben, wobei zu jeder Gruppe weiterführende Literaturzitate angegeben sind. Auf klassischen Kenntnissen aufbauend berücksichtigen alle Autoren in großem Umfang neue und neueste Forschungsergebnisse. Sehr wünschenswert wäre jedoch eine etwas umfangreichere und bildlich reichhaltigere Darstellung moderner Ergebnisse der molekularen Entwicklungsbiologie gewesen. Alle Kapitel sind mit insgesamt 612 qualitativ hochstehenden Strichzeichnungen und Halbtonabbildungen reich bebildert, wobei die ausgewählten Abbildungen in der Regel den Text sinnvoll ergänzen. Obwohl es sich um ein Vielautorenbuch handelt, ist durchgehend die Einheitlichkeit der Abbildungen gelungen. Die Kapitel sind gut untergliedert. Die Hervorhebung wichtiger Begriffe in Fettdruck erleichtert die rasche Orientierung, und in Kleindruck eingefügte Textabschnitte erleichtern die Arbeit mit diesem Buch. Studierende der Biologie, Lehrer und alle, die sich aus beruflichen Gründen oder als Liebhaberentomologen mit Insekten beschäftigen, werden das vorliegende Buch sowohl als Lehrbuch als auch als Fundgrube und Nachschlagewerk schätzen.

Bernd Walz, Potsdam

Schwoerbel, J. (unter Mitarb. von Selje, N.): Einführung in die Limnologie, 8. Aufl.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1999, 465 Seiten, Taschenbuch, DM 38,80
ISBN 3-437-25990-3.

Jürgen Schwoerbels Einführung in die Limnologie ist unterdessen ein Muss für alle Interessierten, welche sich die Grundbegriffe der Süßwasserkunde aneignen möchten, seien es nun Studierende der Biologie oder – aus welchen Gründen auch immer – im Bereich der Ökologie engagierte Mitmenschen. Die achte Auflage wurde erwartungsgemäß neubearbeitet und aktualisiert. Studierende wie Lehrende haben wieder ein Werk verfügbar, das – ganz up to date – den derzeitigen Wissensstand um die Süßwasserökologie widerspiegelt. Dieses Buch ist nach wie vor ein Werk, das Grundlagen vermittelt, aber auch neueste Erkenntnisse weiterzugeben vermag.

Wilhelm Wagner, Essen

Loof, P.: Süßwasserfauna von Mitteleuropa 4/2-2 Nematoda, Adenophorea (Dorylaimida).
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1999, 264 Seiten, Paperback, DM 198,00, ISBN 3-8274-0903-9.

Obwohl Nematoden in Süßwasserhabitaten durchaus häufig anzutreffen sind, werden sie von Limnologen nur wenig beachtet. Ein Grund hierfür liegt sicherlich im Mangel an adäquater Bestimmungsliteratur. Durch das Erscheinen des neuen Bandes der „Süßwasserfauna“ ist dieser Mangel nun beseitigt – zumindest für die Dorylaimiden. Pieter Loof hat Informationen über sämtliche aus Mitteleuropa bekannte limnische Dorylaimina und Mononchina zusammengetragen. Jede Art ist kurz beschrieben, und – dies muss besonders hervorgehoben werden – fast jede Art ist auch ausführlich abgebildet. So kann das über den Schlüssel erzielte Bestimmungsergebnis anhand von Zeichnungen überprüft werden. Eine derartige Fülle von Abbildungen ist für ein Nematoden-Bestimmungsbuch meines Wissens einmalig. Dabei ist es in vielen Fällen nur so möglich, die Tiere ohne Hinzuziehen der Originalbeschreibungen zuverlässig zu bestimmen. Für die zum Teil systematisch und taxonomisch sehr schwierigen Gruppen sind dichotome Schlüssel oder polytome Bestimmungstabellen vorhanden, teilweise für Männchen und Weibchen getrennt. Besonders praktisch sind einige Abbildungstafeln, auf denen Merkmale ähnlicher Arten einander gegenübergestellt werden, so dass die Unterschiede zwischen diesen Arten schnell ersichtlich werden. Leider ist der einführende Teil des Buches mit gerade einmal 15 Seiten viel zu knapp geraten. Es ist zu vermuten, dass allgemeine Angaben zu Bau, Biologie und Lebensweise von Nematoden, sowie zu Fang-, Präparations- und Beobachtungstechniken für einen vorangehenden Band der Reihe vorgesehen sind. Allerdings ist dieser Band bisher nicht erschienen. Folglich ist nicht nur der Laie darauf angewiesen, solche Informationen anderen Werken über Nematoden zu entnehmen. Auf die Besonderheiten der mundstachel-tragenden Dorylaimiden, zum Beispiel in Bezug auf ihre Ernährungsweise, wird in dem vorliegenden Band seltsamerweise gar nicht eingegangen. Desgleichen beschränken sich die im Umschlagtext versprochenen Beschreibungen der Ökologie von Dorylaimiden leider auf knappe Angaben zum Lebensraum der einzelnen Gattungen und Arten.
Trotz dieser Einschränkungen ist dies ein nützliches Buch, dessen Erscheinen hoffentlich dazu beitragen wird, dass limnische Nematoden in Zukunft mehr Beachtung finden.

Karin Kiontke, Berlin

Odum, E. P.: Ökologie – Grundlagen, Standorte, Anwendung, 3. Auflage. Thieme, Stuttgart 1999, 471 Seiten, 222 Abbildungen, 62 Tabellen, kartoniert, DM 79,00, ISBN 3-13-382303-5.

Dieses von Eugene P. Odum, Athens, Georgia, USA, verfasste und von Jürgen Overbeck, Plön,

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://

aus dem Amerikanischen übertragene Ökologie-Lehrbuch erfährt seine dritte deutsche Auflage. Diese Tatsache belegt, dass das Buch seine Nische in dem entsprechenden Buchsegment gefunden hat. In der Neuauflage haben insbesondere die Kapitel Süßwasserökologie, Marine Ökologie und Ökologie der Ästuare eine deutlich spürbare Überarbeitung erfahren. Dazu sind die Abbildungen sowie die Literaturangaben gegenüber der letzten Auflage um rund die Hälfte angewachsen.
Insgesamt liegt ein Buch vor, das jedem, der sich ein ökologisches Grundwissen erarbeiten möchte, eine Pflichtlektüre sein sollte.

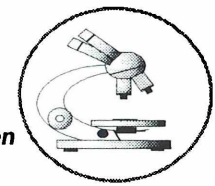
Johannes Gross, Heidelberg

Malpighi, M.: Die Anatomie der Pflanzen. I. und II. Theil. London 1675, 1679. Ostwalds Klassiker der Naturwissenschaften, Bd. 120. Verlag Harri Deutsch, Stuttgart 1999, 2. Auflg., 163 Seiten, kartoniert, DM 28,00,
ISBN 3-8171-3120-8.

Erneut, in zweiter Auflage, wird für den historisch interessierten Mikroskopiker vom Verlag Harri Deutsch als Nachdruck ein Leckerbissen angeboten: *Die Anatomie der Pflanzen* von Marcellus Malpighi (1628–1694). Dieser Forscher gilt – neben dem 1997 im MIKROKOSMOS von Martin Schubert ausführlich gewürdigten Nehemia Grew (1628–1711) – als einer der maßgeblichen und ausschlaggebenden Wegbereiter der mikroskopischen Pflanzenanatomie. Jeder, der auch nur andeutungsweise eine Affinität zur Historie der Biologie verspürt, kann aus diesem liebevoll und verantwortungsbewusst neuaufgelegtem Werk Freude schöpfen. Wünschen wir uns, dass noch zahlreiche, möglichst weitgefächerte, speziell mikroskopische Themen berücksichtigende Facetten der Biologie aufgreifende Publikationstätigkeiten des Harri Deutsch Verlages uns weitere, derzeitig verschollen geglaubte Originalwerke wieder verfügbar machen!

Klaus Hausmann, Berlin

Aus den Arbeitsgemeinschaften



Mikrobiologische Vereinigung – MBV – im Naturwissenschaftlichen Verein zu Hamburg – Planktongruppe –

Programm
Januar bis April 2000

11. 1.: Elke Pieper: Untersuchung von Plankton umliegender Gewässer und Bestimmungsübungen / Wasserblüten 1
Rolf Kröger: Limnologie 6 / Stoffhaushalt limnischer Systeme 2 sowie Kalibrieren eigener Messokulare

8. 2.: Elke Pieper: Untersuchung von Plankton umliegender Gewässer und Bestimmungsübungen / Wasserblüten 2
Walter Steenbock: Bacillariophyceen des Süßwassers 3

14. 3.: Elke Pieper: Untersuchung von Plankton umliegender Gewässer und Bestimmungsübungen / Wasserblüten 3
Rolf Kröger: Limnologie 7 / Stoffhaushalt limnischer Systeme 3 sowie
Kalibrieren eigener Messokulare

11. 4.: Elke Pieper: Untersuchung von Plankton umliegender Gewässer und Bestimmungsübungen / Wasserblüten 4
Rolf Kröger: Messübungen an Süßwasseralgen

Alle Veranstaltungen der Mikrobiologischen Vereinigung finden in den Labors bzw. Räumen des Zentrums für Schulbiologie und Umwelterziehung – ZSU – in 22609 Hamburg, Hemmingstedter Weg 142, jeweils um 18.00 Uhr statt.
Darüber hinaus finden an jedem letzten Freitag eines Monats ebenfalls um 18.00 Uhr Praktika und wechselnde Vorträge statt, die direkt von der Mikrobiologischen Vereinigung Hamburg betreut werden:

28. 1.: Horst Kaufmann: Eine geologische Reise ins Lias von Yorkshire

25. 2.: Dr. G. Mielich: Altlasten in Hamburger Böden

24. 3.: Prof. Dr. I. Hinz-Schallreuter: Ostrakoden (Muschelkrebs)

28. 4.: Prof. Dr. Richter: Brauchen wir Tropenholz?

Interessierte Gäste sind stets willkommen. Ansprechpartner: Dr. Georg Rosenfeld, Nigen-Rägen 3b, 22159 Hamburg, Tel.: 040/643 06 77.

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

Mikroskopische Gesellschaft Wien

Programm
Januar bis März 2000

11. 1.: Vorweisungsabend. Die Mitglieder der Gesellschaft werden ersucht, Präparate zur Besprechung mit der Mikroskop-Videoeinrichtung mitzubringen.
18. 1.: Alfred Schultes: Mikro-Dias-Abend über Spinnen
25. 1.: Jahreshauptversammlung
1. 2.: Friedrich Wertl: Botanik (Präparationsabend)
8. 2.: Semesterferien: Die Räume der Gesellschaft bleiben geschlossen.
15. 2.: Friedrich Posch: Mikroskopische Untersuchungen an geologischen Objekten (mit Dias)
22. 2.: Mag. Erich Eder: Larvenentwicklung von Urzeitkrebsen (mit Dias)
29. 2.: Mag. Walter Ruppert: Histologie (Präparationsabend)
7. 3.: Herbert Palme, Peter Pavlicek: Gesteinsdünnschliffe (Präparationsabend)
14. 3.: Herbert Palme, Peter Pavlicek: Fortsetzung vom 7. 3.
21. 3.: Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Stahlmühlner: Seychellen – Komoren – Maskarenen (La Réunion, Mauritius) (mit Dias)
28. 3.: Dr. Gabriele Hrauda: Plankton und Aufwuchsorganismen aus der Adria (mit Dias und Präparation)

Alle Vorträge und Kurse finden in den Räumen der Gesellschaft in Wien 2, Marinelligasse 10a, an Dienstagen statt und beginnen um 19.15 Uhr. Gäste sind willkommen. Vorstandssitzung ist jeden ersten Dienstag im Monat.

Neu
Mikro-Markt online
Zum Kombipreis (Print + online) Anzeigenpreis plus 30% online-Aufschlag
Nähere Infos unter Tel.: 03641/62 64 45

Mikro-Markt

Anzeigenschluß für die nächste Ausgabe (2/99): 21. Januar 2000
Preise für Mikro-Markt-Anzeigen (je mm bei 68 mm Spaltenbreite):

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

Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an:
URBAN & FISCHER Verlag, Anzeigenleitung: Postfach 10 05 37, D-07705 Jena

Suche dringend von Hensoldt das Kleinstmikroskop Protami oder Tami. Freundliche Angebote an Matthias Burba, Tel. 040/8 80 21 75

Suche f. **ZEISS-Universal/Standard**: 1. Obj. Plan-Neofluar 63/1,25 Oel m. Iris (461838), 2. Hellfeld-Phasenkontrast-Dunkelfeld-Kondensor V/Z (Hellfeld 1,4; Dunkelfeld 1,1/1,4 [0,65-1,0]) m. fester, immergierb. Frontlinse (465277) u. Austausch Frontlinse 0,63 (465255). K. Janus, Tel. 07 11/3 18 06 66, Fax /3 18 06 67

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

Suche Obj.-Revolver/**Durchlicht** f. Reichert **ZETOPAN** u. Leitz **ORTHOPLAN**
Tel. 089/3 08 22 11

Verkaufe gebrauchte **REM's LEITZ-AMR** mit Garantie, Lieferung, Einweisung. M. Görtz GmbH, Tel. 0 64 41/6 27 40, Fax 0 64 41/6 20 25

Verkaufe: Zeiss Standard Junior, Bestzustand, mit 2 Binokulartuben, gerader Tubus, sep. Köhlerleuchte, 2 Kondensoren, achrom. Objektive, weiteres Zubehör. Tel. 0 22 27/91 26 79

Histor. Mikroskope (Samml.aufl.); Binokularmikr. (Askania) fabrikneu, DM 750,-.
Tel. 0 30/4 31 59 09

Mikroskop Biolar, 100W Halo, Trino Fototubus, div. Zubehör zu verkaufen.
Tel. 0 61 73/6 65 91, Fax 0 61 73/3 23 38 16

Zeiss **Planachromat** 100/1.25/Öl/Iris/ 160/45 mm, tadellos, DM 380,-. Tel./Fax 0 99 53/5 27

Zeiss Jena Optik, neu, gegen Gebot: Citoval, Jenatech, Kamera mf-AKS, verschiedene GF planapo Objektive, unendlich, für Öl, Wasser, trocken oder ohne Glaswegkorrektur. Tel. 0 65 31/81 19

Eindeckmittel für die gesamte Mikroskopie
Hydro-Matrix®, wässrig 30 ml DM 43,-
Syn-Matrix®, Lsgm. minderg. 30 ml DM 43,-
Solar-Matrix®, Lsgm. frei 30 ml DM 82,-
Micro-Tech-Lab. A-8047 Graz, Postfach 11
Internet: http://www.micro-tech-lab.de

TAUSCHE
meine fabrikneue
Kamera KIEV
mit eingeb. Belichtungsmesser,
1:2-Optik, und lederner Bereitschaftstasche
(identisch mit Kamera CONTAX III
von Zeiss-Ikon)
GEGEN
eine CONTAX I von Zeiss-Ikon
Jean Rüegger-Deschenaux,
Alte Landstraße 33, CH-8803 Rüschlikon
Tel.: 01 -724 28 61; Fax: 01 - 724 29 84

LEITZ biete Pl Fluotar 50/1 Oil *160; NPL Fluo. 40/1.3 Fluoreszenz Phaco 3; **Suche** Plan-Auflicht-Objektive. Fax 0 69/75 00 96 49

Auflösung einer umfangreichen Sammlung: Mikroskope (Olympus, Lomo), Objektive, Okulare, Kondensoren, Zubehör, Vorkriegsobjektive (Zeiss, Reichert, Leitz u.a.) Anfragen an Ferdinand Krainz, Birkenweg 1, A-3340 Waidhofen/Ybbs

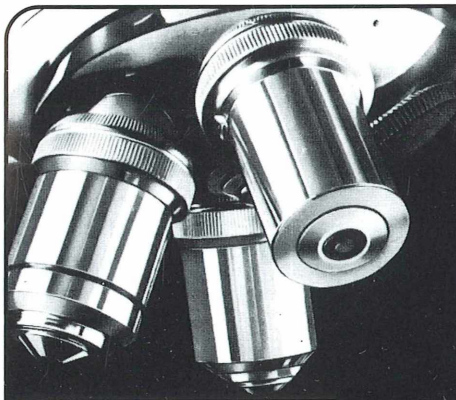
Die Feldlerche

ist berühmt für ihren schönen Gesang, aber ihr Lied erklingt immer seltener. Darum haben wir sie zum Vogel des Jahres 1998 gewählt. Die intensive Landwirtschaft bedeutet das Aus für die kleine Sängerin. Nur naturnahe Felder und Wiesen bieten ihr genügend Nahrung und Raum zum Brüten.

Mehr über die Feldlerche und die Möglichkeiten, ihr zu helfen, erfahren Sie in der Broschüre "Die Feldlerche". Sie ist gegen 5 DM (incl. Porto) in Briefmarken beim NABU erhältlich.

Info-Coupon
(Bitte an unterstehende Adresse senden)
Name, Vorname
Straße
PLZ, Ort

Naturschutzbund
NABU
NABU, Postfach 30 10 54, 53190 Bonn



LOMO
Die vernünftige Alternative
- Biologische Forschungsmikroskope
- Schülermikroskope
- Stereomikroskope
- umfangreiches Zubehörprogramm
- große Auswahl an Apochromaten
- und Achromaten

Achtung neu:
Tel. 02561-444562
Fax 02561-444561

SONDEROPTIK ASTRONOMIE MIKROSKOPE
BW-OPTIK
DIREKTVERSAND LANGNER-VOSS
48683 AHAUS - BUSSARDWEG 19-B

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

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

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

Probleme beim Ausbau des Mikroskops?
Unsere Liste „Zubehör für die Mikroskopie und Mikrofotografie" enthält die passende Optik und viele Bauteile. Wir liefern auch Präparate von Diatomeen, Radiolarien und Foraminiferen.
R. Göke, Bahnhofstaße 27, 58095 Hagen,
Telefon + Fax 0 23 31/3 17 54

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

Schul- und Forschungsmikroskope
(Durchlicht, Auflicht, Stereo)
Videokameras für die Mikroskopie
Präparierbedarf u. Mikropräparate
Reparatur- u. Serviceleistungen.
Labor- u. Medizintechnik
Dr. Jutta Rost
Am Fischerhaus 1, 04159 Leipzig
Tel./Fax 03 41/4 61 65 96
labortechnik.rost@t-online.de

Impressum
Herausgeber: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin, Telefon: 030/838 64 75, Telefax: 030/838 64 77, e-mail: hausmann@zedat.fu-berlin.de
Verlag: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena.
Telefon (03641)626-3, Fax (03641)62 65 00; e-mail: journals@urbanfischer.de
Anzeigenannahme und -verwaltung: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Anzeigenleitung: Sabine Schröter, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena,Telefon (03641)62 64 28, Fax (03641)62 64 21.
Zur Zeit gilt die Anzeigen-Preisliste vom 1. 1. 2000.
Abonnementsverwaltung und Vertrieb: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Zeitschriftenvertrieb: Barbara Dressler, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena, Telefon (03641)62 64 44, Fax (03641)62 64 43.
Bezugshinweise: Das Abonnement gilt bis auf Widerruf oder wird auf Wunsch befristet. Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 31. 10. eines Jahres abbestellt wird.
Erscheinungsweise (2000): 1 Jahrgang mit 6 Heften.
Abo-Preise (2000): 118,– DM*; Einzelheftpreis: 24,– DM*; Vorzugspreis für Schüler, Azubis und Studenten: 79,– DM* *Unverbindlich empfohlene Preise. Alle Preise zzgl. Versandkosten. Preisänderungen vorbehalten.
Folgende Kreditkarten werden zur Zahlung akzeptiert: Visa / Eurocard / Mastercard / American Express (bitte Kartennummer und Gültigkeitsdauer angeben).
Bankverbindung: Deutsche Bank AG Jena, Konto-Nr. 6 284 707, BLZ 820 700 00 und Postbank Stuttgart, Konto-Nr. 923 727 04, BLZ 600 100 70.
Copyright: Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.
Satz: SATZREPROSERVICE GmbH Jena, Talstraße 84, D - 07743 Jena.
Druck: Gulde-Druck GmbH, Hechinger Str. 264, D - 72072 Tübingen.
Diese Zeitschrift wird ab Bd. 85, Heft 1 (1996) auf elementar chlorfreiem, pH-Wert neutralem, alterungsbeständigem Papier gedruckt.
Printed in Germany

Mitglied der Deutschen Fachpresse
Deutsche Fachpresse

© 2000 Urban & Fischer Verlag

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

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

Hinweise für Autoren

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mikrokosmos
510543
Bibliothek des OÖ.
Landesmuseums

Museumstraße 14
4020 Linz

1 (6)

300229

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

...s Bio-...er-Pack

...für Studium, Lehre und Beruf

Der Bio-Trainer!

In einem handlichen Koffer enthält der Bio-Trainer:

1 Das Lehrbuch

Das im englischsprachigen Raum erfolgreichste aller großen Biologiebücher, Campbells *Biologie*, verspricht auch im deutschsprachigen Raum alle Rekorde zu brechen! Seit Erscheinen fanden bereits über 25.000 Exemplare (!!) ihren Weg zu den Benutzern. Eine eindrucksvolle Bestätigung für ein wohl einmaliges Lehrbuch, denn Campbells *Biologie* veranschaulicht die komplette Biologie mit all ihren Teilfächern: Biochemie, Zellbiologie, Genetik, Mikrobiologie, Evolution, Biodiversität, Botanik, Zoologie und Ökologie – auf 1.440 Seiten, komplett vierfarbig und didaktisch ausgefeilt!
Selbstverständlich ist Campbells *Biologie* auch einzeln als Buch erhältlich.

2 Die CD-ROM

Die CD-ROM *Campbell aktiv!* kann als multimediale Arbeitshilfe genutzt werden, die prüfungsrelevantes Wissen aus Campbells *Biologie* abdeckt, bietet aber noch weit mehr:

- Lernaktivitäten interaktiv & multimedial, z. B. zu den Themen Photosynthese, Transkription, Mitose & Meiose, Experimentieren mit Mendels Erbsen, Eigenschaften von Biomolekülen, Pflanzenaufbau und –wachstum u. v. m.
- Laborexperimente auf dem Trockenen ohne apparativen Aufwand, u. a. Diffusion und Osmose, Zellatmung, Molekularbiologie, Herz-Kreislauf-System
- Lernkontrollen mittels Prüfungsfragen

Campbell aktiv! – Multimedia Biologie können Sie auch einzeln bestellen zum Preis von DM 98,-.
CD-ROM · DM 98,-/öS 790,-/sFr 93,- · ISBN 3-8274-0160-7

Systemvoraussetzungen:
IBM-kompatibler Computer: Mit einem Intel-kompatiblen Pentium 90 oder schnelleren Prozessor / MS DOS Version 3.3. oder höher und Windows 95/98 oder Windows NT / Mindestens 8 Megabyte RAM. Wir empfehlen 16 Megabyte oder mehr / Ein 4xSpeeed CD-ROM-Laufwerk. Eine Microsoft-kompatible Maus wird ausdrücklich empfohlen, ist aber nicht Voraussetzung
Mac-Computer: Power PC ab System 7.0 / 4x Speed CD-ROM-Laufwerk
Zusätzliche Anforderungen Eine Festplatte mit mindestens 30 Megabyte freien Speicherplatz / Eine VGA-Grafikkarte und ein grafikfähiger Monitor, Auflösung 800x600 oder mehr / Soundkarte

- **Das Online-Tutorium** *Bei diesem Link erhalten Sie kostenfreien Zugang zu der Classroom-Software „Thinkthanx". Sie haben die Wahl, sich entweder ein „Test-Tutorium" anzuschauen oder selber aktiv ein Tutorium mit entsprechenden Teilnehmern für Ihre Arbeits- oder Lerngruppe zu gestalten.*
- **Links zu den interessanten Biologie-Sites**
- **Links zum Spektrum-Ticker,** *um täglich aktuelle Meldungen und Nachrichten (auch als Abo) abzurufen*

Bitte kopieren & faxen an: 06221-912638

Ja, ich bestelle!

- ❑ **Der Bio-Trainer** (Buch+CD-ROM+Frosch)
  DM 198,-/öS 1.446,-/sFr 176,-, ISBN 3-8274-0161-5
- ❑ **Campbell aktiv!** (CD-ROM)
  DM 98,-/öS 790,-/sFr 93,-, ISBN 3-8274-0160-7
- ❑ **Biologie** (Lehrbuch)
  DM 148,-/öS 1.081,-/sFr 131,-, ISBN 3-8274-0032-5

zzgl. Versandkosten (im Inland: pauschaler Versandkostenanteil: DM 6,-)

Name .....

Straße .....

Ort .....

Datum/Unterschrift .....

oder schicken an:

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG
Vangerowstraße 20 · D-69115 Heidelberg

Bestellen können Sie auch telefonisch 06221-912641 oder E-mail: shop@spektrum-verlag.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: 89_1

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 89_1 1