II 90372/93,3

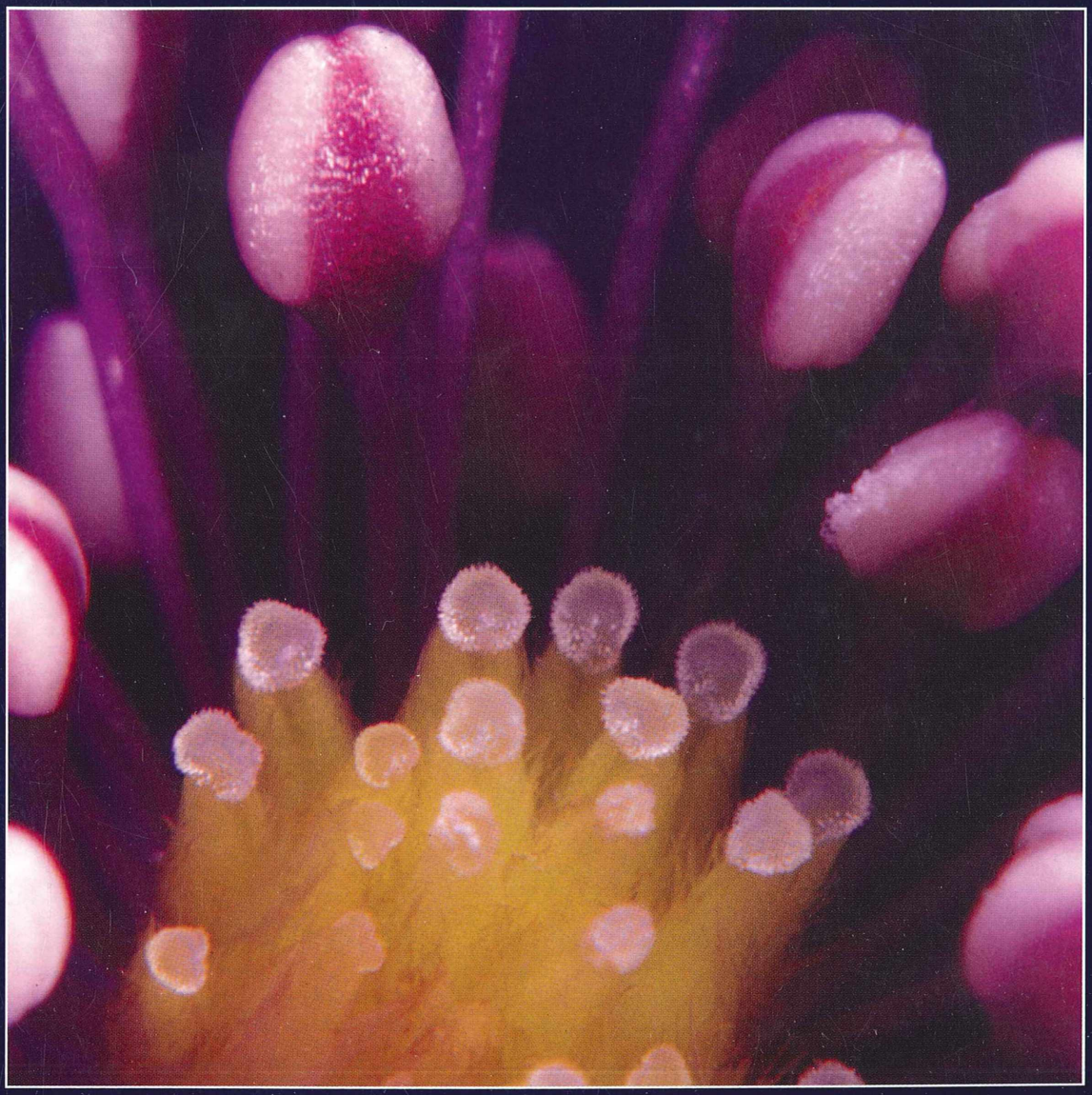
ELSEVIER
URBAN & FISCHER

MIKROKOSMOS

Heft 3
93. Jahrgang
Mai 2004

www.elsevier.de/mikrokosmos

ISSN 0026-3680



MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

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

Elektronisch erstellt: Archiv der Urbelegen, http://www.biologie.de/

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

Inhalt

Artikel

129 Mikroskopie der Mineralgeoden in tertiären Basaltmandelsteinen am Old Man of Storr (Skye, Schottland)
Robert Sturm

135 Eugleniden – Morphologie und Evolution
Christoph Wiegreffe und Klaus Hausmann

141 Aquarienfunde: *Micrasterias* exotisch und *Craspedacusta*-Polypen
Ernst Hippe

146 Eine Biozönose in einem extrem sauren Milieu
Wolfgang Jacob

151 Auflichtmikroskopie mit optischen Veteranen
Erich Lüthje

155 Position und Funktion von Plastiden – Teil 2: Statolithenstärke
Eberhard Schnepf

162 Unterschiede und Homologien bei den Blutzellen der Wirbeltiere
Siegfried Hoc

167 *Ustilago maydis* – Maisbrand
Rainer Roeser

177 Ärger als kreativer Impuls – Wie man dazu kommt, ein Mikroskop selbst zu bauen
Lothar Schwarz und Ingo Webeler

Rubriken

133, 134, 166, 176, 181
Nachrichten

154, 183, 186, 187, 188, 189
Buchbesprechungen

182
Kurze Mitteilung

184
Mikro-Kids

190
Aus den Arbeitsgemeinschaften

191
Mikro-Markt

Im elektronischen MIKROKOSMOS-ARCHIV
www.elsevier.de/mikrokosmos wird mit dem Erscheinen dieses Heftes ein Artikel aus dem Jahrgang 10 (1916/17) über Pilze, die auf Insekten leben, wiedergegeben.

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

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

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

Umschlagabbildung: Das Leberblümchen (*Anemone hepatica*; Gartenform) in auflichtmikroskopischer Darstellung. Siehe Artikel E. Lüthje, S. 151–154.

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

Mikroskopie der Mineralgeoden in tertiären Basaltmandelsteinen am Old Man of Storr (Skye, Schottland)

Robert Sturm

Die im Nordwesten von Schottland gelegene Insel Skye stellt vor allem in geologischer Hinsicht ein interessantes Exkursionsziel dar, da auf ihr die im Rahmen eines ausgedehnten Tertiärvulkanismus gebildeten Eruptivgesteine an zahlreichen Aufschlüssen studiert werden können. Einen besonderen Gesteinstypus repräsentiert der am Old Man of Storr auftretende Basaltmandelstein, welcher durch bis zu mehrere Zentimeter große Mineralgeoden vornehmlich aus Kalzit und Zeolith gekennzeichnet ist. Diese Geoden sollen im nachfolgenden Beitrag einer genaueren petrographischen Betrachtung unterzogen werden.

Die Insel Skye zählt zu den im Nordwesten Schottlands gelegenen Inneren Hebriden, besitzt eine Gesamtfläche von etwa 174.000 ha und zeigt eine für die Britischen Inseln typische, tief eingeschnittene Küstenlinie (Abb. 1). Seit dem frühen 19. Jahrhundert gilt das Eiland als ein Zentrum geologischer Forschung, da hier Gesteine aus verschiedenen erdgeschichtlichen Perioden zutage treten (Anderson und Dunham, 1966; Bell und Harris, 1986).

Kurze geologische Übersicht

Die Gneise des Lewisian Complex wurden im Proterozoikum vor circa 2.800 Millionen Jahren gebildet und gehören damit zu den ältesten Gesteinen Europas. Demgegenüber steht ein ausgedehnter tertiärer Magmatismus mit Bildung von Eruptiv- und Intrusivgesteinen. Diese auf etwa 60 Millionen Jahre datierbare Phase führte zur Bildung des Atlantischen Ozeans in seiner heutigen Form und zählt zu den jüngsten geologischen Ereignissen Großbritanniens. Zuletzt kam es im Zuge zweier Eiszeiten vor 26.000 (Dimlington-Glazial) beziehungsweise 11.000 Jahren (Loch Lomond-Glazial) zur Entstehung glazialer Landschaftsformen und Sedimente, welche zu den spektakulärsten ihrer Art auf den Britischen Inseln gehören.
Ein eindrucksvolles Zeugnis des Tertiärvulkanismus stellen die vor allem im Norden und Westen der Insel aufgeschlossenen Plateau-Lavaserien dar, welche vor ihrer Erosion wahrscheinlich eine Mächtigkeit von über 1.200 m erreichten. Der Hauptanteil der Laven kann als basaltisch klassifiziert werden; lediglich die hangendsten Einheiten zeigen einen etwas saureren Chemismus und sind demzufolge als Trachyte anzusprechen. Während im Zentrum der Plateaulaven eher massives Eruptivgestein vorzufinden ist, sind die oberen und unteren Partien verstärkt durch so genannte Basaltmandelsteine gekennzeichnet. Innerhalb solcher Gesteine kam es während der schnellen Kristallisation durch die Entweichung von Gasphasen zu Bildung blasenförmiger Hohlräume, welche in weiterer Folge mit aus einer perkolierenden Minerallösung entstandenen Kristallen verfüllt wurden. Eine besondere Fundstelle für Mandelsteine stellt der Bereich rund um den Old Man of Storr im Nordosten von Skye dar (Abb. 1). Die typisch schottische Bezeichnung steht für einen etwa 30 m hohen, vornehmlich durch Winderosion geformten Basaltobelisken, welcher bereits aus großer Entfernung als landschaftsprägendes Element erkennbar ist. Die Geoden der hier zutage tretenden Eruptivgesteine bestehen aus einem breiten Spektrum von Mineralen, von welchen vor allem Kalzit, Chlorit, Quarz, Gyrolit sowie eine Vielzahl verschiedener Zeolithe (Analcim, Natrolith, Chabasit, Heulandit, Laumontit, Stilbit, Thomsonit, Mesolit, Garronit) hervorzuheben sind.
In der vorliegenden Abhandlung sollen einzelne Geoden einer näheren petrographischen Betrachtung unterzogen werden. Um einen detail-

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

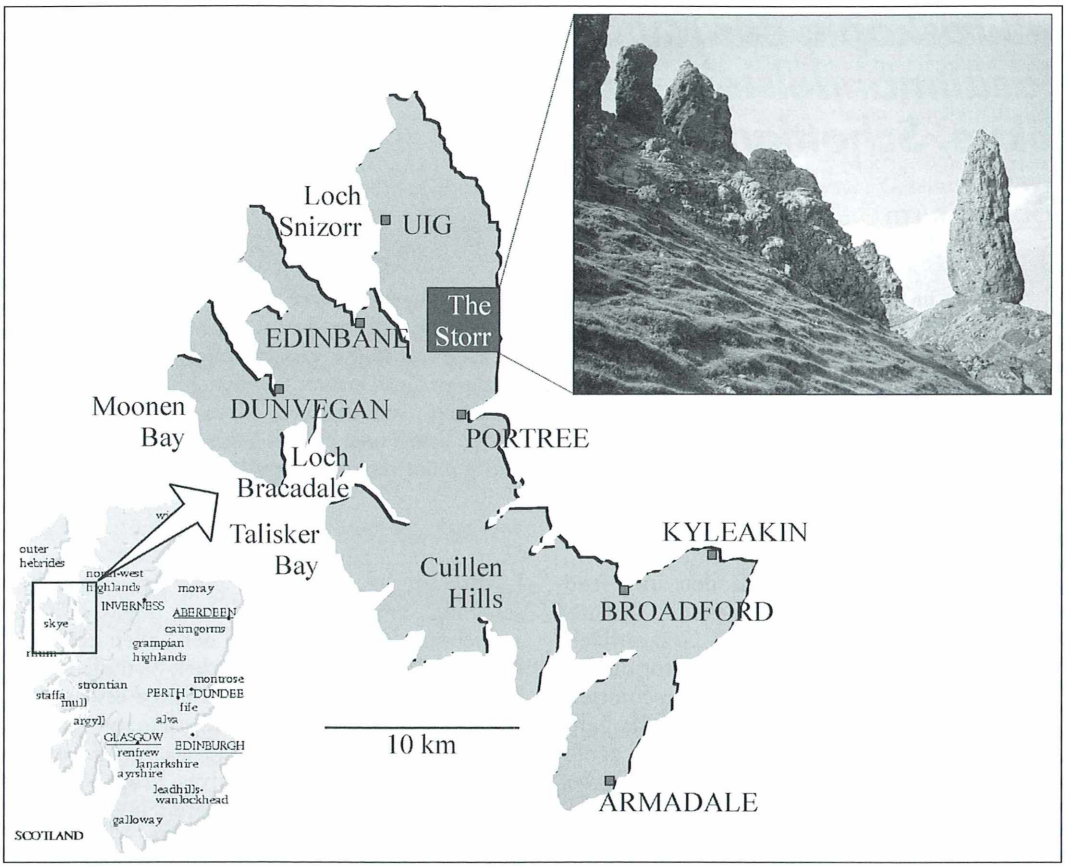


Abb. 1: Übersichtskarte der schottischen Insel Skye mit der Position des Old Man of Storr, einer durch Winderosion entstandenen Säule (Bild) des in dieser Studie betrachteten Basalts, welcher im Zuge des Tertiärvulkanismus gebildet wurde.

lierten Einblick in den Aufbau und die mineralogische Zusammensetzung derartiger Strukturen zu erhalten, wurden petrographische Dünnschliffe einzelner Mandelsteinproben hergestellt und in weiterer Folge unter dem Lichtmikroskop dokumentiert.

Vorgangsweise bei der Präparation der Gesteinsproben

Die Herstellung der petrographischen Dünnschliffe von Proben des Basaltmandelsteins, welcher im Bereich des Old Man of Storr aufgesammelt wurde (Abb. 2), erfolgte nach einer gut beschriebenen Standardprozedur (z.B. Sturm, 1995). Dazu wurden mit Hilfe einer Diamantsäge Blöckchen mit einer Grundfläche von 4 × 2 cm aus den Probenstücken geschnitten und nach kurzer Politur der Unterseite mittels Zweikomponentenkleber (z.B. Köropax 439) auf Glasobjektträgern fixiert. Der Gesteinsschliff wurde per Hand unter Verwendung von Siliziumkarbid-Schleifpulver mit unterschiedlicher Körnung vorgenommen. Kurz vor Erreichen der angestrebten Schliffdicke von 35 µm (Kontrolle unter dem Lichtmikroskop unter Verwendung einer Interferenzfarbtafel) wurden die Dünnschliffpräparate mit feinem Schleifpulver noch anpoliert, um eine Verbesserung der Qualität zu erzielen. Zuletzt wurde auf den Präparaten mit Kanadabalsam ein Deckglas fixiert. Die mikroskopische Dokumentation der Dünnschliffe und Fotografie einzelner Mineralgeoden erfolgte mit einem Polarisationsmikroskop (Nikon, Modell SE-S-B).

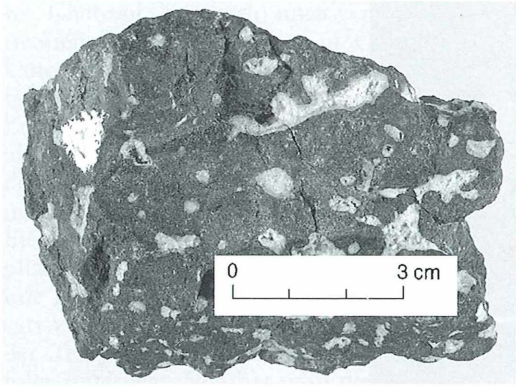
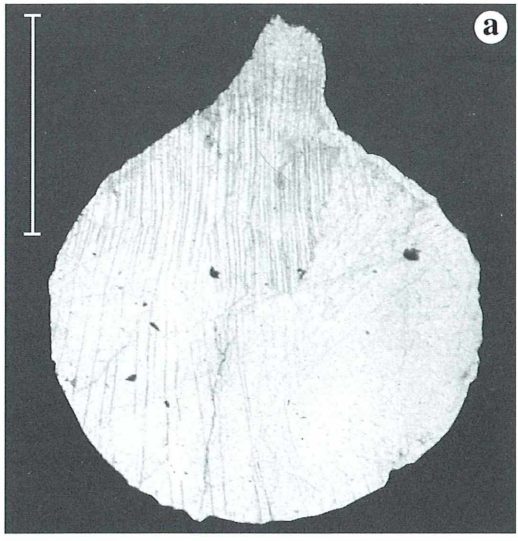


Abb. 2: Typisches Erscheinungsbild des Basaltmandelsteins vom Old Man of Storr auf der schottischen Insel Skye.



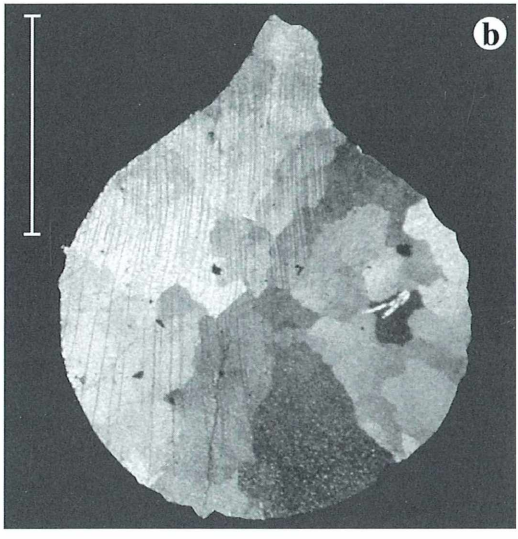


Abb. 3: Tropfenförmige, mit Kalzit verfüllte Mineralgeode aus dem Basaltmandelstein. Während bei parallelen Polarisatoren (a) einzelne Mineralkörner kaum voneinander unterschieden werden können, werden bei gekreuzten Polarisatoren (b) einzelne Korngrenzen klar ersichtlich. Maßstriche 1 mm.

Einblick in Form und Mineralogie einzelner Geoden

Repräsentative Ergebnisse der Dünnschliffmikroskopie sind in den Fototafeln von Abbildung 3 und 4 zusammengefasst. Die Form der abgebildeten Drusen reicht von tropfenförmig im engeren Sinne (Abb. 3a, b) über oval bis hin zu mandel- oder linsenförmig. Geoden in Tropfenform deuten auf eine Gasblasenbildung bei nahezu stationären Verhältnissen hin, während länglich-ovale Hohlräume entsprechenden Lavafluss indizieren, wobei die Längsachsen der Drusen annähernd in Fließrichtung orientiert sind. Manche Kristallgeoden, vor allem jedoch jene mit polymineralischer Verfüllung, können als geologische Wasserwaagen (Geopetalgefüge) herangezogen werden, das heißt sie zeigen die Lagerung des Gesteins zum Zeitpunkt der Kristallisation in den Hohlräumen an. Besonders eindeutig lassen sich die Differenzierungen von Ober- und Unterseite für die Geoden der Abbildungen 3 beziehungsweise 4c und d vornehmen (die im Bild gezeigte Orientierung entspricht der natürlichen Lagerung während des Kristallisationsprozesses).

Monomineralische Kristalldrusen wie jene der Abbildungen 3a und b sind hauptsächlich mit Kalzit ($CaCO_3$) erfüllt. Die Darstellung der Korngrenzen gelingt hier im Polarisationsmikroskop mit gekreuztem Polarisator und Analysator; Abb. 3b), wo die unterschiedliche Orientierung der optischen Achsen einzelner Kristalle typische fleckenartige Auslöschungsmuster liefert. Die Bildung von Kalzitgeoden erforderte die Perkolation ehemaliger Gasblasen mit einer durch CO_2 und Kalzium angereicherten flüssigen (fluiden) Phase. Beide Bestandteile waren nach Kristallisation der Lava noch im Überschuss vorhanden (die Gesteinmineralogie selbst ist eher durch Magnesium und Eisen

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

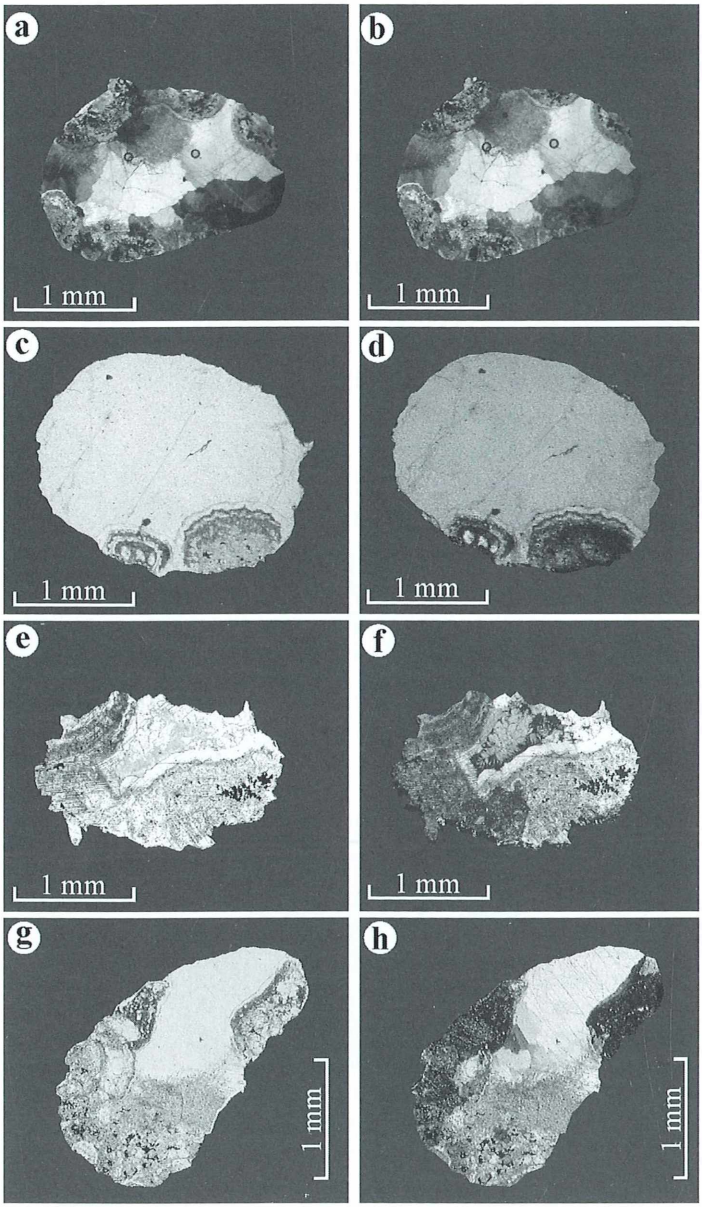


Abb. 4: Dünnschliffmikroskopie einzelner im Basalt gebildeter Mineralgeoden. Neben der Füllung ehemaliger Gasblasen mit Kalzit kann auch eine zum Teil zonierte Kristallisation von SiO_2-Phasen, allen voran Zeolithe und Quarz, beobachtet werden. Die Kristallisation der Zeolithe unterliegt dabei einer von der Temperatur abhängigen Abfolge (c–f). Linke Spalte: Aufnahmen mit parallelen Polarisatoren; rechte Spalte: gekreuzte Polarisatoren.

geprägt) und konnten somit in einer Flüssigphase gelöst werden. Im hydrothermalen Temperaturbereich zwischen 150 und 300 °C schließlich kam es in den Hohlräumen zur Kalzitkristallisation.

Zwischen Karbonat- und Silikatphasen konnte im Wesentlichen eine Inkompatibilität beobachtet werden, das heißt beide Phasen traten nicht in ein und derselben Druse auf. Silikatische Drusen sind zudem fast ausschließlich durch polymineralische Zusammensetzung gekennzeichnet, wobei die Anzahl der enthaltenen Minerale je nach Größe des Hohlraumes zwischen drei und acht schwanken kann. Beispiele solcher durch mehrere Silikatminerale erfüllten Hohlräume sind in Abbildung 4 gezeigt. Als dominante Phasen können hier unter dem Mikroskop neben mehreren Zeolithen (Analcim, Stil-

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

bit, Chabasit, Natrolith) noch verschiedene Varietäten des SiO_2, allen voran Chalzedon, erkannt werden. Die Kristallisation der Silikate läuft ähnlich ab wie jene der Karbonate. Nach Erstarrung des Eruptivgesteines, welches eher als Silizium-arm klassifiziert werden kann, werden überschüssige Mengen des Elementes gemeinsam mit anderen Basalt-inkompatiblen Elementen (z.B. K und Na) in einer Flüssigphase gelöst. Die Kristallisation einzelner Minerale in verfügbaren Hohlräumen ist im Gegensatz zu Kalzit relativ komplex, da sie einer mit der Temperatur korrelierbaren, zeitlichen Abfolge unterliegt. Sichtbar wird diese Kristallisationssequenz durch die Ausbildung von Zonierungen (Abb. 4). Bezüglich der Zeolithe startet die Kristallisation bei etwa 220 °C mit der Hochtemperaturphase Laumontit ($CaAl_2Si_4O_{12} \times 4\ H_2O$). Temperaturerniedrigung und nachlassender Silikatgehalt der Lösung führen in weiterer Folge zur Bildung der Blätterzeolithe Heulandit [$(Ca_{0,5},Na,K)Al_3Si_9O_{24} \times 7–8\ H_2O$] und Stilbit ($NaCa_4Al_8Si_{28}O_{72} \times 30\ H_2O$). In der Schlussphase (<100 °C) entstehen noch Nadelzeolithe (z.B. Skolezit; $CaAl_2Si_3O_{10} \times 3\ H_2O$) und Würfelzeolithe [Chabasit; $(Ca,K_{0,5})_2Al_2Si_4O_{12} \times 6\ H_2O$].

Aufgrund der interessanten Ergebnisse, welche mit Hilfe der lichtmikroskopischen Untersuchungen gewonnen werden konnten, sind für die Zukunft noch weitere detaillierte Studien geplant.

Literaturhinweise

Anderson, F. W., Dunham, K. C.: The geology of northern Skye. Memoirs of the Geological Survey of Great Britain, Edinburgh 1966.

Bell, B. R., Harris, J. W.: An excursion guide to the geology of the Isle of Skye. Geological Society of Glasgow, Glasgow 1986.

Sturm, R.: Geologisch-petrographische Bearbeitung eines Cordierit-führenden Mylonits und seiner Umrahmung im nordwestlichen Mühlviertel (Oberösterreich). Universität Salzburg, Salzburg 1995.

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

Nachrichten

1. Treffen „Mikroskopie-Forum" in Darmstadt

Seit nun mehr als drei Jahren ist das *Mikroskopie-Forum* von Herrn Linkenheld im Internet online und die beachtliche Zahl an Beiträgen zeigt die Popularität dieser Einrichtung. Damit sich die Forumsleser und -schreiber endlich auch persönlich kennenlernen können, organisiert Dr. D. Kramer von der Technischen Universität Darmstadt ein erstes Treffen des Forums vom 18.06. bis 20.06.2004 in Darmstadt. Ein abwechslungsreiches Rahmenprogramm von Exkursion über Probenbestimmung bis zur Vorführung diverser Großgeräte (Transmissions- und Rasterelektronenmikroskope, konfokales Laser-Raster-Mikroskop) lädt zur Teilnahme ein. Unter www.mikroskopie-forum.de finden sich aktuelle Informationen und eine Möglichkeit sich anzumelden.

Redaktion MIKROKOSMOS

Diatomeen am AWI: Datenbank im Aufbau

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) weist auf seiner Internetseite www.awi-bremerhaven.de/Research/hustedt3-d.html auf seine Diatomeensammlung mit mehr als 60.000 mikroskopischen Präparaten, über 20.000 Materialproben (trocken oder in Glyzerin) und etwa 4.000 Literaturtitel hin. Der Großteil der Sammlung stammt von Friedrich Hustedt. In Kürze wird eine Datenbank fertig gestellt, die 99% der Typen illustriert und Informationen zu Herkunft, Synonymen, Veröffentlichungen usw. gibt. Ergänzend werden weitere Typenarten anderer Spezialisten aufgenommen. Das AWI weist darauf hin, dass Diatomisten unter exzellenten mikroskopischen Arbeitsbedingungen die Präparate am AWI in Bremerhaven studieren und die Fachbibliothek nutzen können.

Auf der Interseite wird auf fünf weitere Links zu Diatomeen-Sammlungen und -Gesellschaften verwiesen. Insbesondere die Diatom Collection of the Californian Academy of Science (www.calacademy.org/research/diatoms/) bietet vielfältige Informationen, unter anderem auch Abbildungen zahlreicher Arten.

Redaktion MIKROKOSMOS

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

Schulmikroskopie – Klappern gehört zum Handwerk

Alljährlich führen viele Gymnasien Informationsveranstaltungen für die Eltern der künftigen Fünftklässler durch, wobei werbewirksame Darbietungen der verschiedenen Fächer mit zum Geschäft gehören. So geschieht es auch in Kiel an dem Gymnasium, an dem unser langjähriger Autor Erich Lüthje als Latein- und Biologielehrer tätig ist. An einem solchen Tage, so berichtet er, findet sich sogar ein komplettes Segelboot in der Aula!

Auch die Fachschaft Biologie geht an diesem Abend auf Seelenfang und bemüht sich im Wettbewerb mit Physikern, Kunst- und Musikerziehern, Sportkollegen und anderen, die zahlreich erschienenen Kinder in ihren Bann zu ziehen. Wie in den Vorjahren haben die Biologen ihre Sache auch diesmal ganz auf die Mikroskopie ausgerichtet (Abb. 1).
Allerdings ist das lokale Plankton an diesem 10. Februar 2004 noch sehr dürftig; zwei Zukäufe aus dem Zoogeschäft – weiße Mückenlarven (*Chaoborus*) und Salinenkrebschen (*Artemia*) – sorgen aber für die gewünschten Attraktionen. Sachkundige Obertertianerinnen betreuen in der großen Eingangshalle der Schule die neugierigen Gäste an drei Stationen: Mit Stereolupen können sie einen Blick auf die Planktonproben werfen; ein Beamer projiziert die Salinenkrebschen auf die Wand, und das mikroskopische Bild der Mückenlarven ist auf dem Bildschirm eines Fernsehgeräts zu sehen. Natürlich bedienen die Sextaner in spe die Geräte soweit irgend möglich selbst, pipettieren eine Planktonprobe, legen den Träger unters Mikroskop und steuern mit dem Kreuztisch durch den Mikrokosmos.
Zu einer Schnupperstunde finden sich sodann die ganz Entschlossenen im Mikroskopierraum ein. Jetzt können sie mit dem Heberohr einmal eine Larve aus dem Wasser fischen (gar nicht so einfach!), die Mikroskopoptik auf die Fangantennen der Mückenlarve oder auf das große Auge des Salinenkrebschens richten. Ein prickelnder Gedanke: Wie mag sich ein Wasserfloh fühlen, wenn die *Chaoborus*-Larve ihn mit ihren Greifern erfasst hat und nun mit den Kiefern zerstückelt? Was sieht das Salinenkrebschen wohl jetzt mit seinen großen Stielaugen? Und dann die Köcherfliege mit ihrem skurrilen Gehäuse – können wir die mal genauer sehen (Abb. 2)? Ja bitte: Das Tier kommt in einem Blockschälchen unter die Stereolupe, jetzt die Flex-Videokamera in einen der Tuben gesteckt, und schon krabbelt die Larve über den Bildschirm. Keine Frage – so macht eine Biostunde Freude.
Darf man den treuherzigen Bekundungen der Jungmikroskopiker am Ende der Veranstaltung glauben – sie sind für unser Gymnasium gewonnen.

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

Abb. 1: Großer Andrang am Mikroskopierstand: Künftige Sextaner betrachten Plankton durch Stereolupen, daneben ein Videomikroskop und (ganz rechts) ein dicht umlagerter Beamer.

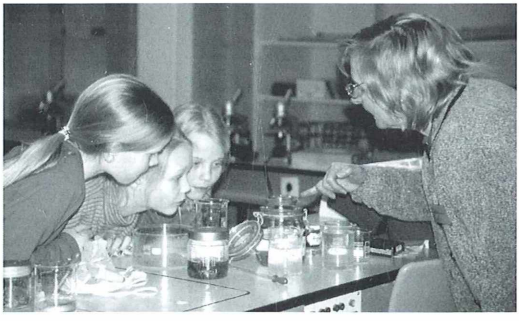


Abb. 2: Eine Köcherfliegenlarve mit ihrem skurrilen Gehäuse – immer wieder eine Attraktion.

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

Eugleniden – Morphologie und Evolution

Christoph Wiegreffe und Klaus Hausmann

Die Eugleniden sind eine morphologisch sehr heterogene Gruppe von Flagellaten, die in unterschiedlichen Lebensräumen vorkommen (Hausmann et al., 2003). Ihre Ernährungsweisen mussten sich an die verschiedenen Biotope anpassen. Arten phototropher Gattungen wie zum Beispiel *Euglena* oder *Phacus,* die vorwiegend in den oberen Schichten von Süßwasser- und Brackwasserbiotopen vorkommen, erhalten ihre notwendigen Kohlenstoffverbindungen über Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie (Photosynthese). Heterotrophe Arten (einschließlich der saprotrophen, sich also von abgestorbenem organischen Material ernährenden Arten) decken auf zwei unterschiedliche Weisen ihren Energiebedarf. Osmotrophe Arten resorbieren gelöste Substanzen aus dem umgebenden Medium durch Pinocytose, während phagotrophe Spezies sich durch die Aufnahme fester Partikel mit Hilfe eines Cytostoms beziehungsweise Ingestionsapparates ernähren (Phagocytose).

Osmotrophe und phagotrophe Eugleniden (z.B. *Anisonema*, *Peranema*) leben vorwiegend in nährstoffreichen Biotopen, beispielsweise in Sedimenten von Gewässern oder auch als Parasiten in Copepoden, Rotatorien, Turbellarien oder Nematoden. Die tierische Ernährungsweise, die Phagotrophie, wird als ursprünglich angesehen. Bei der Beurteilung dieses Merkmals sollte jedoch stets beachtet werden, ob eine sekundäre Rückkehr zur heterotrophen Lebensweise durch den Verlust ehemals erworbener Chloroplasten stattgefunden haben könnte. Einige Arten können auch in ungewöhnlichen Lebensräumen angetroffen werden. So kommt die Gattung *Notoselenus* auf Schnee vor und einige *Euglena*-Arten finden sich auch in großen Salzseen. Die Eugleniden weisen somit ein weites Toleranzspektrum bezüglich Licht, pH-Wert, Salinität und Temperatur auf.

Der Eugleniden-Grundbauplan

Im Grundbauplan der Eugleniden (Abb. 1–6) steht zunächst anstelle einer Algenzellwand eine Pellikula. Diese besteht aus einer 8–10 nm dicken Zellmembran, die unterlagert ist von streifenförmigen, sich dachziegelartig überdeckenden und schraubig angeordneten Proteinkomplexen (Abb. 4–6). Vermutlich unter Beteiligung von Mikrotubuli und Actomyosinen können sie sich gegeneinander verschieben und sind verantwortlich für die euglenoide (metabole) Bewegung der Zellen. Durch die Invagination der Pellikula wird am vorderen Zellende das Geißelsäckchen (Ampulle, Reservoir) gebildet. Eine kontraktile Vakuole öffnet sich in das Lumen der Ampulle und übernimmt die osmoregulatorischen Funktionen. Die meisten Eugleniden besitzen zwei heterokonte Geißeln, von denen eine meist stark reduziert vorliegt. Die emergente, also die aus dem Reservoir herausragende Geißel, ist durch einen Paraxialstab stark verdickt (Abb. 7 und 8). Das längere, schwimmaktive Flagellum ist zusätzlich mit zarten, haarähnlichen Anhängen versehen (Mastigonemata) und trägt bei den photoautotrophen Formen eine basale Anschwellung (Geißelschwellung). Das extraplastidäre, im Cytoplasma lokalisierte Stigma befindet sich in der Nähe der Reservoirmembran. Zusammen mit der Geißelschwellung dient es in diesen Fällen der Lichtperzeption, und damit der photosensorischen Orientierung.

Die Plastiden der phototrophen Formen sind von drei Hüllmembranen umgeben. Eine Erklärung für dieses Phänomen kann in der Theorie einer sekundären Endosymbiose zwischen einer phagotrophen eugleniden Zelle und einer weiteren Plastiden führenden Zelle zu finden sein (Stoebe und Maier, 2002). Da in diesen Plastiden die Chlorophylle a und b auftreten und nur die Chlorophyta als Einzeller mit primärer Endosymbiose dieselbe Pigmentzusammensetzung aufweisen, kommen sie als mögliche aufgenom-

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

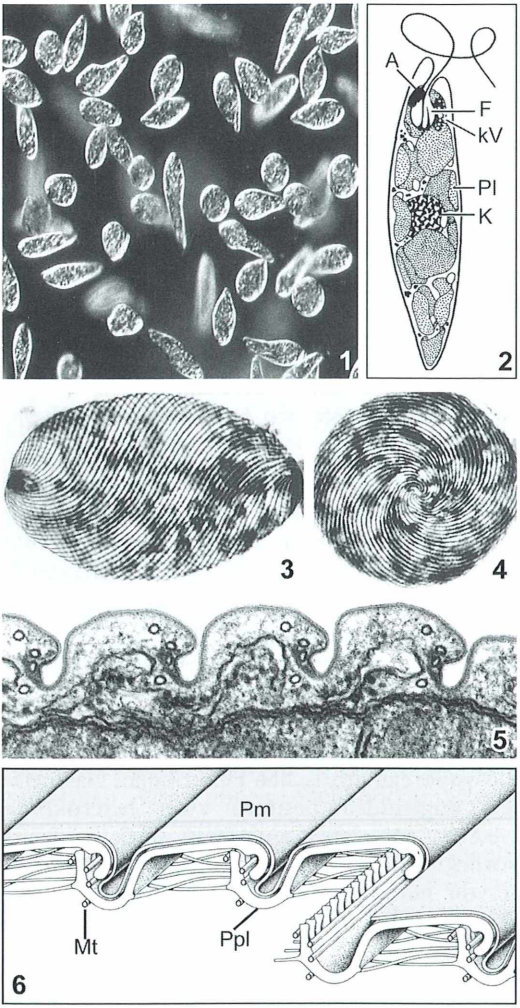


Abb. 1–6: Morphologie von *Euglena*. – Abb. 1: Morphologische Variabilität (metabolische Bewegung). – Abb. 2: Anatomie, A Augenfleck, F Flagellum, K Kern, kV kontraktile Vakuole, Pl Plastid. – Abb. 3 und 4: Silberliniensystem des Cortex. – Abb. 5 und 6: Cortex-Ultrastruktur im elektronenmikroskopischen Bild (Abb. 5) und in der räumlichen Rekonstruktion (Abb. 6), Mt Mikrotubulus, Pm Plasmamembran, Ppl Proteinplatte (nach Hausmann et al., 2003).

mene Symbionten in Frage. Als Reservekohlenhydrat speichern die Eugleniden das β-1,3-Glucan Paramylon im Cytoplasma, das in so genannten Paramylongranula gelagert wird. Die Chromosomen der Eugleniden liegen auch in der Interphase kondensiert im Zellkern vor.

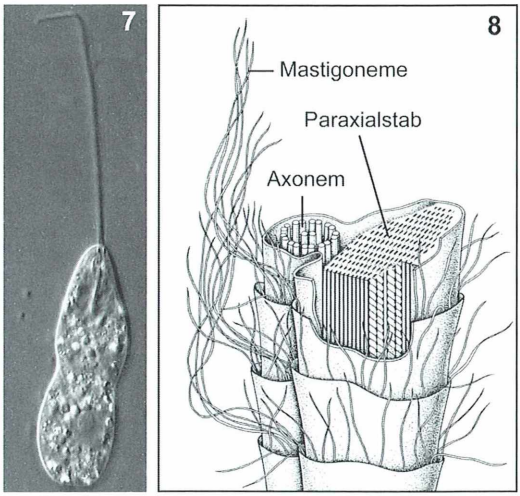


Abb. 7 und 8: Geißel von *Peranema* (nach Hausmann et al., 2003).

Ursprüngliches System der Eugleniden

Die Eugleniden stellen eine Gruppe mit relativ wenigen morphologischen Merkmalen dar, die der systematischen Einordnung dienen. Von Botanikern wurden die Euglenida stets aufgrund des Besitzes von Plastiden und wegen des Vorkommens von Chlorophyll a und b in den Plastiden der phototrophen Arten oder der Fähigkeit der Zellen, in ein geißelloses, abgekugeltes Ruhestadium (Palmellastadium) überzugehen, entweder direkt den Chlorophyta als Euglenophyceae unterstellt oder als eigenständige Abteilung Euglenophyta geführt. Jedoch ernähren sich zwei Drittel der Organismen innerhalb der Gruppe der Euglenida auf heterotrophe Art und Weise.

Bütschli, der den Begriff Euglenida 1884 prägte, ordnete diese Organismen als Ordnung Euglenida in die Klasse der Phytomastigophora des Stammes der Protozoa ein. Viele Systematiker umgingen die Schwierigkeit der Einordnung der Euglenida in das Reich Plantae oder das Reich Animalia, indem sie diese in ein ursprünglich von Hogg (1861) vorgeschlagenes Reich Protoctista stellten. Darunter fallen alle Organismen, die nicht den Reichen Plantae, Animalia und Fungi zugeordnet werden konnten. Haeckel (1866) stellte sie in das vom ihm errichtete Reich Protista, das allerdings auch noch Prokaryoten beinhaltete. Weder Protoc-

© Elsevier GmbH. Alle Rechte

tista noch Protista stellen in einem konsequent phylogenetischen System *sensu* Hennig (1982) eine monophyletische Gruppe dar, da sie sich nicht auf nur eine ihnen gemeinsame Stammart zurückführen lassen. Im gegenwärtigen Sprachgebrauch werden die Begriffe Protoctista und Protista gleichwertig verwendet: Sie bedeuten lediglich, dass es sich um eukaryotische Einzeller handelt.

Das System von Leedale

Leedale begründete 1967 sechs Ordnungen der Eugleniden, die im Folgenden genauer besprochen werden sollen. Die Ordnung Euglenales, die sich durch den Besitz einer emergenten und einer nicht emergenten Geißel auszeichnet (Abb. 9), wird von den Eutreptiales getrennt, da in Letzteren zwei emergente Geißeln vorlie-

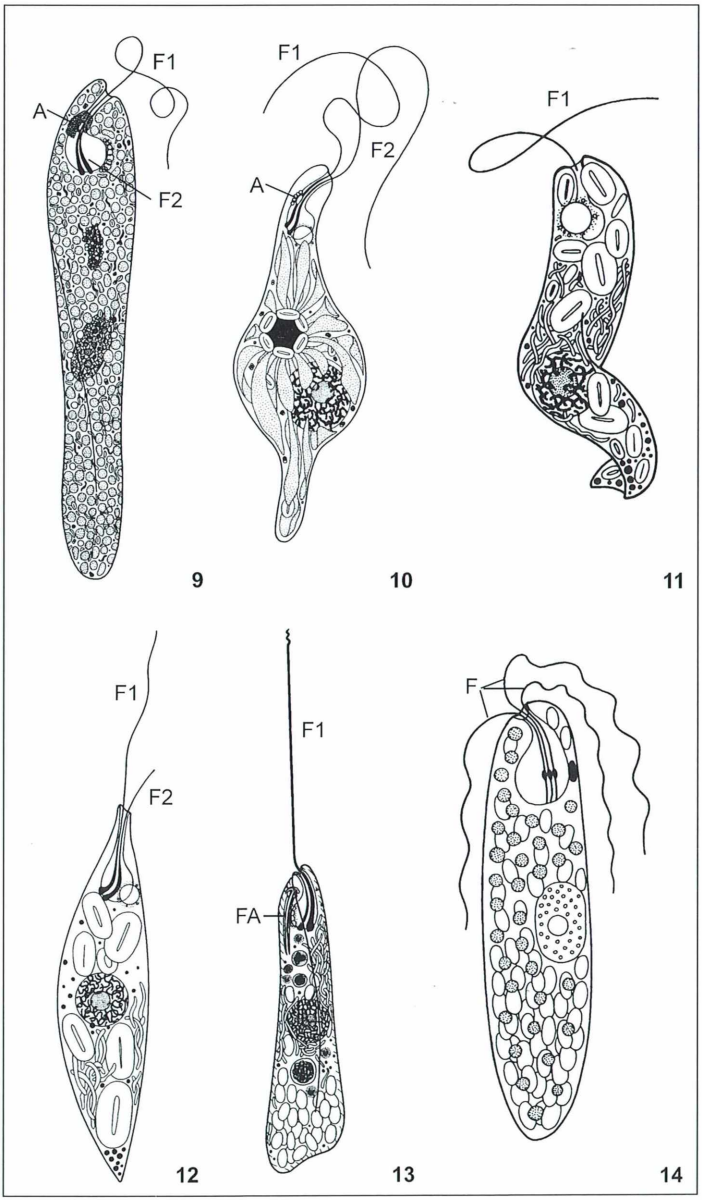


Abb. 9–14: Euglenozoa-Ordnungen mit Arten-Beispielen. – Abb. 9: Euglenales: *Euglena ehrenbergii*. – Abb. 10: Eutreptiales: *Eutreptia pertyi*. – Abb. 11: Rhabdomonadales: *Rhabdospira spiralis*. – Abb. 12: Sphenomonadales: *Sphenomonas laevis*. – Abb. 13: Heteronematales: *Peranema trichophorum*. – Abb. 14: Euglenamorphales: *Euglenamorpha hegneri*. A Augenfleck (Stigma), F Flagellum, FA Fressapparat (nach Leedale, 1967).

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

gen (Abb. 10). In beiden Ordnungen sind ein Stigma (Augenfleck) sowie eine Geißelschwellung vorhanden. Beide Gruppen ernähren sich sowohl phototroph als auch heterotroph (inklusive osmotroph). Die Rhabdomonadales, die wie die Euglenales eine emergente und eine nicht emergente Geißel aufweisen, lassen sich von den Euglenales durch die Abwesenheit eines Stigmas und einer Geißelschwellung, das heißt, eines Photorezeptor-Apparates, abgrenzen (Abb. 11). Sie ernähren sich rein heterotroph (osmotroph). Die Sphenomonadales (Abb. 12) und die Heteronematales (Abb. 13) ernähren sich beide phagotroph. Erstere sind von Letzteren zu unterscheiden durch die Bauweise des Ingestionsapparates, der bei den Sphenomonadales, wenn überhaupt vorhanden, dann einfacher als bei den Heteronematales verwirklicht ist. Beide Ordnungen zeichnen sich durch ein oder zwei emergente Geißeln aus. Weder Stigma noch Geißelschwellung sind vorhanden. Die ausschließlich endozoisch lebenden Euglenamorphales sind durch den Besitz von mindestens drei Geißeln charakterisiert (Abb. 14). In dieser Systematik ist der Merkmalszustand der Geißeln stärker bewertet als der Besitz von Chloroplasten, und begründet damit die Trennung der Euglenales von den Eutreptiales. Dies würde aber in Folge bedeuten, dass die Phototrophie innerhalb der Euglenida entweder ein plesiomorphes Merkmal darstellt, das hieße, dass der gemeinsame Vorfahre von Euglenales und Eutreptiales bereits Chloroplasten besaß, oder dass die Aufnahme und Etablierung von Plastiden in den Euglenales und in den phototrophen Eutreptiales unabhängig voneinander stattgefunden haben müsste. Farmer kritisierte 1988 die Einteilung von Leedale insbesondere in Hinblick auf die Inkonsequenz bei der Verwendung des Merkmals Geißel, löste die Ordnung Eutreptiales auf und ordnete deren Taxa den Euglenales zu.

Aktuelles, molekularbiologisch fundiertes System der Euglenida

Mit immer sensibleren Untersuchungsmethoden wurde die Untersuchung detaillierter Zellstrukturen ermöglicht. Durch ultrastrukturelle Analysen der Geißeln, der Mitochondrien, der Mitose und der Reservoirregion konnte gezeigt werden, dass die Kinetoplastida wahrscheinlich die nächsten Verwandten der Euglenida darstellen. Diese Gruppe umfasst die parasitären Trypanosomatida und die frei lebenden Bodonida. Zusammen mit den Kinetoplastida wurden die Euglenida von Cavalier-Smith (1981) als Euglenozoa innerhalb der Eukaryota eingruppiert. Die systematische Position der

Tabelle 1: Ordnungen der Euglenida nach Leedale (1967); F1 Flagellum 1, F2 Flagellum 2, Gs Geißelschwellung.

Ordnungen (mit Beispielgattungen)	Geißel-charakteristika	Ernährungsmodus
Euglenales (*Euglena, Phacus*)	F1: emergent, F2: nicht emergent, Stigma und Gs vorhanden	Phototrophie, Heterotrophie (Osmotrophie)
Eutreptiales (*Distigma, Eutreptia*)	F1/F2: emergent, Stigma und Gs vorhanden	Phototrophie, Heterotrophie (Osmotrophie)
Rhabdomonadales (*Rhabdomonas, Menoidium*)	F1: emergent, F2: nicht emergent, Stigma und Gs nicht vorhanden	Heterotrophie (Osmotrophie)
Sphenomonadales (*Petalomonas, Anisonema*)	F1: emergent, F2 (wenn vorhanden): emergent, Stigma und Gs nicht vorhanden	Heterotrophie (Phagotrophie), kein besonders ausgebildeter Ingestionsapparat
Heteronematales (*Heteronema, Entosiphon*)	F1: emergent, F2 (wenn vorhanden): emergent, Stigma und Gs nicht vorhanden	Heterotrophie (Phagotrophie), komplex ausgebildeter Ingestionsapparat
Euglenamorphales (*Euglenamorpha, Hegneria*)	mindestens 3 Geißeln vorhanden, alle emergent, teilweise Stigma und Gs vorhanden	Phototrophie, Heterotrophie (Osmotrophie)

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten

Ordnung	Geißelorganisation	Ernährungsweise
Rhabdomonadales		osmotroph
Euglenales		phototroph
Eutreptiales		phototroph/ osmotroph
Heteronematales		phagotroph/ osmotroph (mit Fressapparat)
Sphenomonadales		phagotroph/ osmotroph (mit oder ohne Fressapparat)

Abb. 15: Charakteristika der Geißelorganisation und der Ernährungsweisen der verschiedene Eugleniden-Ordnungen (nach Dawson und Walne, 1994).

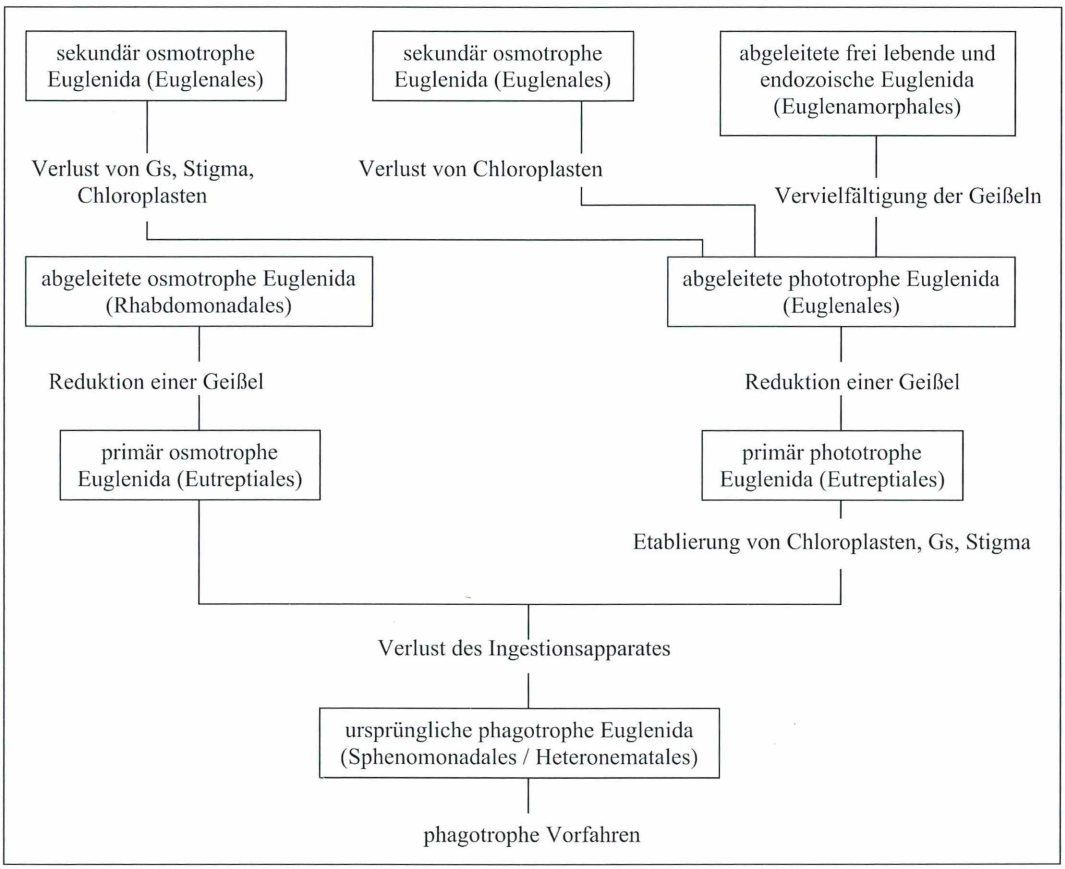


Abb. 16: Evolution der Eugleniden (nach Dawson und Walne, 1994).

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

Euglenozoa innerhalb der Eukaryota ist jedoch nach wie vor umstritten: Moleklare Studien an rDNA von Sogin et al. (1989) gruppieren sie nahe am eukaryotischen Ursprung, während Analysen anderer Gene, wie beispielsweise der α- und β-Tubuline, auf eine Position in der eukaryotischen Kronengruppe hindeuten.
Versuche, die einzelnen Taxa innerhalb der Euglenida hinsichtlich ihrer Ernährungsweise zu klassifizieren, führten zu einem System der Euglenida, das die natürlichen Verhältnisse und Verwandtschaften nicht widerspiegelte. Stattdessen wurden künstliche Gruppierungen geschaffen, die zwar einige morphologische Merkmale teilten, jedoch keine geschlossenen Abstammungsgemeinschaften repräsentierten. Ein wichtiges Merkmal zur Klassifikation der Euglenida stellt neben den schon erwähnten Ernährungsformen die Geißel dar. Entscheidend ist dabei die Anzahl der Geißeln sowie das Kriterium, ob diese emergent sind, also aus dem Reservoir herausragen oder nicht (Tab. 1).

Rekonstruktionsvorschlag der Eugleniden-Evolution

Dawson und Walne veröffentlichten 1994 ein Schema zur Evolution der Eugleniden, in dem die Struktur der Geißeln und die Ernährungsmodi berücksichtigte wurden (Abb. 15) und in dem sie von ursprünglich phagotrophen Euglenida mit zwei emergenten Geißeln ausgehen, deren Weiterentwicklung über den Verlust des Ingestionsapparates nachfolgend in zwei unterschiedlichen Richtungen verläuft. Die eine Linie führt zu primär osmotrophen Formen, aus denen nach Reduktion einer Geißel die abgeleiteten osmotrophen Formen hervorgehen. In der zweiten Linie entstehen mit der Aufnahme und Etablierung von Chloroplasten primär phototrophe Formen, aus denen wiederum nach Reduktion einer Geißel die abgeleiteten photrophen Formen entstehen. Aus Letzteren entstehen dann später durch Verlust der Plastiden und in einigen Arten auch des Stigmas und der Geißelschwellung die sekundär osmotrophen Formen oder durch Duplikation der Geißeln die abgeleiteten frei lebenden und endozoischen Eugleniden (Abb. 16).

Literaturhinweise

Cavalier-Smith, T.: Eukaryote kingdoms: seven or nine? BioSystems *14*, 461–481 (1981).

Dawson, N. S., Walne, P. L.: Evolutionary trends in euglenoids. Arch. Protistenk. *144*, 221–225 (1994).

Leedale, G. F.: Euglenoid flagellates. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1967.

Farmer, M. A.: A re-evaluation of the taxonomy of the Euglenophyceae based on ultrastructural characteristics. Rutgers University, Piscataway, New Jersey, Ph.D thesis, 1988.

Hennig, W.: Phylogenetische Systematik. Parey, Berlin 1982.

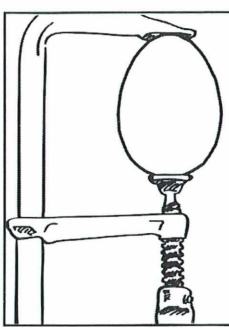
Hausmann, K., Hülsmann, N., Radek, R.: Protistology. 3rd edition, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2003.

Sogin, M. L.: Evolution of eukaryotic microorganisms and their small subunit ribosomal RNAs. Amer. Zool. *29*, 487–499 (1989).

Sogin, M. L., Gunderson, J. H., Elwood, H. J., Alonso, R. A., Peattie, D. A.: Phylogenetic meaning of the kingdom concept: an unusual ribosomal RNA from *Giardia lamblia*. Science *243*, 75–77 (1989).

Stoebe, B., Maier, U. G.: One, two, three: nature's tool box for building plastids. Protoplasma *219*, 123–130 (2002).

Verfasser: Cand. rer. nat. Christoph Wiegreffe, Sander Str. 17, D-12047 Berlin, und Prof. Dr. Klaus Hausmann, Freie Universität Berlin, Institut für Biologie/Zoologie, AG Protozoologie, Königin-Luise-Str. 1–3, D-14195 Berlin



Eingespannt?

Stress und Hektik sind häufig Ursachen von Spannungskopfschmerzen.
Befreien Sie Ihren Kopf und informieren Sie sich!

Die Broschüre "Kopfschmerzen-Anleitung zur Selbsthilfe" erhalten Sie bei Einsendung eines mit 0,77 € frankierten Rückumschlages (DIN A5) kostenlos bei

DEUTSCHES GRÜNES KREUZ e. V.
Stichwort: Kopfschmerz

Postfach 1207
35002 Marburg

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

Aquarienfunde: Micrasterias exotisch und Craspedacusta-Polypen

Ernst Hippe

Wenn die Jahreszeit unfreundlich oder der Mikroskopiker einmal nicht gut zu Fuß ist, bietet ihm ein Aquarium ein gar nicht behelfsmäßiges Betätigungsfeld und kann für Überraschungen sorgen.

Im MIKROKOSMOS ist schon öfter auf Aquarien hingewiesen worden (Günkel, 1997), auch darauf, dass Exotisches eingeschleppt werden kann. Das bestätigte sich, und es gab viel Interessantes. So entwickelten sich sehr große Ciliaten der Gattung *Loxophyllum*, die in ihrer eleganten Bewegung ohne Blitz leider nicht zu fotografieren waren. Bis 600 µm lang, ohne die bei *L. meleagris* typischen seitlichen Warzen, mit perlschnurartigem Kern: Vermutlich *L. undulatum*. Sehr auffällig waren auch einige kurzlebige Exemplare des seltenen Rädertiers *Collotheca ferox* mit besonders großem dreilappigem Fangtrichter, Eiern und ausschlüpfenden Larven. Dazu kamen noch verschiedene andere Ciliaten, Rhizopoden, Rotatorien, Würmer und Milben.
Drei besondere Funde sollen nachfolgend genauer gezeigt werden. Alle Aufnahmen wurden von Andreas Masche digital im Hellfeld mit LED-Beleuchtung gemacht.

Exot aus Asien

In einem frisch mit Wasserpflanzen angesetzten warmen Süßwasseraquarium (25–26 °C) fand sich, bevor noch Fische, Schnecken und Garnelen aufgeräumt hatten, eine ungewöhnliche Desmidiacee der Gattung *Micrasterias* (Abb. 1) Ihre Maße: Länge 128 µm, Breite 110 µm, Isthmusbreite 25 µm. Die zusätzlichen kürzeren, versetzten Scheitelarme und die Seitenlappen erinnerten an *M. mahabuleshwarensis* aus Thailand (Lenzenweger, 2003). Die Seitenlappen trugen aber in ihrem großen Einschnitt typische Zacken, die von Halbzelle zu Halbzelle etwas variieren konnten. Sie sind auf Abbildung 2 größer dargestellt und erinnern fast an Insektenkiefer. Lenzenweger bestätigte diese Art als *M. m.* forma *dichotoma* (Prescott et al., 1977). Sie kommt auch in Asien vor und könnte ursprünglich mit den Pflanzen wie dem Javamoos mitgekommen sein. Abbildung 3 zeigt eine Scheitelansicht, bei der man senkrecht zur Hauptebene beiderseits kurze Querfortsätze erkennt. Je Halbzelle sind es zwei; ihre Ausbildung und Position variieren und sollen kein festes Artmerkmal sein. Sie bewirken meist eine schräge Auflage und erschweren die Scharfstellung. Auch lassen sie die Zelle nur lose aufliegen, so dass diese in der Petrischale leicht von Vorbeikommenden abgetrieben wird. Abbildung 4 ist fokussiert auf einen in Aufsicht runden Querfortsatz.
Leider fand ich nur wenige dieser schönen Algen; die Abbildungen stammen von einem abgestorbenen Exemplar, dessen fast leere Hülle aber die Strukturen gut zeigt, auch die Reihen feiner Wärzchen. Der dunkle (braune) brombeerförmige Klumpen ist vielleicht ein Pilz. Die Hoffnung, in einem Kleinaquarium mit ausschließlich Javamoos weitere exotische Desmidiaceen zu finden, erfüllte sich leider nicht. Das große Aquarium soll aber später wieder überprüft werden.

Gefährliche Nesseln

Das gerade erwähnte kleine Aquarium (17–23 °C) enthielt in den ersten Wochen die eingangs genannten Tiere. Dazu kam ein farbloser schlauchförmiger Organismus mit einem

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

von Nesselkapseln besetzten Kopf (Abb. 5 und 6). Er war festsitzend mit hinten abgerundetem Körper und etwa 520 µm lang. Seine Oberfläche erschien wabig, hinten etwas dunkler gefärbt. Literaturstudien ergaben den Polypen der Süßwassermeduse *Craspedacusta sowerbyi*, der *Microhydra ryderi* genannt wurde, bevor man den Generationswechsel zwischen Meduse und Polyp erkannte (Buchert, 1960; Reisinger, 1972; Streble und Krauter, 1988). Diese Nesseltiere kommen auch in Europa vor. Im normalen Milieu steckt der Polyp hinten im Gewässergrund und ist daher leicht zu übersehen. Hier saß er frei auf dem Glasboden des Aquariums beziehungsweise der Petrischale. Er neigt nur gelegentlich langsam den Kopf; eine innere Bewegung oder Strömung ist nicht zu sehen.
Es gibt auch Stöckchen von mehreren Polypen mit gemeinsamem Fuß (Abb. 7). Die Nesselkapseln enthalten ein überaus starkes Gift, das

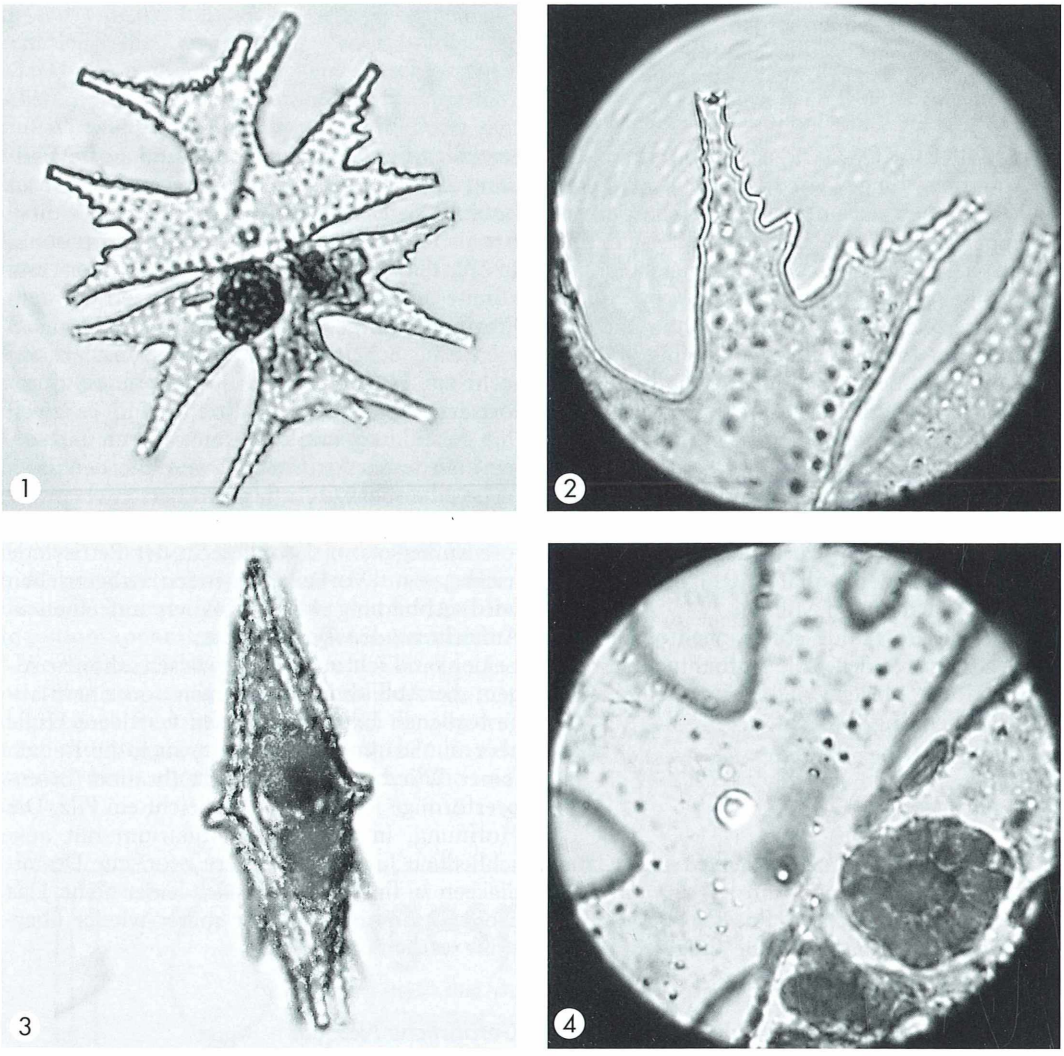


Abb. 1–4: *Micrasterias mahabuleshwarensis* forma *dichotoma* (Länge 128 µm). – Abb. 1: Aufsicht auf die Zelle. – Abb. 2: Seitenlappen mit typischen Zacken (Bilddurchmesser 67 µm). – Abb. 3: Scheitelansicht mit beiderseitigen Querfortsätzen (Zellenbreite 110 µm). – Abb. 4: Bereich neben dem Isthmus mit Fokus auf einen in Aufsicht runden Querfortsatz (Bilddurchmesser 67 µm).

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

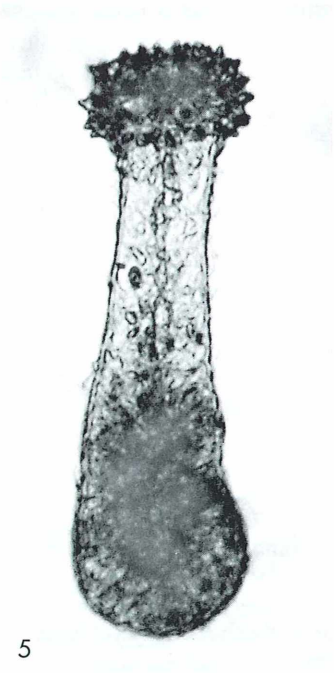
sogar eine Kaulquappe töten kann (Reisinger, 1972). Ich konnte selbst keinen Beutefang beobachten, wohl aber das Ausstoßen von Nahrungsresten aus dem etwa viereckigen Mund, der schwer sichtbar in einer nesselfreien Zone der Kopfmitte liegt. Obwohl in der Petrischale die Beutetiere bald verschwanden, wuchsen die Polypen deutlich weiter. Die als Beute möglichen Rädertiere wurden größtenteils von dem Pilz *Zoophagus insidians* und von *Loxophyllum* gefangen. An der Fußregion der Polypen setzte sich nach und nach Detritus an. Auffällig war dort noch die häufige Anwesenheit von *Amoeba proteus*. Nach 3–4 Wochen verschwanden die Polypen und hinterließen den Detritusansatz und ein Stück Gallerthülle.

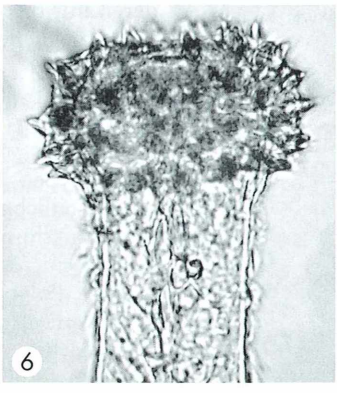
Ein enttarntes Mikro-UFO

Nach Buchert (1960) und Reisinger (1972) tritt außer der beschriebenen Polypenform mit Nesselkapseln nur am Kopf gelegentlich eine Form mit Nesselkapsel besetzten Armen auf, zunächst genannt *Calposoma dactyloptera* (Abb. 8). Hiermit löste sich nun das Rätsel meines Mikro-UFO (Hippe, 2000), zu dem ich seinerzeit keine Hinweise bekommen hatte. Körperoberfläche und Nesselkapseln sahen aus wie jetzt bei der Normalform. Auch damals war der Fundort ein erwärmtes Gewässer. Die Bestätigung folgte, als ich in einer Probe aus dem Filter des großen Aquariums auch diese seltene Polypenform fand: Ein Exemplar mit acht Armen auf einem abgestorbenen Blatt, ein weiteres frei auf dem Boden der Petrischale. Dieses besaß 10 Arme und bildete langsam einen zweiten Kopf mit vier Armen aus (Abb. 9). Die Größe lag bei 200 bis 300 µm. Die Polypen glichen meinem UFO. Sie zeigten übrigens keine Reaktion auf wiederholte Angriffe von *Amoeba proteus* oder die Berührung der Nesselkapseln durch einen Bauchhärling. Ein großer Borstenwurm (*Pristina longiseta*) kam dem Polypen zu nahe und wurde offensichtlich verletzt, denn Körperflüssigkeit trat aus. Er konnte sich aber mit heftigen Bewegungen trotz zäh anhaftendem Schleim wieder befreien. Dabei saß der Polyp fest auf dem Glasboden; er erschien anschließend unverändert.

Ernährung

Die Nahrungsaufnahme ist gut zu verfolgen, solange der *Calposoma*-Polyp nüchtern und damit fast durchsichtig ist. Kleinere, wenig ge-


5


6

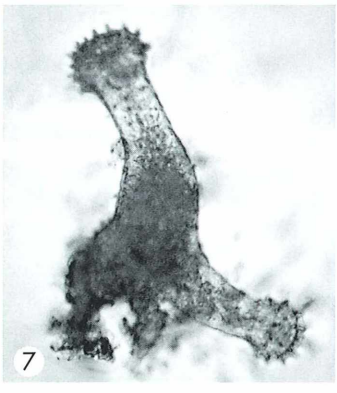
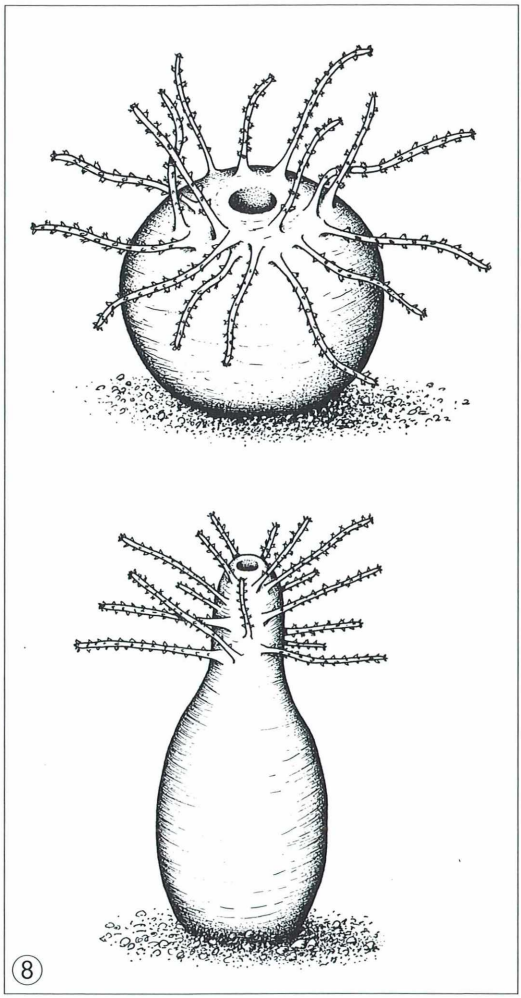

7

Abb. 5–7: *Microhydra ryderi* = Polyp von *Craspedacusta sowerbyi*. – Abb. 5: Einzelner Polyp (Länge 520 µm). – Abb. 6: Kopf des Polypen mit Nesselkapseln (Kopfbreite 130 µm). – Abb. 7: Stöckchen von zwei Polypen. Am Fuß angesetzter Detritus.

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



panzerte Rädertiere, auch zum Beispiel *Adineta*, werden nach plötzlicher Lähmung durch die Nesseln langsam als Ganzes verschluckt. Dabei wird der sonst kaum sichtbare Mund auf bis zu 30 µm erweitert. Zuweilen bleiben die Opfer aber tot unterhalb der Arme kleben, wo sie nicht eingesogen werden können. Nahrungsreste werden oft von Ciliaten abgeweidet ohne Reaktion der Polypen. Im Polypeninneren sieht man meist grünliche Körperchen von etwa 8 µm Dicke, unregelmäßiger als Zoochlorellen, vermutlich Verdauungsprodukte. An den Kampf mit wieder befreiten Borstenwürmern wie *Pristina* erinnern ausgerissene Tastborsten des Wurms, die am Polypen kleben. Die Nesseln lähmen den Wurm nur unvollständig und zeitweise. Gerät er aber mit seinem Rüssel an die Mundregion des Polypen, so saugt dieser den Rüssel ein und entlässt den Wurm später verstümmelt. Nach solchen Aktionen sind die Arme teilweise vorübergehend eingezogen oder rundlich, während sie später wieder bis zu 80 µm lang werden. Ich fand sie durchweg kürzer als in der Literatur angegeben, vielleicht umweltbedingt. Die großen Ciliaten der Gattung *Loxophyllum* sind wegen ihrer Vorliebe für Rädertiere starke Nahrungskonkurrenten. Sie vermehrten sich zu großen Schwärmen. Trotzdem hielten sich die Polypen in der Petrischale mehrere Wochen, während deren nur die Verdunstung durch Leitungswasser ausgeglichen wurde.

Vermehrung

Die Polypen vermehren sich ungeschlechtlich durch seitliche Abschnürung von Frusteln. Das sind wurstförmige, bis 390 µm × 60 µm große Körper mit der gleichen wabigen Zellstruktur wie die Polypen. Ihre Enden sind abgerundet, wobei eines innen mehr Nesselkapseln besitzt. Sie kriechen sehr langsam, das nesselärmere Fußende voran, setzen sich verkürzt und verdickt nach mindestens einem Tag als Polyp fest und

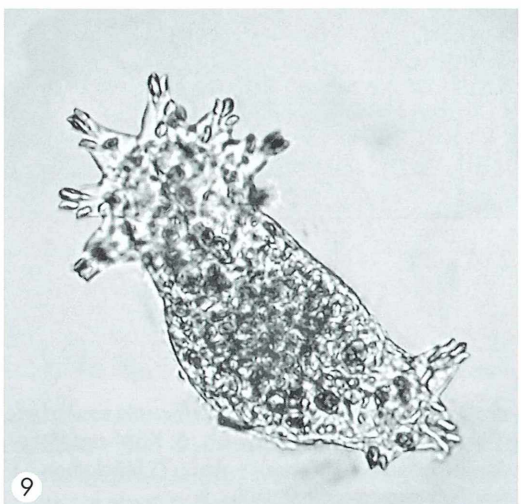


Abb. 8 und 9: *Calposoma dactyloptera* = alternativer Polyp von *Craspedacusta sowerbyi*. – Abb. 8: Zwei Formen (aus Buchert, 1960). – Abb. 9: Stöckchen mit heranwachsendem zweiten Kopf (Außenmaß 240 µm).

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

bilden allmählich wieder Arme aus. Dabei könnte man sie zunächst mit der armlosen Polypenform *Microhydra ryderi* verwechseln, die aber in der Filterprobe überhaupt nicht vorkam. Stöckchen mit zwei Köpfen überwogen; es gab auch dreiköpfige Exemplare.
Die komplizierte und mehrgleisige zyklische Entwicklung der Meduse und ihrer Polypenformen ist ausführlich bei Buchert (1960) beschrieben. Merkwürdigerweise werden die *Calposoma*-Polypen von manchen neueren Autoren nicht erwähnt. Man muss schon Glück haben, sie zu beobachten, und es lohnt sich, Aquarien ganz aus der Nähe zu betrachten – nicht nur um Exoten zu finden.

Fotohinweise

Zu der behelfsmäßigen Digital-Fotomethode erscheinen ein paar Stichworte angebracht. Verwendet wurde eine Digitalkamera Fuji FinePix S602 Zoom auf Stativ dicht vor dem im Schrägtubus sitzenden Okular, also ohne Fototubus. Eine adaptierende Steckhülse erwies sich als nützlich zum besseren Ausrichten der optischen Achse und gegen Seitenlicht. Einstellungen: 6 Megapixel fine, 200 ASA, Tele, manuell auf unendlich, Blende ganz offen, Zeit nach Selbstauslöser automatisch circa eine Sekunde. Scharfgestellt wird am Mikroskop bei Kontrolle durch den LCD-Betrachter mit Möglichkeit eines vergrößerten Ausschnitts.
Leider werden nur etwa 15% vom Durchmesser des visuellen Bildes in der Mitte erfasst; das entspricht einer etwa 6fachen Nachvergrößerung. Entsprechend muss man mit kleineren Objektiven als gewohnt arbeiten; bei den späteren Ausdrucken wird leicht die förderliche Vergrößerung überschritten. Ohne einen externen Blitz kommen natürlich nur sehr langsame Objekte in Frage. Ansonsten ergibt sich eine befriedigende Dokumentation. Der Computer erlaubt dabei Kontraststeigerung, Farbabgleich und Hintergrundbereinigung.

Dank

Ich danke Herrn Prof. Rupert Lenzenweger, Ried/Innkreis, für die Bestimmungshilfe sowie Herrn Andreas Masche, Neu-Isenburg, für tatkräftige Unterstützung mit Digitalkamera und Computer.

Literaturhinweise

Buchert (Pécs), A.: *Craspedacusta sowerbyi* Lank., eine Süßwassermeduse und ihre beiden Polyp-Typen in der Ungarischen Fauna. Acta Zool. Acad. Sci. Hung. *6*, 29–51 (1960).
Günkel, N. G.: Aquarien: Ein wenig erforschter Lebensraum für Mikroorganismen. Mikrokosmos *86*, 217–224 (1997).
Hippe, E.: Nesseltier – oder was? Mikrokosmos *89*, 181 (2000).
Lenzenweger, R.: Zieralgen aus Thailand. Mikrokosmos *92*, 207–209 (2003).
Prescott, G. W., Crossdale, H. T., Vinyard, W. C.: A synopsis of North American desmids, Part II. Desmidiaceae: Placodermae Section 2. Univ. Nebraska Press (1977).
Reisinger, E.: Süßwassermedusen. In: Das Zooplankton der Binnengewässer 1. Teil. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1972.
Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen, Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 1988.

Verfasser: Ernst Hippe, Meisenstr. 10, D-63263 Neu-Isenburg

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

Eine Biozönose in einem extrem sauren Milieu

Wolfgang Jacob

In der Niederlausitz kann in den nächsten Jahren hautnah erlebt werden, wie bei der Stadt Großräschen ein etwa 900 ha großer und fast 40 m tiefer See entsteht. Aus dem bisherigen Tagebau Meuro entsteht der Ilsesee. Derzeit schützen noch Filterbrunnen und Pumpen die Großgeräte vor eindringendem Grundwasser.

Eine etwa 9 km lange Touristenroute, die auch den zukünftigen Seegrund berührt, lässt erahnen, was hier entsteht. Neben der bizarren Landschaft fallen eine Reihe unterschiedlicher Wasserflächen auf. Diese haben klares oder rotbraunes Wasser, sind manchmal tümpelähnlich (Abb. 1). Die pH-Werte schwanken zwischen 2,2 und 3,6.

Beprobung eines sauren Grundwassertümpels

Da bekannt ist, dass saure Tagebaurestseen eine teilweise schon erhebliche Besiedlung durch Fauna oder Flora aufweisen, sollte durch Beprobungen erkundet werden, ob und wie das aufsteigende Grundwasser besiedelt wird. Dazu wurden Proben (Netz- und Schöpfproben) in den Jahren 2002 und 2003 genommen.
Generell ist festzustellen, dass in nur wenige Wochen alten Grundwasseransammlungen neben Bakterien fast immer *Euglena mutabilis*, *Oxytricha* spec. und Chironomiden-Larven gefunden werden.
Im Rahmen einer Beprobung fiel Anfang Juni 2003 ein mit dunkelrotem, aber klarem Wasser gefüllter Tümpel mit einer Fläche von etwa 20 m² und einer Tiefe bis 0,5 m auf. Spuren von Organismen waren makroskopisch nicht zu erkennen. So erfolgte eine Beprobung nur, weil ein sehr niedriger pH-Wert vermutet wurde. Dies bestätigte sich; es wurden pH-Werte um 2,25 (25 °C) gemessen. Erstaunlich war die unerwartet starke Besiedlung des Tümpels. Die Probenahme wurde nach einer zwischenzeitlichen Auswertung im September 2003 wiederholt. Leider hatte der extrem heiße Sommer den Tümpel zu einem wenige Zentimeter tiefen, schwer zugänglichen Schlammloch verkommen lassen. Dessen Ufersaum war aber mit einer etwa millimeterdicken, grünen Schicht überzogen (Abb. 2). Später zeigte sich, dass diese Schicht aus unzähligen Exemplaren von *Euglena mutabilis* bestand. Der pH-Wert war auf 2,56 (25 °C) gestiegen, was auf eine Reaktion der freien

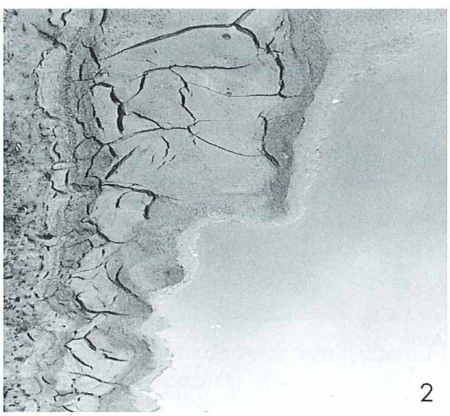


Abb. 1: Probenahme auf dem zukünftigen Seegrund. – Abb. 2: Das Biotop am Ende des Sommers 2003. Der Uferstreifen besteht überwiegend aus *Euglena mutabilis* (Fotos D. Sawall).

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung.

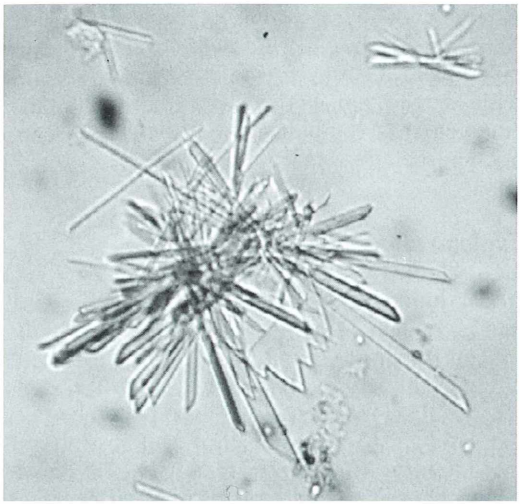


Abb. 3: Schon nach wenigen Minuten beginnt Calciumsulfat unter dem Objektträger auszukristallisieren.

Säure mit dem schlammigen Untergrund schließen lässt. Das Wasser selbst enthielt erhebliche Mengen an Calciumsulfat. Oft begann schon nach wenigen Minuten ein Auskristallisieren unter dem Objektträger (Abb. 3). Eine mineralogisch orientierte Analyse ergab, dass der schlammige Untergrund neben anorganischen Materialien (Glimmer, Quarze, Gipskristalle, Pyrit) auch eine Reihe von biologisch interessanten organischen Stoffen enthielt. Neben Huminsäuren sind dies lipnithaltige und gelische Partikel, Xylite, Resinite, Carbagilite oder Fusite, also spezielle Bestandteile von Braunkohlen oder Letten. Daneben wurden auch geringe Mengen an rezenten organischen Materialien, wie Kiefernpollen gefunden. Mindestens einer dieser organischen Stoffe muss biologisch verwertbar sein und als Kohlenstoffquelle dienen, beispielsweise für die reiche Bakterienflora.

Organismen in den Proben

Beide Proben (Juni und September) enthielten die gleichen Arten, aber in unterschiedlicher Häufigkeit. Im Herbst dominierte eindeutig *Euglena mutabilis*. Bei der mikroskopischen Auswertung wurden beispielsweise folgende Organismen gefunden: Bakterien, *Chlamydomonas*, Diatomeen, *Euglena mutabilis*, *Actinophrys sol* und Ciliaten. Erörterungen zu den einzelnen Organismen folgen.

Bakterien

Staubkorngroße Kohle- und Lettenpartikel der frischen Probe waren dicht mit Bakterien besiedelt. Dabei konnten Zoogloea ähnliche Klumpen, einzelne Kurzstäbchen, aber auch Vibrionen beobachtet werden. Eine Bestimmung erfolgte nicht. Das in manchen sauren Restseen vorkommende Eisenbakterium *Gallionella ferruginea* wurde auch hier erwartet, aber nicht gefunden. Da in diesem sehr sauren Milieu der verfügbare freie Kohlenstoff extrem gering ist, bleiben als für die Bakterien nutzbare Kohlenstoffquelle eigentlich nur die organischen Stoffe. Diese reiche Bakterienflora bildet wohl die Basis für eine Nahrungskette, von der alle nachfolgend beschriebenen Organismen unmittelbar oder mittelbar profitieren.

Chlamydomonas

In beiden Proben, vorzugsweise aber in der Juniprobe, wurde die Grünalgengattung *Chlamydomonas* gefunden. Die ovalen Körper erreichten Längen von 7,5–9 µm und Breiten um 5 µm. Die beiden etwa gleichlangen Geißeln gingen von einer deutlichen Papille aus und waren etwa 1,5-mal körperlang. Es wurden auch geißellose Formen (Abb. 4) und Ruhestadien (Abb. 5) beobachtet. Der Chloroplast war stark gegliedert, bei einigen Exemplaren war er gelblich gefärbt. Nach ungefähr 10 Tagen fanden sich in den Proben fast nur noch Ruhestadien. Auch nahm ihre Zahl schnell ab, wahrscheinlich sind sie Beute für *Actinophrys sol*. In der Literatur wird das Vorkommen von *Chlamydomonas applanata* var. *acidophila* bis zu einem pH-Wert von 1 beschrieben. Die Größe der gefundenen Art entspricht zwar der Literaturan-

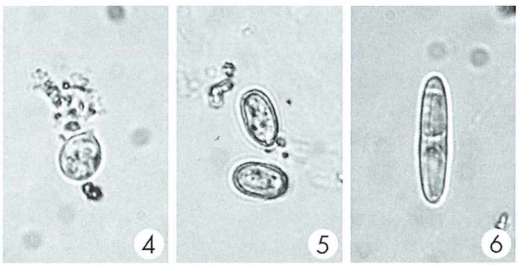


Abb. 4: *Chlamydomonas*, Vergr. 800fach. – Abb. 5: *Chlamydomonas* Ruheformen, Vergr. 750fach. – Abb. 6: *Navicula* spec., Vergr. 800fach.

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

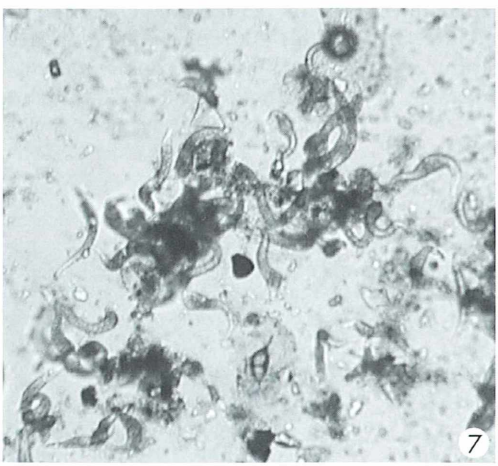
gabe, allerdings wird in der Literatur das Vorhandensein einer Papille bei dieser Art verneint, so dass die Zuordnung nicht eindeutig ist.
Chlamydomonas ist auch sonst, wahrscheinlich mit mehreren Arten, ein häufiger Bewohner saurer Restseen. Unter günstigen Bedingungen vermag *Chlamydomonas* dort sogar leichte Wasserblüten zu bilden (Jacob, 2001).

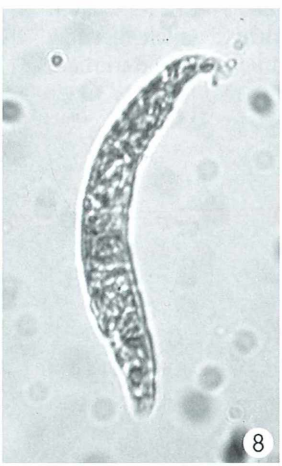
Diatomeen

Die wenigen Diatomeen der Juniprobe vermehrten sich im Laufe des Sommers und erlaubten damit eine gründlichere Beobachtung. Die Schalen waren in der Aufsicht lanzettförmig mit abgerundeten Enden bei Längen von 17,5–24 µm und Breiten um 5 µm. Die Gürtelbandseite erreichte eine Höhe von 6 µm. Der Chloroplast war zweiteilig (Abb. 6). Die Schalen waren extrem schwach strukturiert, wie Vergleiche mit einem *Pleurosigma*-Testpräparat bewiesen. Die Struktur hatte hohe Ähnlichkeit mit der von *Navicula radiosa*. Die Schale selbst ähnelt aber mehr einem kleinen Exemplar von *Navicula tripunctata*. Die gefundene Diatomee ist insofern eine Besonderheit, da sonst in den Lausitzer Restseen normalerweise *Eunotia exigua* und *Nitzschia paleaeformis* dominante Arten sind. Beide Arten fehlten hier vollständig. Ein Vergleich mit der Literatur (DeNicola, 2000) ergab, dass als Bewohner saurer Gewässer 124 Arten aufgezählt werden, davon 34 bis zu einem pH-Wert von 2,5, unter diesen drei *Navicula*-Arten. *N. confervacea* und *N. mutica* fallen heraus, für *N. radiosa* var. *nipponica* fehlt derzeit ein Vergleichspräparat, so dass eine genaue Artenbestimmung dieser *Navicula* noch ausgesetzt werden muss.

Euglena mutabilis

In der Juniprobe wurden nur vereinzelte Euglenen gefunden. Dagegen war *Euglena mutabilis* im September der dominierende Organismus. In Ufernähe bildete *Euglena* dünne, sattgrüne Streifen, die aus unzähligen Einzelexemplaren bestanden (Abb. 7). Solche Euglenen-Matten sind aus der Literatur (Brake, 2001; Kapfer, 1998) bekannt. Brake beschreibt sie als üppigen Bewuchs in Minenabwassergräben eines US-Kohlereviers. Kapfer hat diese Matten vereinzelt in sauren Restseen der Niederlausitz gefunden, aber insgesamt sind sie dort selten. Über diesen äußerst anpassungsfähigen Organismus wurde in einer früheren Arbeit ausführlich berichtet (Jacob, 2003). In der September-Rückstellprobe bildeten die Euglenen nach einer Absetzzeit von 24 Stunden eine leuchtend grüne Schicht zwischen Bodensatz und Flüssigkeit. Hierin konnten sie bis zur Zystenbildung einige Wochen beobachtet werden (Abb. 8). Die schon früher beschriebenen Ergebnisse konnten bestätigt werden, jedoch fielen einige Besonderheiten auf. Kurz vor der Zystenbildung wurde eine Reihe von Euglenen-Paa-





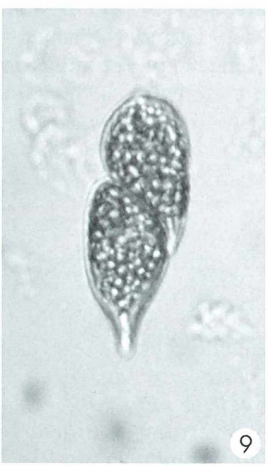


Abb. 7: *Euglena mutabilis* aus dem Uferbereich, Vergr. 180fach. – Abb. 8: *Euglena mutabilis*, die sichtbare Granulation findet man oft bei Euglenen in extrem sauren Gewässern, Vergr. 800fach. – Abb. 9: Wahrscheinlich ein Vermehrungsstadium von *Euglena mutabilis*, Vergr. 800fach.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Verwendung nur mit Genehmigung.

ren beobachtet (Abb. 9). Es handelt sich wahrscheinlich um Teilungsvorgänge, denn Kopulationen von Euglenen werden in der Literatur verneint. Innerhalb der Euglenen-Matten wurden auffällig große Sonnentierchen gefunden.

Actinophrys sol (Sonnentierchen)

Das Vorkommen von *Actinophrys sol* in sauren Restseen ist aus der Literatur (Wollmann et al., 2000) bekannt. Nach Erfahrungen aus dem Restsee Koschen gleichen die gefundenen Exemplare im Allgemeinen denen der Neutralgewässer (Abb. 10). Der Zellaufbau und die Struktur der Nahrungsvakuolen lagen auch hier in der Norm, bei den Größen gab es gelegentlich Abweichungen nach oben. Die Axopodien waren aber hier durchweg sehr zart, aber recht zahlreich mit 50–70 je Exemplar, gegenüber einem Durchschnitt von 42 nach Literaturangaben (Siemensma, 1991) (Abb. 11 und 12). Erstaunlicherweise fehlten bei etwa 10% der Exemplare in beiden Frischproben die Axopodien völlig, sonst machten diese Exemplare aber einen völlig normalen Eindruck (Abb. 13). Unter dem Objektträger zerfielen diese Protisten meist innerhalb weniger Minuten. Die dabei frei gesetzten Nahrungsbestandteile waren oft halbverdaute Chlamydomonen, aber auch *Euglena mutabilis*. Dies erklärt wohl auch das häufige Vorkommen dieser Heliozoen in der Euglenen-Schicht. Hier fanden sich auch die meisten axopodienfreien Exemplare, aber auch die größten Formen mit Durchmesser über 90 µm. In der Literatur wird von so genannten Fressgemeinschaften bei Heliozoen für große Beutetiere berichtet. Wegen des Fundes axopodienfreier Exemplare wurden Vergleiche mit verschiedenen Heliozoen, aber auch mit bestimmten Amöben, zum Beispiel *Vampyrella*, durchgeführt. Dabei wurden aber keine Anhaltspunkte für eine taxonomische Neuorientierung gefunden.

Sonstige

In beiden frischen Proben konnten Ciliaten beobachtet werden. Sicher erkannt wurde *Oxytricha pellionella*, bekannt aus einer Reihe von sauren Restseen. Ein etwa 70 µm langer *Paramecium* ähnlicher Ciliat konnte nicht bestimmt werden. Ebenfalls nicht näher bestimmt werden konnten gelbgrüne amöboide Geißelträger (eine Geißel) mit Größen bis 5 µm, möglicherweise amöboide Xanthophyten.

Zusammenfassung und Diskussion

Die hier gefundenen Organismen bestätigen die Regel, dass mit dem steigenden Säuregehalt die

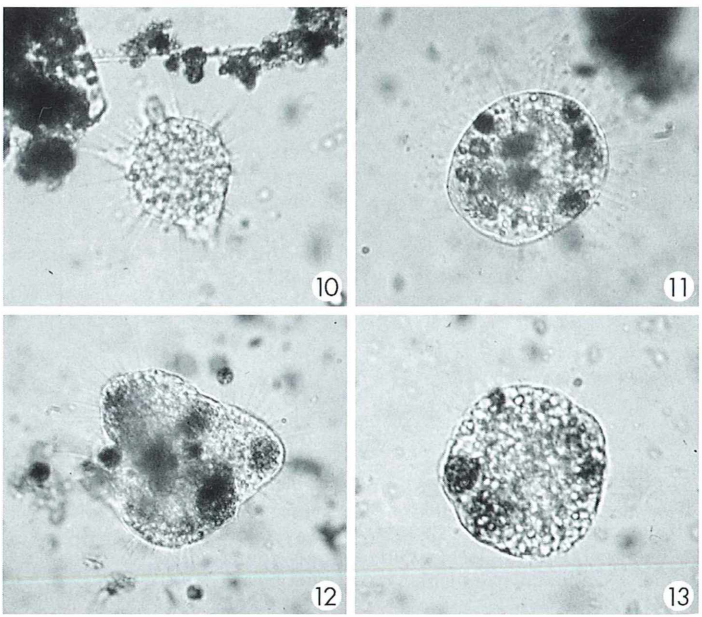


Abb. 10: *Actinophrys sol* – Normalform mit stark ausgeprägten Axopodien aus einem sauren Restsee, Vergr. 350fach. – Abb. 11–13: In diesem Biotop gefundene Formen von *Actinophrys sol*, in Abbildung 13 eine Form ohne Axopodien, Vergr. Abb. 11 und 13 450fach, Abb. 12 250fach.

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

Artenzahl abnimmt, nicht aber unbedingt die Häufigkeit. Den Organismen stehen hier nur sehr geringe Mengen an lebenswichtigem frei verfügbarem Kohlenstoff, vorliegend als Kohlendioxid oder Hydrogencarbonat (um 0,01 mmol/l) zur Verfügung (Steinberg, 1998). Die dazu im scheinbaren Widerspruch stehende recht üppige Besiedlung beweist, dass verschiedene Organismen recht erfolgreich in der Lage sind, diese Begrenzung zu umgehen. Zumindest einige Bakterienarten sind offenbar in der Lage, Substrate der Braunkohle und des Sediments zu verwerten. Eine mineralogisch orientierte Analyse stützt diese Vermutung durch Darstellung verschiedener möglicher Kohlenstoffquellen. Die Euglenen siedelten bevorzugt am Uferrand. Hier ist oft kohlendioxidreicheres Wasser vorhanden, außerdem kann eine Einwirkung von atmosphärischem Kohlenstoff nicht ausgeschlossen werden. Da Euglenen vielfach an Kohlepartikel fixiert sind, kann auch hier eine C-Verwertung vermutet werden. Auch Chlamydomonen und Diatomeen sind in der Lage, bestimmte organische Stoffe aufzunehmen, dies kann hier überlebenswichtig sein. *Actinophrys sol* fungiert in diesem begrenzten Ökosystem als konkurrenzloser Räuber und hat eine reich gedeckte Tafel an Beutetieren. Das reiche Angebot an Beutetieren erklärt vielleicht das Vorkommen von Axopodien freien Formen.
Dieses begrenzte Ökosystem lehrt wieder einmal eindrucksvoll die Anpassungsfähigkeit der Natur.

Danksagung

Der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbauverwaltungsgesellschaft mbH danke ich für die freundliche Unterstützung. Gedankt sei auch Herrn Prof. Dr. K. Hausmann, Berlin, für die Hilfe bei der Bestimmung der Heliozoen, ferner Herrn Dipl. Geol. R. Bönisch, Großräschen, für Untersuchungen zur Mikrostruktur der Biotopsedimente, sowie Herrn D. Sawall, Großräschen, für die Überlassung der Abbildungen 1 und 2.

Literaturhinweise

Brake, S. S., Danelly, H. K., Connors, K. A.: Influence of water chemistry on the distribution of an acidophilic protozoan in an acid main drainage system at the abandoned Green Valley coal mine, Indiana, USA. Applied Geochemistry *16*, 1641–1652 (2001).

DeNicola, D. M.: A review of diatoms found in highly acidic environments. Hydrobiologica *433*, 111–122 (2000).

Ettl, H.: Chlorophyta, 1. Teil Phytomonadia. In: Ettl, H., Heyning, H., Mollenhauer, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 9. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1983.

Jacob, W.: Kiefernpollen als Nährstoffquelle für Plankter in einem extrem sauren Tagebaurestsee. Mikrokosmos *90*, 301–305 (2001).

Jacob, W.: *Euglena mutabilis* – Ein an ungünstige Umweltbedingungen ideal angepasster Protist. Mikrokosmos *92*, 159– 64 (2003).

Kapfer, M.: Assessment of the colonization and primary production of microphytobenthos in the littoral of acidic mining lakes in Lusatia (Germany). Water, Air, and Soil Pollution *108*, 331–340 (1998).

Niemz, C., Meusel, M.: Mikroskopische Untersuchung einer Probe mit organischem Material. Laborbericht (unveröffentlicht), LAOP, Lauta.

Nixdorf, B., Kapfer, M.: Stimulation of phototrophic pelagic and benthic metabolism close to sediments in acidic mining lakes. Water, Air, and Soil Pollution *108*, 317–330 (1998).

Page, F. C., Siemensma, F. J.: Nackte Rhizopoda und Heliozoea. In: Mathes, D. (Hrsg.): Protozoenfauna, Bd. 2., S. 175–297. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1991.

Steinberg, Ch., Fyson, A., Nixdorf, B.: Extrem saure Seen in Deutschland. Biologie in unserer Zeit *29*, 98–109 (1998).

Wollmann, K., Denike, R., Nixdorf, B.: Dynamic of planktonic food webs in three mining lakes across a pH gradient (pH 2–4). Hydrobiologica *433*, 3–14 (2000).

Verfasser: Wolfgang Jacob, Rembrandtstr. 35, D-01983 Großräschen

Lebendige Seen für den Fischadler

Living Lakes: Eine Zukunft für die Seen der Welt.

Helfen Sie mit! Fordern Sie unsere Informationen an.

Global Nature Fund
Global Nature Fund
Güttinger Str. 19
78315 Radolfzell

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

Auflichtmikroskopie mit optischen Veteranen

Erich Lüthje

Man muss ja gar kein Sammler sein – und doch gelangt im Laufe der Zeit das eine oder andere „gute alte Stück" aus dem optischen Hochadel ins Haus. Da steht es nun messinggolden oder in strengem Schwarz, kerzengerade aller Ergonomie spottend – und dann? Durch Zufall und Herumprobieren bin ich zu einer Anwendung gelangt, welche beim normalen Mikroskopieren eher abseits liegt.

Der Zufall bestand darin, dass jüngst eine Reihe sehr betagter, ausgemusterter Mikroskope in meinen Besitz gelangte (sonst wären sie auf den Müll gewandert). Unter den Objektiven erwiesen sich (nach gründlicher Reinigung) zwei Oldies als besonders zweckmäßig: Ein messinggefasstes Objektiv ohne Gravur, circa 3×, vermutlich über einhundert Jahre alt, sowie ein Winkel-Zeiss-Objektiv „00", circa 2×.

Alte Optik hält auf Distanz

Beide Systeme zeichnen sich durch einen großen Arbeitsabstand aus (Abb. 1–3) und ermöglichen deshalb eine problemlose Beleuchtung von allen Seiten. Damit bieten sie sich – anders als vergleichbare moderne Objektive mit wesentlich kürzerem Arbeitsabstand – für die Auflichtmikroskopie an. Diese Objektive ergeben am verwendeten Adapter mit einem ebenfalls alten Leitz-5×-Okular Vergrößerungen von 4,7× (Winkel-Zeiss, Bildfeld 7,5 × 5 mm) beziehungsweise 6,6× (altes Messingobjektiv, Bildfeld 5,3 × 3,6 mm).

Nach ersten Probeaufnahmen fertigte ich Einlegeblenden aus Unterlegscheiben (Öffnung 2,5 mm) sowie Streulichtschutzhülsen aus Pappe an (Abb. 1). Bei den nicht nach heutigem Stand korrigierten Oldies treten in kritischen Motivbereichen leichte Farbsäume in Erscheinung.

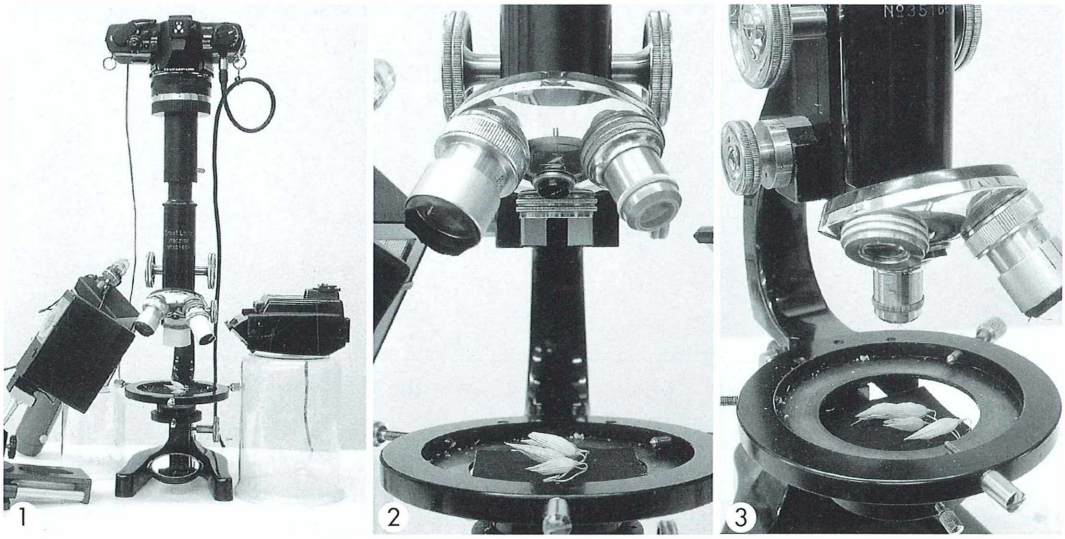
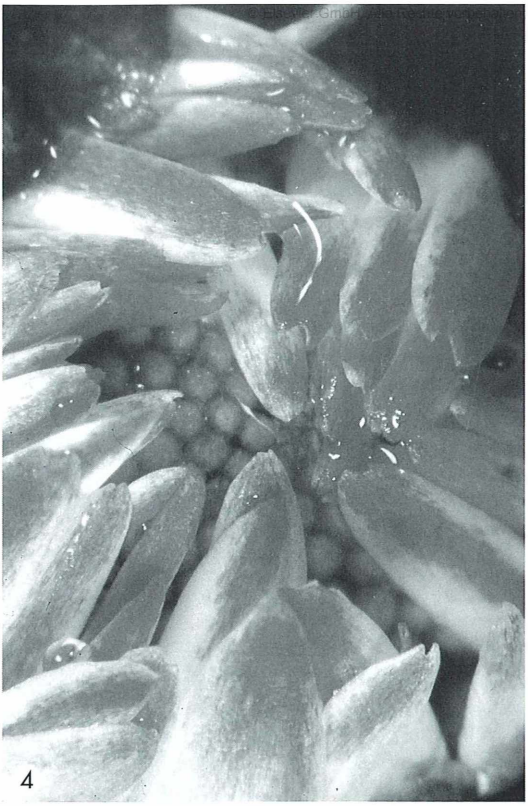
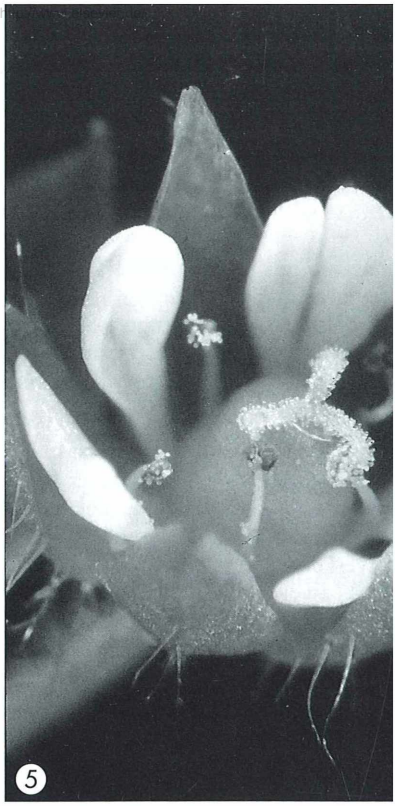
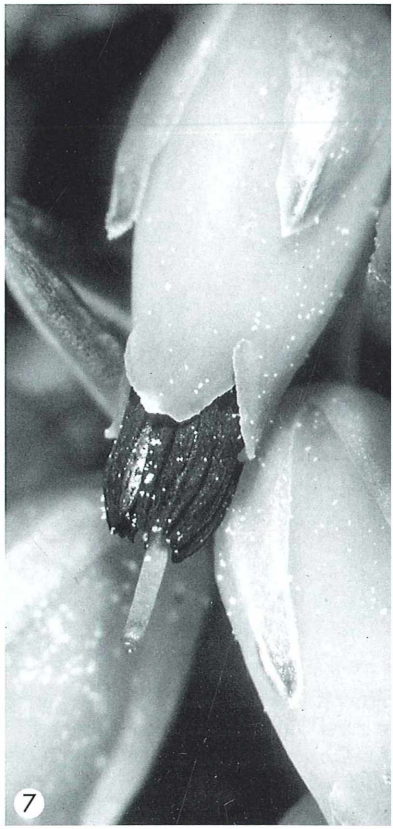


Abb. 1: Leitz-Stativ (Lieferjahr 1939) mit drei gering vergrößernden Objektiven. Der Streulichtschutz besteht bei den zwei Oldies aus innen schwarzer Pappe. Beim dritten Objektiv handelt es sich um ein neueres Leitz-4×-Objektiv mit Blende. – Abb. 2: Das Winkel-Zeiss-00-Objektiv in Fokussierhöhe. Der große Arbeitsabstand ermöglicht eine problemlose Ausleuchtung. – Abb. 3: Das Messingobjektiv 3× auf Fokussierhöhe eingestellt. Das Objekt liegt auf dem Kondensorträger.


4


5

6

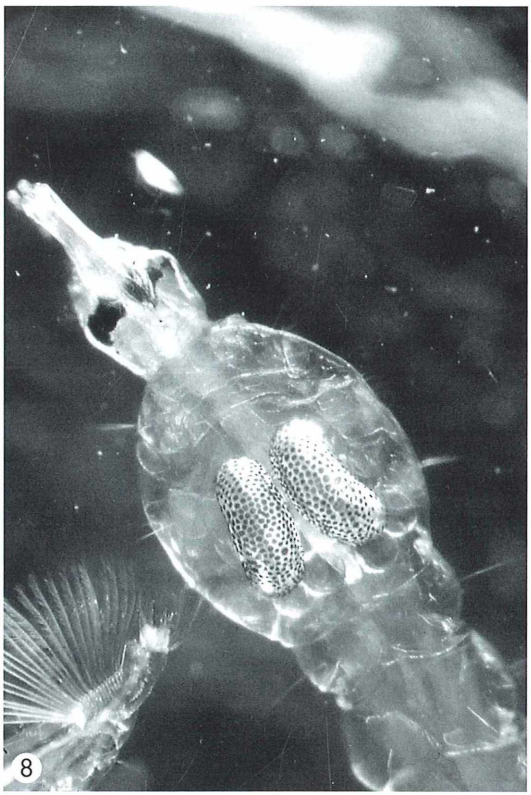

7

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten

Ohne praktischen Einfluss ist hingegen die fehlende Plankorrektion, da keine flachen Schnitte, sondern räumliche Objekte fotografiert werden. Nimmt man billigerweise den visuellen Eindruck bei der Diaprojektion als Qualitätsmaßstab, sind die Ergebnisse tadellos; der Blick durch den Kamerasucher ist bestechend und motivierend zugleich!

Die Ausleuchtung erfolgt mit einem TTL-gesteuerten Blitz, der einen oder zwei andere Blitze über Servozelle zündet (Abb. 1). Diese Hilfsgeräte sind etwas schwächer und stören die Messtätigkeit des integrierten Blitzes nicht. Alle drei Reflektoren habe ich mit weißer Folie verkleidet, wodurch ein weicheres Licht entsteht.

Als Mikroskop verwende ich ein bereits früher erworbenes Leitz-Modell (Abb. 1–3), welches laut beiliegendem Zertifikat 1939 seinen Dienst an der Tierärztlichen Hochschule Hannover begann und nach über sechzigjährigem Dienst ausgemustert und mit seinen Jahrgangskameraden an Interessenten veräußert wurde. Verglichen mit modernen Stativen ist es handlich wie ein Bierseidel und lebt auf geradezu grazilem Fuß. Das bedeutet viel Platz ringsumher – vor allem für die drei Blitze sowie die Einstellleuchte. Der runde Objekttisch ist für diese Art



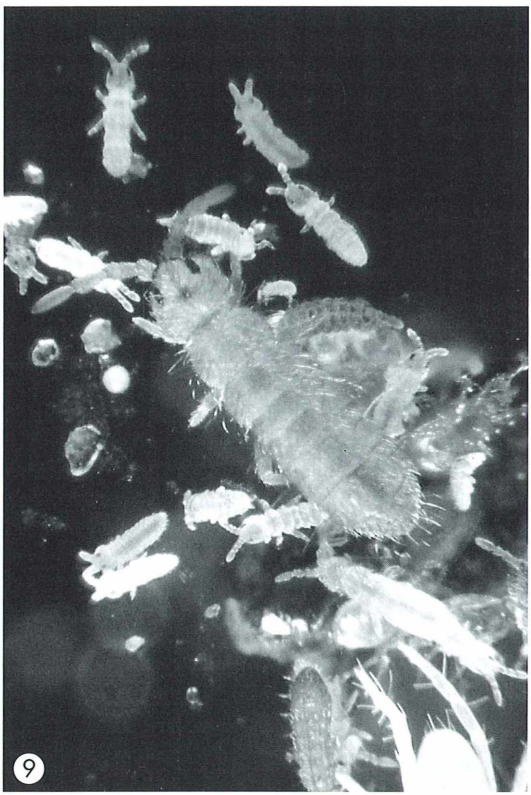


Abb. 8: Larve der Büschelmücke (*Corethra* spec). Messingobjektiv, Leitz-Okular 5×, zwei Blitze. Vergr. 16fach. – Abb. 9: Springschwänze aus einer Bodenprobe (Gartenerde). Messingobjektiv, Leitz-Okular 6×, zwei Blitze; Vergr. 24fach.

Abb. 4: Blick in einen Blütenstand des Gänseblümchens *(Bellis perennis)*. Winkel-Zeiss-00, Leitz-Okular 5×, drei Blitze, Vergr. 14fach. – Abb. 5: Blüte der Vogelmiere *(Stellaria media)*. Messingobjektiv, Leitz-Okular 5×, zwei Blitze. Vergr. 20fach. – Abb. 6: Knospe der Roten Taubnessel *(Lamium purpureum)*. Daten wie Abb. 4; Vergr. 14fach. – Abb. 7: Schneeheide *(Erica carnea = E. herbacea)*. Daten wie Abb. 4; Vergr. 14fach.

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

der Fotografie nicht ideal. Ich habe die Tischscheibe abgenommen und ebenso den nicht benötigten Kondensor entfernt. Die Objekte lege ich auf schwarze Pappe und diese auf den Kondensorhalter (Abb. 3). Über dessen Höhenverstellung kann ich ebenso fokussieren wie über den Grobtrieb des Tubus. Beim Winkel-Zeiss-Objektiv reicht nämlich der Tubus-Spielraum allein nicht aus, um etwas dickere Objekte – etwa einen *Bellis*-Blütenstand – scharf zu erfassen. Vielfach halte ich das Objekt einfach in den Fokussierbereich, wobei der Spiegel des Stativs mit schwarzer Pappe abgedeckt ist. In der Kamera befindet sich selbstverständlich eine Mikroskopiersucherscheibe. Zum Fokussieren blicke ich von oben in den Sucher. Ein Winkelsucher erwies sich im Zusammenspiel mit dieser Klarglasscheibe als untauglich, da er nur den mittleren Teil des Sucherbildes wiedergab. Die gesamte Anwendung ist unkompliziert und bequem.

Mauerblümchen und Heide(n)spaß

Für die beschriebene Art der Auflichtfotografie bieten sich zahlreiche Motivbereiche an. Begrenzender Faktor ist allein der Filmvorrat. Obzwar ich im Februar mit den Aufnahmen startete, gab es bereits einige Blüten im Garten – Mauerblümchen, welche jedoch das Winkel-Zeiss-Objektiv in eine bezaubernde Dimension entrückte: Zum Beispiel ein verregnetes Gänseblümchen (Abb. 4), eine sich öffnende Vogelmiere (Abb. 5) oder die noch geschlossene Knospe der Roten Taubnessel (Abb. 6). Als Topmodelle posierten Leberblümchen (Gartenform, Titelbild) und Schneeheide (*Erica carnea* = *E. herbacea*, Abb. 7); Letztere mit attraktiv dunkelbraunroten Staubgefäßen, aus denen wie aus den geschminkten Lippen einer Diva lässig eine Zigarette hängt (der Griffel).
Über den Schulunterricht kamen Larven und Puppen der Büschelmücke (*Corethra* = *Chaoborus*) ins Visier (Abb. 8). Ich blitzte die Tierchen in einem Blockschälchen, das nur knapp mit Wasser gefüllt war. So hielt sich die Flucht aus der Tiefenschärfe in Grenzen. Es folgte das Bodenpersonal meines Gartens – Springschwänze (Abb. 9), Milben und andere Kleinlebewesen, mit einem Berlese-Apparat aus der Laubstreu ausgetrieben und optisch ideal auf der Wasseroberfläche des Sammelgefäßes präsentiert.
Nun warte ich auf weitere Objekte, welche für die traditionelle Mikroskopie entweder zu groß sind oder aber gerade in der Übersicht (noch unterhalb des üblichen mikroskopischen Maßstabes) erfasst sein wollen. Dazu gehören weitere Blüten und auch das größere Plankton. Angesichts der bequemen Arbeitsweise am guten alten Leitz-Mikroskop mit seinen optischen Veteranen frage ich mich nicht selbstquälerisch, ob es mit neuerer Optik vielleicht noch bessere Resultate gäbe – ich freue mich vielmehr, dass mich ein Sammlerstück zu lebhafter Naturfotografie beflügelt.

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

Buchbesprechung

Höffeler, F.: Bildatlas Cytologie. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt 2003, 135 Seiten, über 100 farbige Abbildungen, broschiert, € 39,95, ISBN 3-540-00674-5.

Dieses ist ein zweifelsfrei ansprechendes Buch, das durch eingängige Graphiken und Fotos die Organisation der Zelle im wahrsten Sinne des Wortes erfassbar macht. Dem Autor ist ein großes Lob für die Umsetzung vieler, in der Spezialliteratur nicht bildlich wiedergegebener Erkenntnisse in anschauliche bildliche Darstellungen auszusprechen. Was etwas betrüblich stimmt, ist die drucktechnische Qualität der Wiedergabe der zahlreichen, inhaltlich wichtigen und veranschaulichenden Mikrofotografien. Es wäre ratsam gewesen, eine im mikroskopischen Bereich erfahrene Person heranzuziehen. Denn diese hätte sehr schnell den Hinweis gegeben, dass nahezu alle mikroskopischen Abbildungen zu dunkel und/oder zu kontrastarm wiedergegeben sind, ein Problem, das durch eine entsprechende digitale Bildbearbeitung hätte gelöst werden können.

Wilhelm Wagner, Essen

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

Position und Funktion von Plastiden – Teil 2: Statolithenstärke

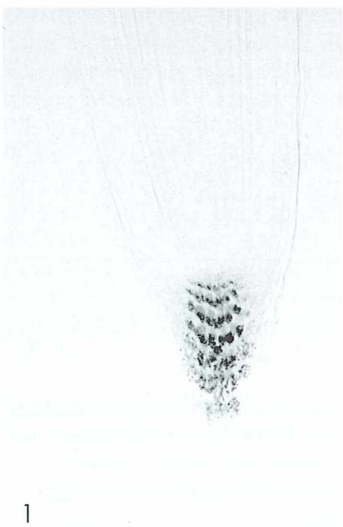
Eberhard Schnepf

Bäume wachsen zwar nicht in den Himmel, aber sie orientieren nach oben – jedenfalls die Stämme. Die Wurzeln hingegen wachsen nach unten. Pflanzen richten sich im Schwerefeld der Erde aus, wachsen geotropisch. Heute sagt man richtiger gravitropisch. Um den Schwerkraftvektor wahrzunehmen, brauchen sie Statolithen, Körper die schwerer sind als ihre Umgebung und so einen Zug oder Druck ausüben können, was dann von der Zelle, der Statocyte, perzipiert wird. In vielen Fällen sind das Stärkekörner in Amyloplasten. Mit der Lugol-Phenol-Methode lässt sich die Statolithenstärke leicht nachweisen.

Die Lugol-Phenol-Methode wurde kürzlich im ersten Teil dieser Reihe über die Funktion und Position von Plastiden vorgestellt (Schnepf, 2004). Anders bei der dort gezeigten Stärke in den Bündelscheiden-Zellen von C_4-Pflanzen wird bei dieser Präparation die Statolithenstärke nicht in ihrer Lage gestört, so dass man ihre Sedimentation gut erkennen kann.

Statolithenstärke in der Wurzelhaube

Schon vor über 100 Jahren beobachteten Němec und Haberlandt, dass bestimmte Wurzelhaubenzellen Stärkekörner enthalten, die der Schwerkraft folgend sedimentieren. Sie folgerten daraus, dass die Wurzelhaube der Ort der Graviperzeption ist (Němec, 1900; Haberlandt, 1900). Besonders gut untersucht, vor allem von Sievers und seiner Arbeitsgruppe (Sievers und Volkmann, 1972; Übersichtsartikel von Hensel, 1990 und Sievers et al., 2002) ist die Keimwurzel der Gartenkresse *Lepidium sativum*. Die Kresse keimt schnell, auch auf Filterpapier. Das gravitropische Wachstum der Wurzel lässt sich leicht experimentell beeinflussen, unter anderem auch in Satelliten-Versuchen im All. Die Wurzelhaube ist sehr regelmäßig aufgebaut und sie ist klein, was auch für die Lugol-Phenol-Methode günstig ist.
Eine damit präparierte Wurzelspitze zeigen die Abbildungen 1 und 2. Man erkennt gut, dass



1

2

Abb. 1–13: Färbung mit Lugol, Aufhellung mit Phenol. – Abb. 1: Gartenkresse, nach unten wachsende primäre Keimwurzel. In der Wurzelhaube sedimentiert die Statolithenstärke in den Etagen I bis IV der Columella. Vergr. 115fach. – Abb. 2: Stärkere Vergrößerung der selben Wurzel. Vergr. 290fach.

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

nur bestimmte Zellen der Wurzelspitze Stärke enthalten. Sie liegen im zentralen Teil der Wurzelhaube und bilden dort die Columella. Die Wurzelhaube (Kalyptra) entsteht bei der Kresse durch Teilungen im Dermatokalyptrogen, das unter den Initialen für die Endodermis und die Wurzelrinde liegt und hier schon kleine Stärkekörner enthält. Die Columella ist in Etagen gegliedert, die von proximal aus nummeriert werden. In den Stockwerken I bis IV nimmt der Stärkegehalt zu, indem die Stärkekörner zahlreicher und größer werden. In diesen vier Stockwerken sedimentiert die Stärke nach der Wurzelspitze hin, wenn die Wurzel wie in den Abbildungen 1 und 2 nach unten orientiert ist. In den Stockwerken V bis VII ist die Stärke nicht sedimentiert, sondern über die ganze Zelle verteilt. In diesen drei Stockwerken wird der Stärkegehalt reduziert, an der Peripherie der Columella beginnend.

Nur die Amyloplasten der Stockwerke I bis IV fungieren also als Statolithen, nur die Columella-Zellen dieser Stockwerke sind Statocyten. In jedem Stockwerk befinden sich etwa 25–30 Statocyten, so dass das gesamte Statenchym etwa 100–120 Zellen umfasst.

Im zentralen Teil der Columella steht die Längsachse der Zellen mehr oder weniger lotrecht auf der distalen Zellwand, so dass in der normalen Position die Statolithen gegen diese Zellwand hin sedimentieren. Im peripheren Bereich der Columella divergiert die Zellachse schräg nach außen/unten. Damit sedimentieren hier die Statolithen in einer Zellecke. Wenn man die Kressewurzel horizontal orientiert, verlagern sich die Amyloplasten gegen die dann physikalisch unten liegende Zellwand hin (Abb. 3 und 4). Sie verhalten sich also auch im Experiment wie Statolithen.

Die Perzeption des Schwerereizes in der Wurzelhaube

Sind also die Statolithen wichtige Faktoren bei der Perzeption des Schwerereizes und ist die Wurzelhaube das Perzeptionsorgan? Die zweite Frage ist klar mit ja zu beantworten. Entfernt man mikrochirurgisch die Wurzelhaube, wächst die Wurzel weiter, reagiert aber nicht gravitropisch. Das hat schon Darwin entdeckt (Darwin, 1880), und kürzlich konnten Blancaflor et al. (1998) mit Lasermikrochirurgie sogar zeigen, dass es die inneren Columella-Zellen sind, die den Schwerereiz perzipieren.

Die erste Frage läuft darauf hinaus, die Rolle der Statolithenstärke bei der Reizperzeption zu verstehen. Spielt sie überhaupt eine Rolle? Das wurde in Frage gestellt durch Experimente von Caspar und Pickard (1989) und Kiss et al. (1989) mit einer Mutante von *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand; wie *Lepidium* eine Brassicacee mit ähnlichem Aufbau der Wurzelhaube). Diese Mutante kann keine Stärke bilden. Auch hier wachsen die Keimwurzeln positiv gravitropisch, also nach unten. Allerdings reagieren sie langsamer auf eine Umorientierung (Hensel, 1989). Kiss et al. (1989) fanden außerdem, dass auch die stärkefreien Leukoplasten in der Columella relativ schwer sind und sedimentieren, wenn auch nicht so gut wie die Amyloplasten. Die Stärke ist also für die Perzeption des Schwerereizes nicht unbedingt notwendig. Das sind wohl die Leukoplasten in der Columella. Aber die Stärke erhöht die Sensibilität beträchtlich. Und wenn die

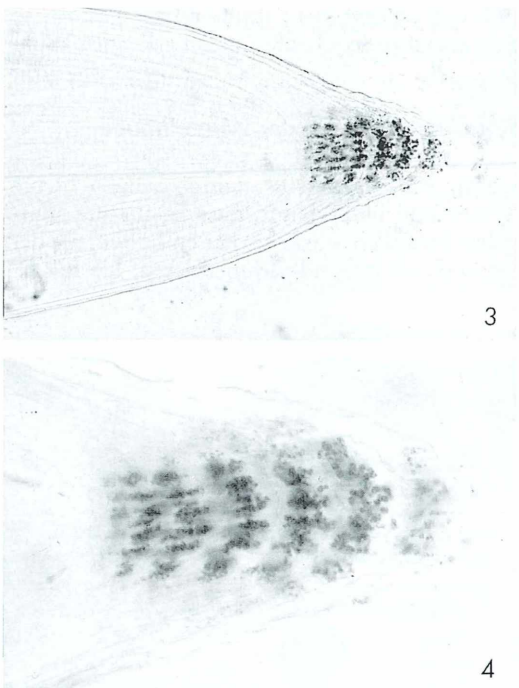


Abb. 3: Gartenkresse, horizontal gelegte primäre Keimwurzel. Die Statolithenstärke sedimentiert auf der physikalischen Unterseite. Vergr. 110fach. – Abb. 4: Stärkere Vergrößerung der selben Wurzel. Vergr. 270fach.

Amyloplasten in der Wurzelhaube nicht durch eine Änderung des Schwerefeldes, sondern durch einen speziellen Magneten verlagert werden, krümmt sich die Wurzel entsprechend (Kuznetzov und Hasenstein, 1996).
Es wird also kaum mehr bezweifelt, dass die Amyloplasten an der Reizperzeption beteiligt sind. Das zeigen auch Beobachtungen an einer Gravitropismus-Mutante vom Salat (*Lactuca sativa*) (Grube et al., 2003), über die Linskens (2003) kürzlich im MIKROKOSMOS referiert hat. Welche Rolle die Amyloplasten aber dabei spielen, ist noch nicht sicher geklärt. Noch weniger weiß man darüber, wie die Information dann zum Reaktionsort gelangt. Das ist die Zone der Zellstreckung. Sie liegt weiter proximal und die Wurzel krümmt sich, wenn sich die Zellen an den Flanken unterschiedlich stark strecken.
Bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Statocyten fiel zunächst ihre streng polare Organisation auf. Bei normal orientierten Wurzeln liegen die Amyloplasten unten auf einem Kissen, das aus mehreren Zisternen des rauen endoplasmatischen Reticulums (ER) besteht. Der Zellkern liegt oben (Sievers und Volkmann, 1972). Es lag nahe anzunehmen, dass der Druck der Amyloplasten direkt auf das ER den Reiz erkennen lässt. Heute diskutiert man mehr, dass Druck und Zug, vermittelt über das Cytoskelett, vor allem über Actin, nicht nur auf das ER wirken, sondern auch – oder sogar hauptsächlich – auf das Plasmalemma. Dadurch könnten mechanosensitive Ionenkanäle und -pumpen reguliert werden. Diese modulieren dann Ionenflüsse, wobei Calcium-Ionen eine besondere Rolle zu spielen scheinen (Sievers et al., 2002). Dieses Plasmalemma-Modell könnte dann auch zutreffen auf Pflanzen ohne Statolithenstärke, ja auch auf Pflanzen ohne Plastiden, wobei dort andere Organellen oder der ganze Protoplast als Statolith wirken. Auch Pilze orientieren ihr Wachstum nach der Schwerkraft. Bei Seitenwurzeln, die ja zunächst nicht senkrecht, sondern schräg nach unten wachsen, müssen andere richtungssteuernde Faktoren hinzukommen.

Statolithenstärke in der Streckungszone von Wurzeln

Bei *Limnobium*, dem Amerikanischen Froschlöffel, einer im Sumpf wachsenden Hydrocharitacee, besteht die Wurzelhaube nur aus zwei Zellschichten, wobei fraglich ist, ob es sich um eine echte Wurzelhaube handelt (Sack et al., 1994). Die apikalen Zellen der Wurzelhaube enthalten nur ganz wenig Stärke, und diese sedimentiert nicht (Abb. 5 und 6). Die Statocyten sind in der Streckungszone der Wurzel zu finden (Sack et al., 1994). Bei *Limnobium* reagiert also dieselbe Region, in der auch der Reiz perzipiert wird. Es reagieren aber nicht nur die Statocyten.
Die Statolithenstärke lässt sich sehr schön mit der Lugol-Phenol-Methode demonstrieren, wie Abbildung 5 in Übersicht zeigt. Günstig sind dabei 1–2 cm lange Wurzeln. Nur die großen Zellen der innersten Rindenschicht enthalten nennenswerte Mengen von Stärke, etwa 0,7 mm von der Spitze beginnend. Hier hört die Teilungszone auf, die Zellen sind etwa 0,25 µm lang. Anfangs sind die Stärkekörner klein und sedimentieren nicht. Weiter proximal werden sie größer und in einer Zone, die 1–1,5 mm von der Spitze entfernt ist, sedimentieren sie. Weiter

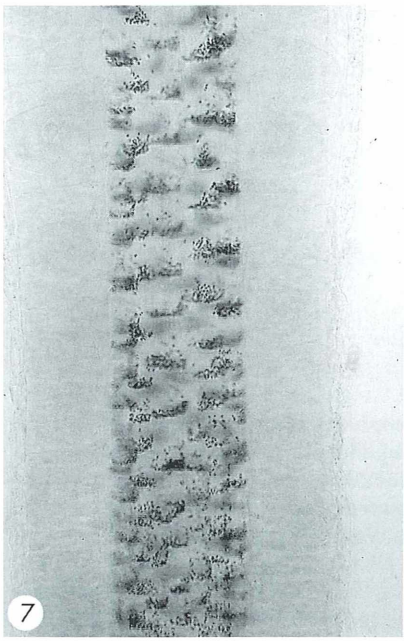
Abb. 5: *Limnobium*, nach unten wachsende Wurzel, Übersicht. In der Stärkescheide sedimentiert die Statolithenstärke vom Ende der Teilungszone bis zum Beginn der Zone, in der die Wurzelhaare auswachsen. Vergr. 18fach. – Abb. 6: *Limnobium*, Wurzelspitze. Die Wurzelhaube besteht aus zwei Zellschichten und enthält fast keine Stärke. Diese sedimentiert nicht. Vergr. 120fach.

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

proximal verschwindet die Stärke wieder. Sie sedimentiert nicht mehr ab der Zone, in der die Wurzelhaare auswachsen und wo die Statocyten etwa 70 µm lang sind. Die Statocytenregion ist also etwa 15–20 Zellen lang.
Abbildung 7 zeigt die Stärke in einer senkrecht nach unten wachsenden Wurzel, in Abbildung 8 war sie horizontal gelagert. Die Position der Amyloplasten hat sich entsprechend verändert. Nicht klar zu erkennen ist in den mit Lugol-Phenol präparierten Wurzeln, dass auch der Zellkern sedimentiert (Sack et al., 1994).
Bei dieser *Limnobium*-Stärkescheide handelt es sich nicht, wie man erwarten könnte, um die Endodermis. Diese besteht aus sehr kleinen Zellen, die auf die Stärkescheide nach innen zu folgen. Man kann sie an den Caspary-Streifen erkennen, die nach der Aufhellung mit Phenol durch ihre stärkere Lichtbrechung sichtbar werden. Nach außen ist die Stärkescheide von großen, mit Luft gefüllten Interzellularen umgeben. Interzellularen fehlen zwischen den Zellen der Stärkescheide und zwischen den von ihr umschlossenen Zellen der Endodermis, des Perizykels und des Zentralzylinders. – Man kann übrigens die Luft in den Interzellularen bei den in Phenol liegenden ganzen Wurzeln leicht entfernen, indem man das unter dem Deckglas liegende Präparat vorsichtig erhitzt.

Statolithenstärke in Spross und Blatt

Der Endodermis der Wurzel entspricht die Stärkescheide im Spross, Blattstiel und Blatt vieler Pflanzen. Wenn diese Organe wachsen und gravitropisch reagieren, sedimentiert die Stärke in bestimmten Bereichen der Stärkescheide, häufig in der Zone der Zellstreckung. Man muss allerdings Handschnitte anfertigen und sie färben und aufhellen, wenn die Objekte zu dick sind, um als Totalpräparat untersucht zu werden. Dabei ist darauf zu achten, dass bei der Präparation die vorherige Lage der Objekte beibehalten wird, weil sich die Stärke schnell verlagern kann.
Beispiele zeigen Abbildung 9 aus dem Epikotyl eines Erbsenkeimlings und Abbildung 10 und 11 aus Stängeln von Löwenzahnblüten. Hier enthalten nur die äußeren Teile der Bündelscheide Stärke. Ein Beispiel für eine Stärkescheide mit sedimentierender Stärke im Blattstiel wären junge Blätter des Nabelkrautes, *Hydrocotyle*. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die Leitbündelscheide von C_4-Pflanzen, die ja der Endodermis homolog ist, ebenfalls durch ihre Stärkebildung auffällt (Schnepf, 2004).
Auch Parenchymzellen können als Statocyten fungieren, so in jungen Blättern von Maiskeim-



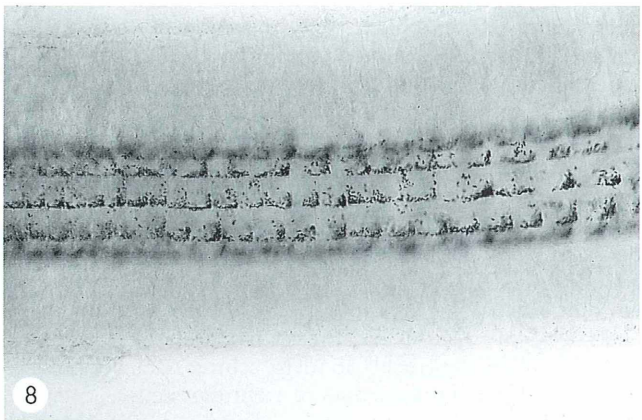


Abb. 7: *Limnobium*. Sedimentierte Statolithenstärke in einer nach unten wachsenden Wurzel. Vergr. 140fach. – Abb. 8: *Limnobium*. Sedimentierte Statolithenstärke in einer horizontal orientierten Wurzel; Wurzelspitze links. Vergr. 140fach.

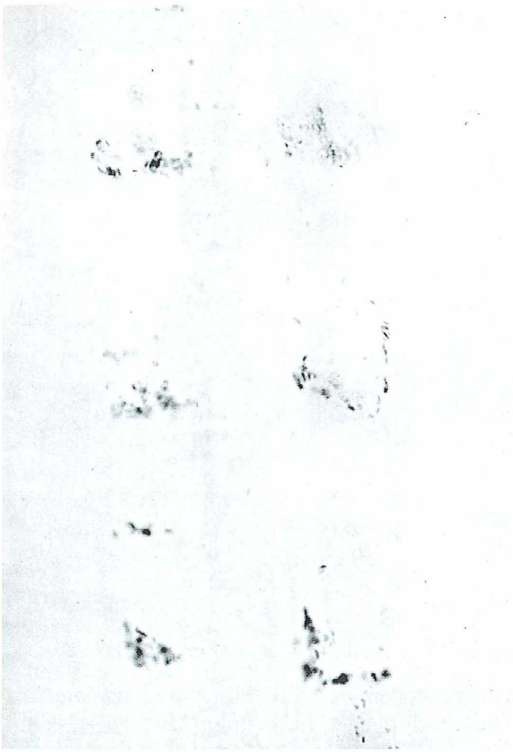


Abb. 9: Erbsenkeimling, Epikotyl. Sedimentierte Statolithenstärke in der Bündelscheide. Vergr. 390fach.

lingen. Sie haben im Kiel ein großzelliges Gewebe mit viel Stärke, das Abbildung 12 im Querschnitt zeigt; das Blatt war noch von der Koleoptile umschlossen. Die Stärke sedimentiert (Abb. 13). Es handelt sich also um Statolithenstärke, die hier allerdings nicht nur auf den unteren, quer zur Längsachse liegenden Zellwänden positioniert ist, sondern auch entlang der unteren Teile von Längswänden.

Statolithenstärke in Moosprotonemen

Zellen mit Spitzenwachstum, deren Wachstum durch die Erdschwere orientiert wird, perzipieren und beantworten den Reiz selbst. Intensiv untersucht in dieser Hinsicht sind die Rhizoide von Armleuchteralgen (*Chara*). Da aber hier die Statolithen aus in kleine Vakuolen eingeschlossenen Bariumsulfat-Kristallen (Glanzkörper) bestehen, soll der Gravitropismus von *Chara* hier nicht näher besprochen werden. Bei Moosprotonemen gibt es hingegen Statolithenstärke. Sie lässt sich in den dünnen Fäden nach Färbung mit Lugol-Lösung auch ohne Aufhellung mit Phenol leicht sichtbar machen.
Die Protonemen von *Ceratodon purpureus* und von *Physcomitrella patens* wachsen, wenn sie im Dunklen kultiviert werden, negativ gravitropisch (Wagner et al., 1997). Die Caulonemen

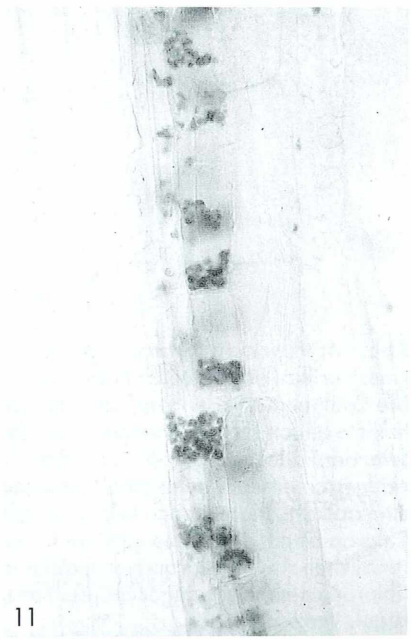


Abb. 10: Löwenzahn, Stängel unter dem Blütenköpfchen im Querschnitt. Statolithenstärke in den außen liegenden Zellen der Bündelscheiden. Vergr. 135fach. –
Abb. 11: Wie Abb. 10, Längsschnitt. Sedimentierte Statolithenstärke. Vergr. 330fach.

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

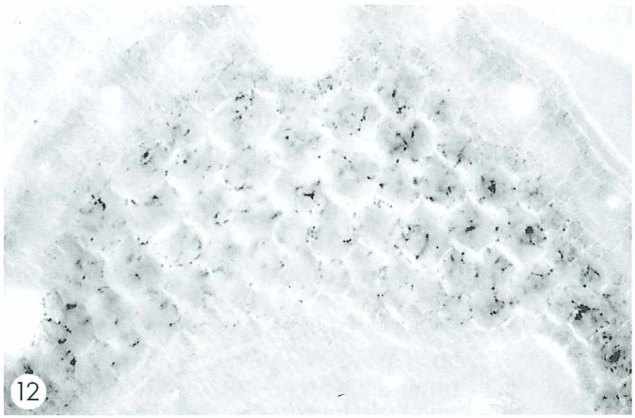


Abb. 12: Mais, Kiel eines jungen, noch von der Koleoptile umschlossenes Blattes, Querschnitt. Parenchym mit Statolithenstärke. Vergr. 135fach. – Abb. 13: Wie Abb. 12, Längsschnitt. Sedimentierte Statolithenstärke. Vergr. 135fach.

Abb. 14: *Funaria hygrometrica*. Protonema auf einer vertikal aufgestellten Petrischale. Die Caulonema-Fäden wachsen nach unten, Seitenäste bilden sich überwiegend auf der Oberseite der Fäden. Vergr. 66fach. – Abb. 15: *Funaria hygrometrica*. Caulonema-Spitzenzelle. Auf eine apikale, klare Kappe folgen zwei kleine Chloroplasten, dann eine größere Gruppe von rundlichen Amylochloroplasten, dann längliche Chloroplasten mit weniger Stärke. Färbung mit Lugol. Vergr. 430fach.

der Protonemen von *Funaria hygrometrica* wachsen hingegen nach unten (Abb. 14), wenn man die Sporen in Petrischalen auf einer mit Zellophanfolie bedeckten Agarschicht aussät, die Petrischale dann vertikal aufstellt und seitlich beleuchtet (Schmiedel und Schnepf, 1980). Bei der Keimung entwickelt sich erst das Chloronema, dann das Caulonema, an dem schließlich die Moospflänzchen entstehen.

Die Spitzenzellen der *Funaria*-Caulonemen – nur diese wachsen, und zwar nur apikal – sind ganz vorn plastidenfrei (Abb. 15). Etwa 20–35 µm von der Spitze liegen 2–4 kleine Chloroplasten mit wenig Stärke. Danach folgt eine Zone mit 15–20 rundlichen Amylochloroplasten mit viel Stärke, die etwa 80 µm von der Spitze abgelöst werden durch längliche Chloroplasten mit weniger Stärke (Schmiedel und Schnepf, 1980). Die Amyloplasten sedimentieren im Schwerefeld, sie verlagern sich auf eine andere Flanke, wenn man den Faden umorientiert (Schmiedel und Schnepf, 1979). Das ist fotografisch nur schwer zu dokumentieren, außer wenn man ein Horizontalmikroskop hat (siehe z. B. die Abbildungen von *Ceratodon*-Spitzenzellen; Young und Sack, 1992; Wagner et al., 1997). Man kann das aber mit Tiefenmessungen im Mikroskop erschließen. Der leichten Verschiebbarkeit in lateraler Richtung gegenüber steht eine feste Verankerung in axialer

Richtung, an der vermutlich Mikrofilamente beteiligt sind (Walker und Sack, 1995).

Abbildung 14 zeigt auch, dass die Seitenäste der Protonema-Fäden überwiegend nach oben auswachsen (Schmiedel und Schnepf, 1979): Ein Fall von Gravimorphismus. Hier wirken wohl aber nicht Plastiden, sondern die Zellkerne als Statolithen. Sie liegen bei vertikal gestellten Petri-Schalen auf der physikalischen Unterseite der Fäden und ein Seitenast entsteht einem Kern gegenüber.

Es ist nicht geklärt, wie die als Statolithen wirkenden Amylochloroplasten und Zellkerne im Moosprotonema die Wachstumsrichtung beeinflussen, zumal sich hier Fototropismus und Gravitropismus überlagern und eine einzige Mutation bei *Ceratodon* zu einer Umkehr des Gravitropismus vom Negativen zum Positiven (bei Dunkelheit) bedingt (Wagner et al., 1997).

Literaturhinweise

Blancaflor, E. B., Fasano, J. M., Gilroy, S.: Mapping the functional roles of root cap cells in the response of *Arabidopsis* primary roots to gravity. Plant Physiol. *116*, 213–222 (1998).

Caspar, T., Pickard, B. G.: Gravitropism in a starchless mutant of *Arabidopsis*. Implications for the starch-statolith theory of gravity sensing. Planta *177*, 185–197 (1989).

Darwin, C.: The power of movements in plants. John Murray, London 1880.

Grube, R. C., Brennan, E. B., Ryder, E. J.: Characterization and genetic analysis of a lettuce (*Lactuca sativa*) mutant, weary, that exhibits reduced gravitropic response in hypocotyls and inflorescence stems. J. Exp. Bot. *54*, 1259–1268 (2003).

Haberlandt, G.: Über die Perzeption des geotropischen Reizes. Ber. Dtsch. Bot. Ges. *18*, 261–272 (1900).

Hensel, W.: Statoliths or not statoliths ... Bot. Acta *102*, 121–122 (1989).

Hensel, W.: Gravitropismus der Pflanzen. Naturwiss. Rdsch. *43*, 135–140 (1990).

Kiss, J. Z., Hertel, R., Sack, F. D.: Amyloplasts are necessary for full gravitropic sensitivity in roots of *Arabidopsis thaliana*. Planta *177*, 198–206 (1989).

Kuznetsov, O., Hasenstein, K. H.: Intracellular magnetophoresis of amyloplasts and induction of root curvature. Planta *198*, 87–94 (1996).

Němec, B.: Über die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. *18*, 241–245 (1900).

Sack, F. D., Kim, D., Stein, B.: Organelle sedimentation in gravitropic roots of *Limnobium* is restricted to the elongation zone. Ann. Bot. *74*, 35–42 (1994).

Schmiedel, G., Schnepf, E.: Side branch formation and orientation in the caulonema of the moss, *Funaria hygrometrica*: Normal development and fine structure. Protoplasma *100*, 367–383 (1979).

Schmiedel, G., Schnepf, E.: Polarity and growth of caulonema tip cells of the moss *Funaria hygrometrica*. Planta *147*, 405–413 (1980).

Schnepf, E.: Position und Funktion von Plastiden – Teil 1: Das Kranzsyndrom und die Stärkebildung bei C_4-Pflanzen. Mikrokosmos *93*, 65–73 (2004).

Sievers, A., Braun, M., Monshausen, G. B.: The root cap: structure and function. In: Waisel, Y., Eschel, A., Kafkafi, U. (eds.): Plant roots. The hidden half, p. 33–47. Marcel Decker, New York 2002.

Sievers, A., Volkmann, D.: Verursacht differentieller Druck der Amyloplasten auf ein komplexes Endomembransystem die Geoperzeption in Wurzeln? Planta *102*, 160–172 (1972).

Wagner, T. A., Cove, D. J., Sack, F. D.: A positively gravitropic mutant mirrors the wild-type protonemal response in the moss *Ceratodon purpureus*. Planta *202*, 149–154 (1997).

Walker, L. M., Sack, F. D.: Microfilament distribution in protonemata of the moss *Ceratodon*. Protoplasma *198*, 229–237 (1995).

Young, J. C., Sack, F. D.: Time-lapse analysis of gravitropism in *Ceratodon* protonemata. Amer. J. Bot. *79*, 1348–1358 (1992).

Verfasser: Prof. Dr. Eberhard Schnepf, Dürerweg 11, D-69168 Wiesloch, Tel.: 0 62 22/17 48

Füttern verboten?

Die Winterfütterung der heimischen Vogelarten ist sehr beliebt. Wie Sie den Vögeln wirklich Gutes tun, sagen wir Ihnen. Bestellen Sie unseren Ratgeber für 2,20 Euro in Briefmarken.

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
Am Köllnischen Park 1 · 10179 Berlin
Fax (0 30) 2 75 86-4 40
info@bund.net

www.bund.net

BUND
FREUNDE DER ERDE

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

Unterschiede und Homologien bei den Blutzellen der Wirbeltiere

Siegfried Hoc

Die Blutzellen der wirbellosen Tiere (Evertebrata) und der Wirbeltiere (Vertebrata) unterscheiden sich in vieler Hinsicht, auch durch die Zahl der vorhandenen Zellarten. Aber auch innerhalb der Vertebrata weisen Nichtsäuger und Säugetiere (Mammalia) deutliche Unterschiede im Blutbild auf. Hervorstechend ist die Tatsache, dass Nichtsäuger durchwegs kernhaltige rote Blutkörperchen (Erythrozyten) besitzen. Diese und andere hämatologische Unterschiede sollen an einigen Beispielen aufgezeigt werden.

Nach dem heutigen Kenntnisstand sind die verschiedenen Blutzellarten der Tiere homolog. Sie können jedoch sehr ausgeprägte Sekundärmerkmale aufweisen. Die Blutzellen der wirbellosen Tiere unterscheiden sich von denen der Wirbeltiere in erster Linie quantitativ durch die beschränkte Anzahl der vorhandenen Zellarten. Während die Vertebrata neun oder – die Gewebsbasophilen (Gewebsmastzellen) mitgerechnet – zehn verschiedene Blutzellarten besitzen, weisen die Evertebrata nur zwei bis drei auf. Schon 1960/61 hat man nachgewiesen, dass Ascidien (Seescheiden), von denen drei unterschiedliche Arten untersucht wurden, auch hämatologisch ein Bindeglied zwischen Wirbellosen und Wirbeltieren

Tabelle 1: Bei Tieren vorkommende Blutzelltypen.

Zellarten	Chordatiere	Wirbeltiere		
		Nichtsäuger	Schleichen-salamander	Säuger
Monozyten	+	+	+	+
Plasmazellen	+	+	+	+
Eosinophile Granulozyten	+°	+	+	+
Basophile Granulozyten	+	+	+	+
Neutrophile Granulozyten	+°°	+	+	+
Kernhaltige Megalozyten	–	+	+	+ embryon.
Kernlose Megalozyten	–	–	+	+ embryon.
Thrombozyten	?	+	+	–
Blutplättchen	–	–	+	+
Megakaryozyten	–	–	–	+
Lymphozyten	–	+	+	+
Normozyten (kernlos) (Erythrozyten)	–	–	?	+

° Flavozyten
°° Pseudoeosinophile Granulozyten, Vanadozyten

sind. Sie weisen fünf bis sechs verschiedene Blutzellarten auf. Diese höhere Differenzierung des Blutes entspricht dem differenzierteren Körperbau, der im Larvenstadium eine Chorda dorsalis (Stützorgan wie die Wirbelsäule) aufweist, so dass die Chordatiere (Chordata) als Bindeglied zwischen Evertebrata und Vertebrata angesehen werden (Tabelle 1).

Erythrozyten

Bei den Wirbeltieren muss man Nichtsäuger wie Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel von den Mammalia abgrenzen (Abb. 1 und 2). Auch zwischen diesen beiden großen Tiergruppen sind Unterschiede in der Ausstattung mit Blutzellen vorhanden; so ist die Anzahl der Erythrozyten-Arten verschieden: Nichtsäuger weisen nur eine Art (Megalozyten-Typ) auf, Säugetiere dagegen zwei Arten (Megalozyten und normale Erythrozyten; 7 bis 8 µm Ø). Die Megalozyten sind sehr große (über 8 µm Ø), meist ovale, prall mit Hämoglobin gefüllte Erythrozyten. Vor allem aber unterscheiden sie sich qualitativ, indem Nichtsäuger durchwegs kernhaltige Erythrozyten (Abb. 3, 4 und 5) und als Elemente des Blutgerinnungssystems diploide Zellen, die Thrombozyten im engeren Sinne besitzen. In der Medizin werden auch die kernlosen Blutplättchen als Thrombozyten bezeichnet. Die Säugetiere (einschließlich des Menschen) wechseln außerdem in der Embryonalzeit von den megalozytären zu den normozytären Erythrozyten (Abb. 1): Ihre Erythrozyten sind in der frühesten Embryonalzeit durchwegs kernhaltig. Im späteren Embryonalstadium – beim Menschen im dritten Monat – sind gleichzeitig nebeneinander kernhaltige und kernlose Erythrozyten verschiedenster Größe (Megalozyten und Normozyten) vorhanden. Schließlich, mit der Geburt, kommen nur noch

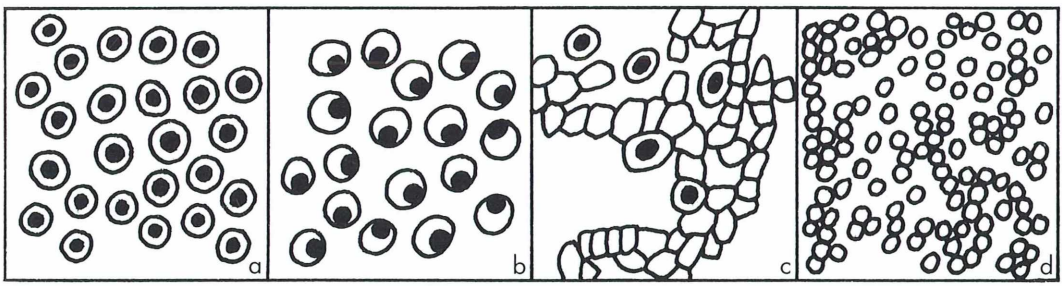


Abb. 1: Runde Erythrozyten. a Flussneunauge (*Petromyzon fluviatilis*) mit kernhaltigen, runden Erythrozyten. b–d Mensch: b Embryo 1,5 cm (etwa 17 Tage alt): Die Erythrozyten sind durchweg rund, relativ groß und kernhaltig. c Embryo 5,4 cm (etwa drei Monate alt): Große und kleine kernhaltige und kernlose Erythrozyten. d Adulter Mensch: Ausschließlich kleine, kernlose Erythrozyten.

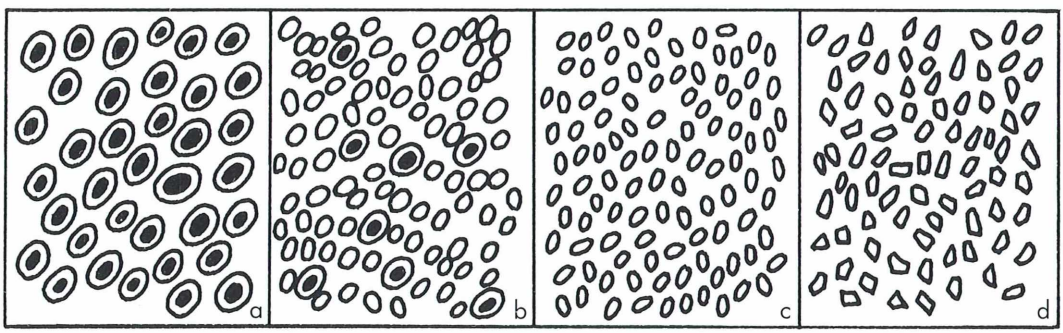
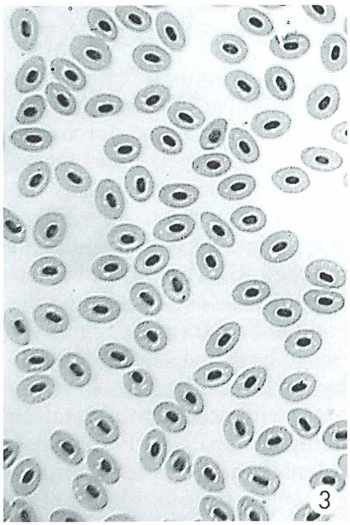
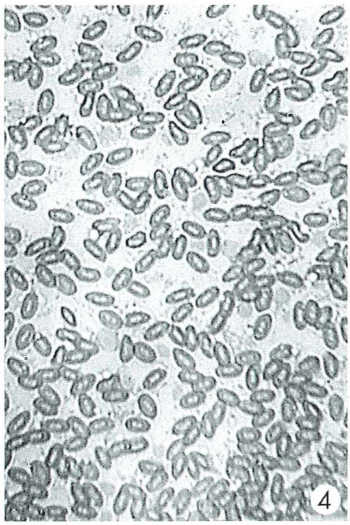


Abb. 2: Elliptische Erythrozyten. a Feuersalamander (*Salamandra salamandra*): Nur kernhaltige Erythrozyten. b Schleichensalamander (*Batrachoseps* spec.): Kernhaltige und kernlose Erythrozyten verschiedener Größe. c Alpaka (*Lama pakos*): Kernlose elliptische Erythrozyten. d Homozygote Manifestation einer konstitutionellen erblichen Elliptozytose des Menschen (stets mit schwerer Anämie).

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





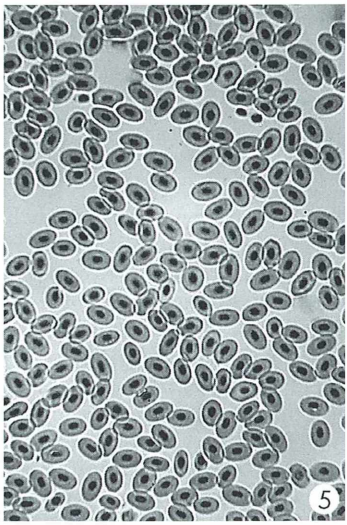


Abb. 3: Erythrozyten einer Mooreidechse (*Lacerta vivipara*). – Abb. 4: Erythrozyten des Haussperlings (*Passa domestica*). – Abb. 5: Erythrozyten einer Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri*).

kernlose Normozyten im Säugetierblut vor, wobei bei vielen Säugetieren gelegentlich vereinzelt Erythroblasten (kernhaltige Erythrozyten-Vorstufen aus dem Knochenmark) gefunden werden können. Beim Menschen ist das stets krankhaft bedingt.

Gerinnungssystem

Die Zellen des Gerinnungssystem der Säugetiere sind kleine Protoplasmateilchen der reifen Megakaryozyten. Megakaryozyten sind riesige (um 100 µm Ø), kernhaltige Zellen aus dem Knochenmark. Sie haben sich aus den diploiden Megakaryoblasten über Promegakaryozyten zu polyploiden Zellen entwickelt (Abb. 7 und 8). Dabei verdoppeln sich jeweils die Chromosomen, ohne dass es zur Kernteilung kommt. Ein Megakaryozyt des Menschen produziert bis zu 2000 Blutplättchen. Diese sind keine vollständigen Zellen mehr (Abb. 6). Die Bezeichnung Thrombozyt sollte den reifen, diploiden, ganzen Zellen der Nichtsäuger vorbehalten sein. Die Protoplasmateilchen von den Megakaryozyten der Säugetiere (einschließlich des Menschen) sollten ausschließlich als Plättchen bezeichnet werden. Dennoch sind beide Formen einander homolog. Im Homologietest der Zellen des Blutgerinnungssystems (Vermischen von Blut verschiedener Tierarten) agglu-

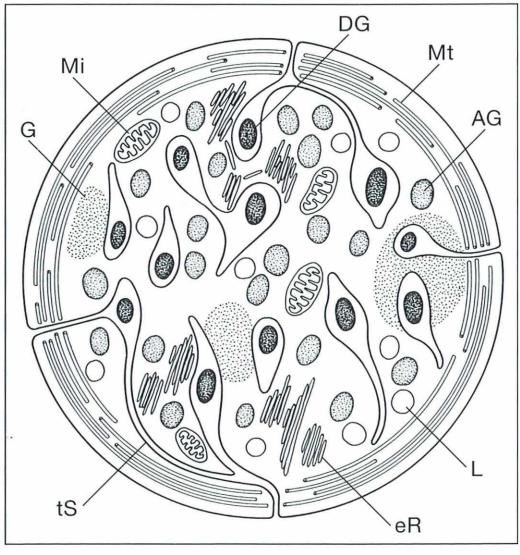
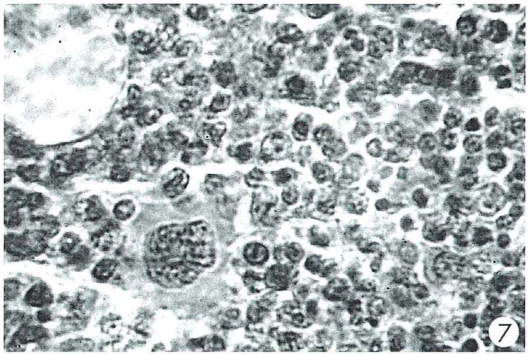


Abb. 6: Organisation eines Blutplättchens. AG Alpha-Granulum, DG Delta-Granulum, eR endoplasmatisches Retikulum, G Glykogen, L Lysosom, Mi Mitochondrium, Mt Mikrotubuli, tS tubuläres System (nach einer elektronenmikroskopischen Aufnahme).

tinieren sie, beispielsweise die Megakaryozyten und Plättchen des Menschen mit den Thrombozyten von Salamandern und Vögeln. Es ist nicht auszuschließen, dass reife diploide Mega-



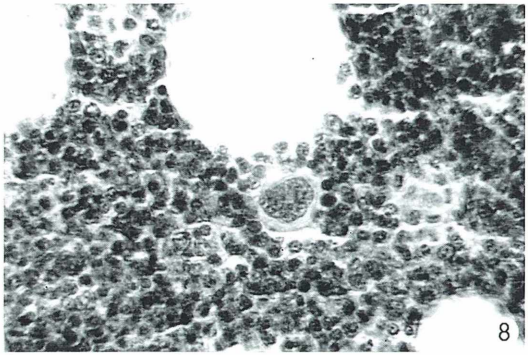


Abb. 7 und 8: Knochenmark-Ausstrich des Menschen mit Megakaryozyten.

karyozyten des Menschen – allerdings nur unter pathologischen Bedingungen – neben polyploiden Megakaryozyten und Plättchen entstehen können.

Schleichsalamander als Bindeglied

Möglicherweise sind die Schleichsalamander (*Batrachoseps*) ein hämatologisches Bindeglied zwischen Nichtsäugern und Säugetieren. Im Blut dieser in Kalifornien beheimateten Amphibien (*Batrachoseps attenuatus*, *B. pacificus*, *B. maior*) finden sich folgende Besonderheiten:

- Kernhaltige und kernlose Erythrozyten kommen gleichzeitig vor, wobei die kernlosen deutlich überwiegen.
- Es gibt Blutplättchen, die sich von Thrombozyten abgelöst haben, und die mit den Thrombozyten und auch untereinander in der ersten Phase der Blutgerinnung agglutinieren.
- Man findet Protoplasmaabrisse von basophilen Granulozyten (eine Art Leukozyten) mit reichlich metachromatischen Granula.
- Die Thrombozyten und Blutplättchen agglutinieren im Mischblut mit den Blutplättchen des Menschen. Das gilt als Hinweis auf die Homologie der Zellen des Gerinnungssystems innerhalb der Vertebrata.
- Außer basophilen Granulozyten im Blut konnten in der Milz der Tiere typische Gewebsmastzellen (Gewebsbasophile) nachgewiesen werden. Sie sind von jenen Zellen der Säugetiere nicht zu unterscheiden.
- Die eosinophilen Granulozyten sind ebenso Peroxidase-negativ wie die von Katzen, Hyänen, Nashörnern und den Schliefern (Hyracoidae), zu denen der Kap-Klippschliefer zählt.

Herstellung von Blutausstrichen

Um an das Blut von Tieren heranzukommen, sollte niemals ein Tier getötet werden. In seltenen Fällen kann man von einem frisch überfahrenen Tier eine Probe entnehmen. In der Regel sollte sich der interessierte Mikroskopiker in Zoologischen Instituten und in Tierkliniken tierisches Blut beschaffen. Das Blut wird in Kunststoffröhrchen gegeben, die EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure, etwa 1 mg pro ml Blut) enthalten (in medizinischen Fachgeschäften erhältlich). Nach Verschluss mit einem Plastikstopfen wird das Röhrchen mehrmals gekippt (nicht geschüttelt!), so dass sich das Antikoagulans vollständig auflöst und mit dem Blut mischt.

Das so vorbereitete Blut wird auf einem sauberen, entfetteten Objektträger ausgestrichen. Dazu wird ein viereckiges Deckglas mit dem an der Unterseite hängenden kleinen Bluttropfen etwa 1 cm vom Objektträgerrand in spitzem Winkel aufgesetzt, gewartet bis sich das Blut an der Deckglaskante ausgebreitet hat und dann das Deckglas in spitzem Winkel gleichmäßig und nicht zu langsam auf dem Objektträger entlang geführt, wobei das Blut ausgestrichen wird. Je kleiner der Ausstrichwinkel ist, desto dünner wird der Ausstrich.

Das Präparat an der Luft trocknen lassen. Dann kann gefärbt werden.

Färbung nach Pappenheim

Eine optimale Differenzierung der Blutzellen und ihrer Organellen ermöglicht die panoptische Färbung nach Pappenheim. Dazu benötigt

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

man eine May-Grünwald-Lösung (enthält Eosin und Methylenblau in Methanol und Glyzerin) und eine Giemsa-Lösung (enthält Azur II und eosinsaures Azur II in Methanol und Glyzerin). Beide Farblösungen gibt es fertig zu kaufen.
Zunächst wird der trockene Ausstrich mit May-Grünwald-Lösung bedeckt. Nach drei Minuten wird die Farblösung mit Aqua bidest. (muss neutral reagieren) abgespült, mit Aqua bidest. bedeckt und so drei Minuten stehen gelassen. Danach erneut mit Aqua bidest. abspülen und anschließend mit Giemsa-Gebrauchslösung (1 Volumenanteil Giemsa-Lösung mit 20 Volumenanteilen Aqua bidest. mischen) 15 Minuten färben. Danach den Ausstrich mit Aqua bidest. kräftig abspülen und den Objektträger schräg gestellt an der Luft trocknen lassen.
Den Ausstrich zunächst (ohne Einschlussmittel) mit einem Deckglas bedecken und mit dem 10er, 40er oder 60er Objektiv scharf stellen und geeignete Stellen aussuchen. Dann das Deckglas entfernen, einen Tropfen Immersionsöl direkt auf den Ausstrich aufbringen und das 100er Ölimmersionsobjektiv einschwenken.

Literaturhinweise

Begemann, J., Rastetter, J.: Atlas der klinischen Hämatologie. Springer-Verlag, Berlin 1978.
Steinemann, H., Aida, D.: Morphologie des Evertebraten-Blutes mit spezieller Berücksichtigung der Ascidien. Dissertation, Basel 1962.
Undritz, A., Aida, D., Steinemann, H.: Die Blutkörperchen der Ascidien. Schweiz. Med. Wochenschr. *93*, 1477 (1963).
Undritz, A., Schüler, K.: Der Blutbefund beim *Batrachoseps attenuatus* – ein hämatologisches Bindeglied vom Nichtsäuger zum Säuger. Blut, Bd. XII, Heft *1*, 1965.

Verfasser: Dipl. Biologe Siegfried Hoc, Mikrobiologische Vereinigung München e.V., Donaustraße 1a, D-82140 Olching. Fotos: Josef Häckl, Brucker Straße 16 A, D-82275 Emmering

Nachricht

9. Sommerkurs in der Feldberger Seenlandschaft für Studenten und Interessenten

Das Institut für Analytik und Umweltchemie der Humboldt-Universität zu Berlin, Arbeitskreis Prof. Dr. Linscheid, lädt auch 2004 wieder zum traditionellen seenkundlichen Workshop in die Feldberger Seenlandschaft ein. An der Organisation und Durchführung dieser beliebten Veranstaltung wirken aktiv mit der Arbeitskreis PD Dr. W. Frenzel von der Technischen Universität Berlin, Prof. Dr. O. Mietz von dem Institut für angewandte Gewässerökologie und die Hydrographisch-biologische Arbeitsgemeinschaft BONITO e.V., Feldberg.
In einem der schönsten Areale Norddeutschlands – in der herrlich gelegenen Krüseliner Mühle – werden Themen zur Umweltanalytik und Gewässerbiologie am besonders interessanten Feldberger Haussee, am Breiten Luzin und am Krüselinsee aufgearbeitet. Dabei sollen die Teilnehmer Kenntnisse zum gesamten Untersuchungsverfahren erwerben, von der Probenahme, -aufbereitung und -lagerung bis hin zu Bestimmungsmethoden einfacher und modernster Art sowie der Interpretation gewonnener Messergebnisse. Bei der inhaltlichen Ausrichtung des Workshops wird ausdrücklich auch an Nichtchemiker mit umweltanalytischem Interesse gedacht!
Unterbringung und Verpflegung sind einfach – spezielle Wünsche können jedoch berücksichtigt werden. Die Kosten belaufen sich auf nur 150 € pro Person für Unterbringung und Vollverpflegung. Bei Anmeldung ist eine Anzahlung von 75 € zu leisten. Es finden zwei Lehrgänge in der Zeit vom 29.08.–03.09. sowie vom 05.09.–10.09.2004 statt. Anmeldeschluss ist der 20.07.2004.

Weitere Information und Anmeldung bei
Dr. G. Kubsch, Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Chemie, Brook-Taylor-Str. 2, D-12489 Berlin, Tel.: 030/20 93 71 77, e-mail: georg.kubsch@rz.hu-berlin.de

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

Ustilago maydis – Maisbrand

Rainer Roeser

Nachfolgend werden Ergebnisse aus orientierenden Untersuchungen an einem Brandpilz dargestellt, die auch für Mikroskopiker ohne spezielle Vorkenntnisse zu diesem Thema und ohne ein steriles Labor nachvollzogen werden können und fesselnde Einblicke in den Entwicklungsgang eines gefährlichen Schadpilzes ermöglichen. Wegen der Kleinheit der Zellen des Pilzes ist ein gutes Mikroskop mit hoher Auflösung erforderlich. Für die Kulturen ist ein Umkehrmikroskop vorteilhaft. Trockenoptik reicht im Allgemeinen, jedoch ist Ölimmersion für genauere Zusatzbetrachtung zweckmäßig.

Die Brandpilze (Ordnung Ustilaginales) sind äußerlich gut zu charakterisieren. Sie erzeugen an ihren Wirtspflanzen Deformationen, aus denen schließlich braune bis schwarze Brandsporen austreten. Es sind 37 Gattungen und etwa 1000 Arten bekannt. Insbesondere Gräser unter den Kulturpflanzen werden befallen. Der wirtschaftliche Schaden kann bedeutend sein.

Brandpilze – Allgemeines

Das Mycel in den Wirtspflanzen enthält je Zelle zwei Kerne. Schnallen an den Hyphen treten nicht selten auf. Insbesondere bei der Entwicklung der Brandsporen, die unter anderem durch Zerfall intrazellulär in den Wirtszellen wachsender Hyphen erfolgt, sind sie zu beobachten. Die Einzelzellen des Mycels werden dabei so umgebildet, dass ihr Material völlig in die Brandspore aufgeht. In diesem Verlauf erfolgt auch die Paarung der Kerne des Dikaryons zu einem diploiden Kern.

Die Brandsporen umgeben sich abschließend mit einer dicken, dreischichtigen Wand. Innen liegt ein dünnes Endospor, dem ein dickes gelbes bis braunes Epispor folgt. Nach außen wird ein meist warzig oder stachelig ausgebildetes braunes oder schwarzes Exospor abgeschieden. Die Bildung der Schichten geschieht in dieser Reihenfolge. Zum Teil ist lichtmikroskopisch zu erkennen, dass die Erhebungen des Exospors pfropfartig auch das Endospor durchdringen. Dies weist auf einen Abscheidungsmechanismus des Exospors vom Zellinneren heraus hin.

Bei der Keimung der Brandspore tritt ein Schlauch aus der Spore aus, in dem die Meiose erfolgt. Dabei zerlegt sich der Schlauch in Einzelzellen. Die Einzelzellen können sich noch als Promycel weiterteilen. Sie gliedern haploide Basidiosporen, die Sporidien, ab. Die Sporidien können sich bei einigen Gruppen unter hefeartiger Sprossung weitervermehren. Dieses Pseudomycel zerfällt sehr leicht in Einzelzellen.

Sowohl das Promycel als auch die Sporidien können sich bei einigen Arten saprophytisch ernähren. Durch Fusion entgegengesetzt polarisierter haploider Zellen entstehen wieder dikaryotische Mycelien, die den Wirt befallen können. Nur auf dem Wirt bilden sie dabei Brandsporen aus.

Bei manchen Arten ist das dikaryotische Mycel für sein Wachstum bereits auf den Wirt angewiesen, bei anderen Arten kann es vorübergehend saprophytisch weiter wachsen. Wir können daher in vielen Fällen zwei Vermehrungsphasen unterscheiden, eine saprophytische haploid beginnende, eventuell dikaryotisch sich fortsetzende Phase auf der einen Seite und eine parasitische dikaryotische bis diploide Phase auf der anderen Seite, die mit der Bildung der Brandsporen endet. Der Kernphasenwechsel fällt dabei nicht zwingend mit dem Wechsel der Lebensweise zusammen.

Insgesamt sind die Abläufe sehr plastisch, die Fusion der haploiden Zellen erfolgt bei einigen Arten nicht zwingend über die Sporidien. Es können bereits entgegengesetzt polarisierte Zellen verschiedener Promycelien die dikaryotische Phase einleiten. Auf Grund dieser Variabilität erscheinen die Brandpilze sehr ursprünglich. Der Wechsel zwischen saprophytischer

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

und parasitischer Phase ist für die Arterhaltung bei jährlich wechselnden Vegetationsphasen der Wirtspflanzen durch Sommer und Winter oder Trockenzeit und Regenzeit natürlich vorteilhaft. Der Pilz kann sich vermehren, wenn die Pflanze bereits ihre Entwicklung eingestellt hat. Die Brandsporen sind einerseits sehr dauerhaft und widerstandsfähig, können aber andererseits in vielen Fällen leicht ohne Ruhephase zur Keimung gebracht werden

Äußeres Bild des Maisbrandes

Der Maisbrand gehört zu den auffallendsten Brandpilzen in den warmgemäßigten Klimaten. Abbildung 1 zeigt den Befall eines Maiskolbens des Süßmaises. Auffallend ist der Befall von der Spitze des Kolbens aus. Weiter unten sind durchaus normale Körner zu erkennen. Bei dem hier untersuchten Befall waren nur die Kolben und auch diese stets nur von oben her befallen. Einige Schwärzungen an den Blättern waren auf Schwächeparasiten wie *Alternaria*-Arten zurückzuführen. Die unter der Wirkung des Parasiten abnorm vergrößerten Samen weisen stets eine von der pflanzlichen Epidermis herrührende häutige silbrige Umhüllung auf. Die Deformationen werden durch den Pilz durch Tumor erzeugende Agenzien ausgelöst.

Abb. 1: Befallener Maiskolben. Die tumorartig vergrößerten Körner an der Spitze sind mit Brandsporen gefüllt.

Systematische Stellung von Ustilago maydis

Die Zuordnung zu der Familie der Ustilaginaceae und der Gattung *Ustilago* ergibt sich aus folgenden Gesichtspunkten: Die Brandsporen (Abb. 2 und 3) werden einzeln verbreitet, sie sind warzig, das Promycel ist septiert und entwickelt sich vielzellig unbestimmt und variabel fort. Die Basidiosporen – besser als Spermidien, auch Sporidien bezeichnet – werden einzeln seit- oder endständig vom Promycel abgeschnürt.

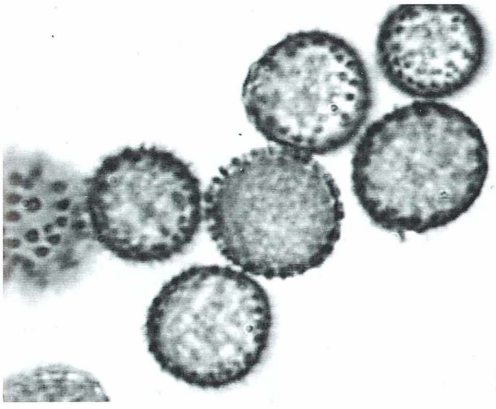
Für die Bestimmung der Brandpilze eignet sich trotz des Erscheinungsjahres 1932 noch immer das Werk von Migula. Dort gelangt man über den Wirt zu zwei Arten. Migula gibt für *U. maydis* olivbraunes Sporenpulver und Befall aller Pflanzenteile, für *U. reiliana* schwarzbraunes Sporenpulver und Befall nur der weiblichen Kolben an. Letztere Artangaben würden eher auf den hier untersuchten Befall zutreffen. Auch Rabenhorst (1884) unterscheidet diese beiden Arten.

Vergleicht man andere neuere Veröffentlichungen und Bilder, so gelangt man nur zu *U. maydis*. *U. reiliana* wird nicht angegeben (z.B. bei Brandenburger, 1985). Ob nun diese Differenzierung aufgegeben wurde, weil es sich nur um Standortvarietäten oder Rassenabwandlungen handelt, war nicht feststellbar. Für die hier angestellten Untersuchungen war die Abklärung dieser Frage nicht von Bedeutung. Synonym zu *U. maydis* ist *U. zeae*.

Die Brandspore

Die Brandsporen sind unregelmäßig rundliche Körper, 9 bis 11 Mikrometer im Durchmesser, bei länglichen Formen auch bis zu 15 Mikrometer lang (Abb. 2 und 3). Sie entwickeln sich aus dikaryotischen Hyphen. Diese Hyphen wachsen der Literatur nach zunächst extrazellulär zwischen den Pflanzenzellen und entsen-

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



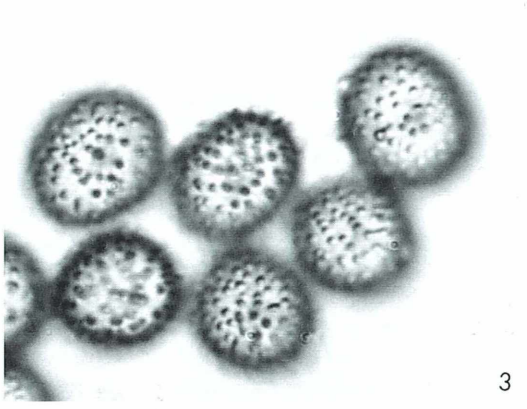
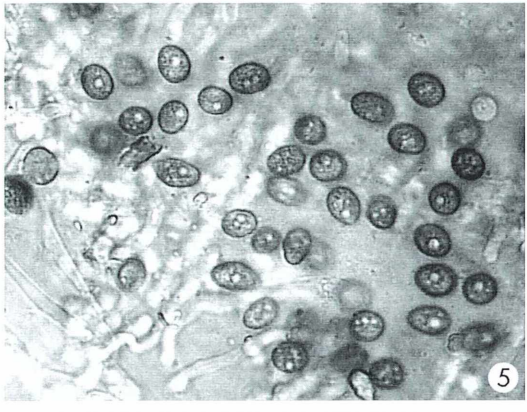


Abb. 2 und 3: Brandsporen. – Abb. 2: Fokus auf die Peripherie. Bei der mittleren Spore ist erkennbar, dass die schwarze Bestachelung der Oberfläche das Exospor durchdringt und im Epispor wurzelt. Ölimmersion, Vergr. 1200fach. – Abb. 3: Fokus auf die Oberfläche. Vergr. 1200fach.



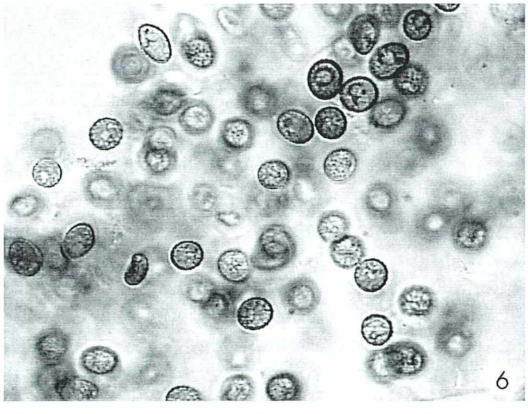


Abb. 4: In den Hyphen, die in die Maiszellen eingedrungen sind, beginnt die Sporenbildung. Vergr. 350fach. – Abb. 5: Die Sporen haben sich abgegliedert und das Epispor als Wandung aufgelagert. Noch ist der Zellinhalt mit stark lichtbrechenden Körpern gut zu erkennen. Vergr. 350fach. – Abb. 6: Es schließt sich die Auflagerung des Exospors an. – Abb. 7: Die Auflagerung des Exospors ist abgeschlossen. Die Sicht auf den Zellinhalt ist weitgehend durch die Oberflächenskulptur verdeckt. Vergr. 350fach.

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

den Haustorien in die Zellen. Zur Zeit der Sporenbildung quillt ihre Wandung in den Sporen erzeugenden Bereichen gallertig an. Bei diesen Beobachtungen wurden die angeschwollenen Zellen sowohl extrazellulär als auch intrazellulär gefunden (Abb. 4). Im letzteren Fall füllten sie das Lumen der Wirtszelle weitgehend aus, eigenartigerweise häufig bei Erhaltung des Wirtszellkernes. Sehr plastisch ist die Beschreibung in Rabenhorst (1884), an der sich dieser Text anlehnt. Die Hyphen entwickeln eine große Menge dicht gedrängter Äste, die sich durcheinander winden. Durch die Quellung verkleben die Fäden untereinander zu einer fast konturlosen Masse, in der die Inhalte der Zellen als glänzende Körper eingestreut sind. Diese schwellen nunmehr zur Brandsporenbildung an und umgeben sich innerhalb der Gallerte mit einer ersten dünnen Membran (Abb. 4). Dann lagert sich das Epispor auf, die gallertige Hülle verschwindet dabei und gibt die gelbliche Brandspore frei, in der stark lichtbrechende Körper auffallen (Abb. 5). Zum Schluss lagert sich das Epispor mit warzigen Erhebungen und Stacheln auf (Abb. 6 und 7). Von den ursprünglichen Zellwänden der Hyphen ist nichts mehr zu sehen. Auch die pflanzlichen Zellwände dürften dabei durch Zellulasen zerfallen. In der Schlussphase liegen die Brandsporen als trockenes Pulver in der häutig umscheideten Missbildung der Pflanze. Wesentlich ist, dass der Literatur zufolge in diesen Phasen die Kernpaarung erfolgte und abgeschlossen wurde. Selbst die noch nicht voll ausgereiften Brandsporen, bei denen die Episporbildung gerade begonnen hatte, erwiesen sich bei diesen Untersuchungen als voll keimfähig.

Das Kulturmedium

Die saprophytische Phase des Pilzes sollte nicht wählerisch sein. Besonders geeignete, jedoch recht aufwändige Kulturmedien sind bei Esser (1976) angegeben. Bei den Untersuchungen zu diesem Artikel wurde etwas Joghurt mit Fleisch und einer Vitamintablette in 2%ige Glukoselösung hinein gegeben und aufgekocht. Die mäßig trübe Flüssigkeit wurde in Petrischalen gegossen und darauf Sporen aus einem nicht ausgereiften Befall, der deshalb auch nicht trocken eingestreut werden konnte, mit einem Spatel aufgebracht. Da der Autor zunächst nicht mit großem Erfolg gerechnet hatte, war auch nicht ausreichend steril gearbeitet worden. So war insbesondere eine Schale mit mobilen Bakterien belastet. Dies erwies sich jedoch nicht als schädlich; in der Kultur entwickelten sich bakterizide Substanzen, die diese Bakterien abtöteten. Es scheint sich dabei nach orientierender Analyse insbesondere um Zitronensäure zu handeln, durch die das Medium auf pH 3 angesäuert wurde. Parallel dazu entwickelten sich wenig störend unbewegliche Milchsäurebakterien. Bei Nachahmung ist zu empfehlen, die Kulturflüssigkeit zu filtrieren und erneut aufzukochen. Eine milde Abpufferung zur Vermeidung zu tiefer pH-Werte dürfte zweckmäßig sein. Ferner sollten die Befallsherde vor der Sporenfreisetzung oberflächlich beispielsweise mit Alkohol sterilisiert werden. Esser (1976) empfiehlt eine mehrstündige Wäsche der Brandsporen in 1,5%-iger Kupfersulfatlösung, gefolgt von einer Passage mit destilliertem keimfreiem Wasser. Auch wenn solche Maßnahmen für vertiefte Untersuchungen unerlässlich sind, zeigen die folgenden Ergebnisse, dass bei *U. maydis* für einfache Keimversuche nur ein überraschend geringer Aufwand erforderlich ist.

In dem recht willkürlichen Kulturmedium entwickelten sich die Kulturen anfänglich sogar schneller als für professionelle Medien angegeben wird. Die leichte Kultur dürfte einer der Gründe sein, weshalb dieser Organismus sich in genetischen Laboratorien besonderer Beliebtheit erfreut. Eine spätere Internetsuche ergab sofort 315 deutsche Fundstellen.

Die Bildung des Promycels und die Erzeugung der Sporidien

Schon bei Untersuchung unter dem Deckglas in Wasser keimen Brandsporen gelegentlich aus (Abb. 8). Im selbst hergestellten, nährstoffreichen Kulturmedium erfolgt die Keimung nach wenigen Stunden in großem Umfang. Zunächst bilden sich einfache Schläuche (Abb. 9a). Nach etwa 12 Stunden sind Fragmentierungen und seitliche Auswüchse zu beobachten. In dieser Zeit hat die Meiose stattgefunden (Abb. 9b und 10). Die Kerne teilen sich nach der Meiose weiter, Tochterkerne wandern in die Auswüchse hinein, die Auswüchse verändern sich zu länglich spindelförmigen Sporen, die ausgestreut werden (Abb. 11). Oft erfolgt dabei eine Verdriftung um mehrere Zehntel Millimeter. Dies

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

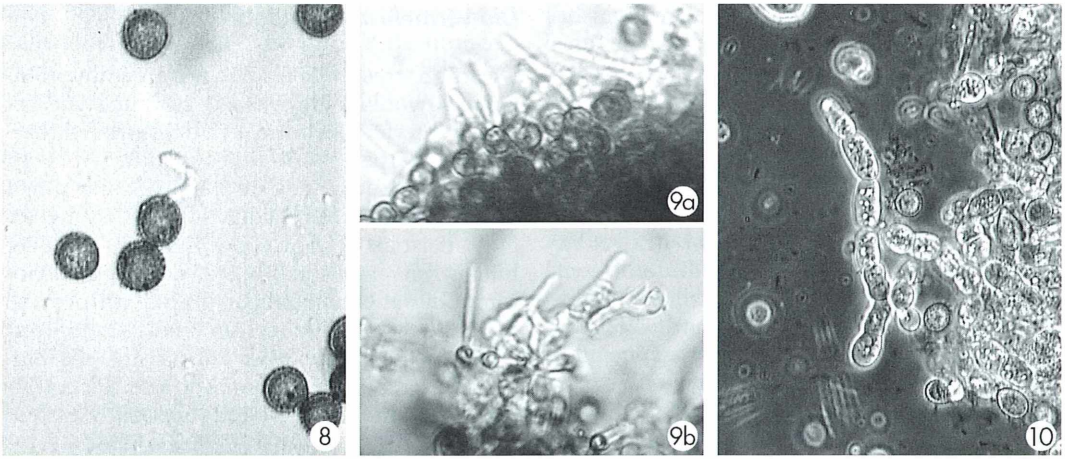


Abb. 8: Gelegentlich keimen Sporen bereits auf dem Objektträger in Wasser aus. Vergr.: 400fach. – Abb. 9a: In Kultur auskeimende Spore im Umkehrmikroskop. In den Keimschläuchen findet die Meiose des vorher diploiden Brandsporenzellkernes zu vier Meiosporen statt. Vergr.: 400fach. – Abb. 9b: In den Schläuchen beginnt die Fragmentierung zu Einzelzellen mit basidiosporenartigen Austreibungen. Vergr.: 400fach. – Abb. 10: Im Phasenkontrast wird die Fragmentierung des Promycels deutlich sichtbar. Vergr.: 400fach.

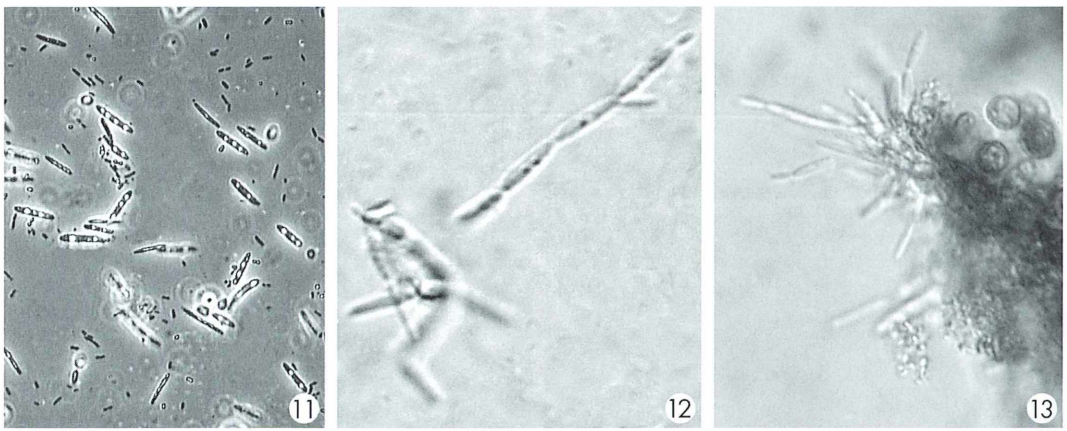


Abb. 11: Freigesetzte Sporidien im Phasenkontrast mit stark lichtbrechenden Inhaltskörpern. Die Kultur dieser Petrischale war mit Bakterien infiziert, die sich im Phasenkontrast als dunkle Stäbchen darstellen. Vergr.: 350fach. – Abb. 12: Die Sporidien vermehren sich gelegentlich vegetativ in reihiger Anordnung. – Abb. 13: Zum Teil gliedern die Promycelien die Sporen gehäuft ab, ohne sie sofort abzustoßen.

weist auf einen Ausschleuderungsmechanismus hin. Sporidienbildung und Abschnürung müssen im Allgemeinen recht rasch erfolgen, weil dieses Stadium nicht sehr häufig in den Präparaten zu sehen ist. Die Sporidie kann danach wieder neue Zellen abgliedern (Abb.12). Dem muss eine Kernteilung vorausgehen, die naturgemäß längere Zeit benötigt. Man findet auch andere Promycelien, bei denen die räumliche Abtrennung der Sporidien zunächst unterbleibt. Es werden dann auch weitere Sporidien von derselben Mutterzelle büschelförmig abgegliedert (Abb. 13). Die Sporidien können sich dabei ihrerseits durch Sprossung vermehren. Schließlich können auch Zellen des Promycels mit kompatiblen Zellen aus anderen Promyce-

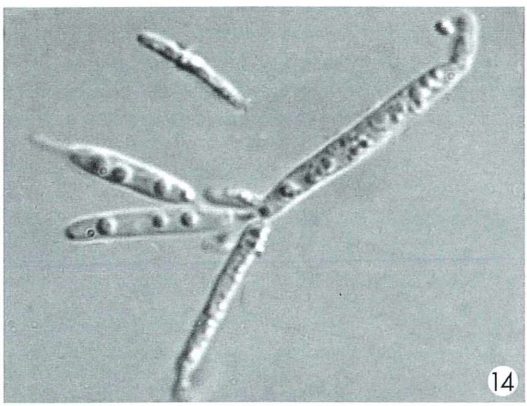
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

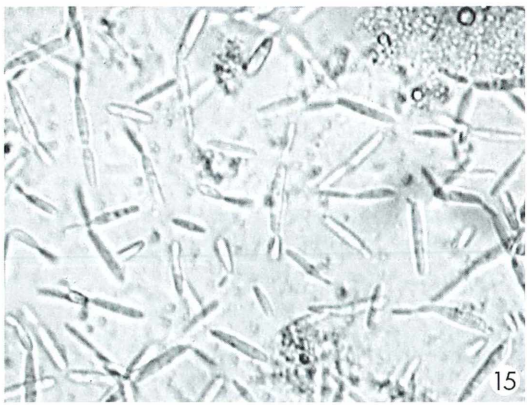
lien in Kontakt treten und fusionieren, ein bei dichter Aussaat wie hier nicht seltener Vorgang. Das Sporidienstadium wird in solchen Fällen übersprungen.

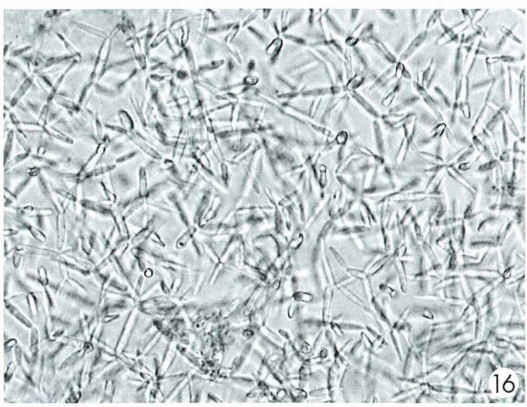
U. maydis besitzt einen tetrapolaren Inkompatibilitätsmechanismus. Alle vier Zellen, die aus der Meiose resultieren, sind genetisch verschieden. Dabei wurde festgestellt, dass zwei dafür verantwortliche Merkmale A und B in zwei Variationen, also A1, A2, B1 und B2 auftreten. Nach der Meiose liegen Einzelzellen mit den Merkmalen A1B1, A1B2, A2B1 und A2B2 vor. Nur Zellen mit nicht übereinstimmenden Merkmalen sind zur Fusion und damit zur Dikaryophase befähigt.

Die Vermehrung der Sporidien

Die ausgestreuten Sporidien zeigen in ihrem Inneren sowohl im Phasen- wie auch im Differentiellen Interferenzkontrast (DIK) stark lichtbrechende Körper, wohl Reservestoffe (Abb. 11 und 14). Sie beginnen im Nährmedium sofort mit hefeartiger Sprossung. Die Sprossung erfolgt meist an der Spitze der Zelle und darüber hinaus zeitversetzt häufiger zweigabelig (dichotom) oder auch dreigabelig als nur einsprossig. Es handelt sich dabei um ein Pseudomycel (Abb. 14). Jede Zelle ist selbständig, die Bindung untereinander ist nur sehr lose. Schon einfaches Schütteln der Kultur führt zur Auftren-







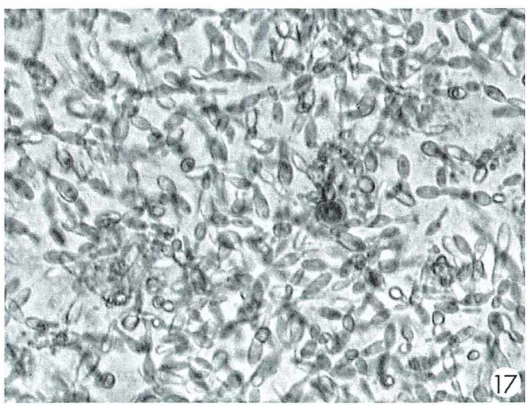


Abb. 14: Die gabelige vegetative Vermehrung der Sporidien ist die bevorzugte Wachstumsform. DIK, Vergr. 1200fach. – Abb. 15: Die Vermehrung der Sporidien erfolgt außerordentlich schnell. Die Verbände sind locker. Bald ist der Boden der Petrischale bedeckt. Vergr. 600fach. – Abb. 16: Auf Grund der guten Nährstoffversorgung erobert das Pseudomycel anschließend die vertikale Dimension. Die Kultur wird allmählich undurchsichtig. Alle Zellen entstanden mitotisch aus einer gemeinsamen Mutterzelle und sind daher genetisch identisch. Vergr. 450fach. – Abb. 17: Kolonie mit atypischen Sporidien in derselben Petrischale, genetisch sicherlich abweichend zur Typform in den Abbildungen 15 und 16. Vergr. 600fach.

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

nung. Durch die gabelige Abgliederung entstehen sehr schnell netzige Verflechtungen (Abb. 15 und 16). Die Zellteilung erfolgt bei guter Ernährung sehr rasch. Rechnerisch – bei Annahme exponentiellen Wachstums – können Zeitabstände von zwei Stunden für eine Teilung unterstellt werden. Hierbei dürfte die vorbereitende Kernteilung den größten Zeitraum beanspruchen, während Sprossung und Wachstum der neuen Zelle wenig Zeit benötigen. Die Ähnlichkeit des Pseudomycels mit dem Mycel bestimmter Hefen ist frappant. Im Gegensatz zu den Hefen, bei denen die Gestalt des Mycels stark vom Nährmedium abhängt, zeigt das Mycel weniger Gestaltvarianz. Es ist insoweit stärker genetisch determiniert. Dem steht gegenüber, dass neben der langspindelförmigen Einzelzelle (Abb. 15 und 16) auch gelegentlich Formen mit kurzspindelförmigen Einzelzellen in der gleichen Kultur auftreten, die diese Eigenart auf ihre Nachkommen übertragen (Abb. 17). Auf Grund der rasanten Vermehrung waren die Petrischalen schon nach zwei weiteren Tagen fast völlig überwachsen. Gelegentlich treten in den einzelnen Bezirken, die jeweils einen Klon von Einzelzellen darstellen, auch Zellen auf, die zu echten haploiden Mycelien mit allerdings sehr langsamer Entwicklung auswachsen. Ausnahmsweise können haploide Mycelien apomiktisch Infektionen mit vergleichbarem Ablauf bei der Wirtspflanze auslösen (Christensen, 1929, 1932).

Einigen Literaturangaben zu Folge sind Fusionshyphen bevorzugt für die Konjugation mit kompatiblen Nachbarkulturen verantwortlich (Kahmann, 2003). Bei dieser Untersuchung war der Vorgang nicht zu beobachten. Überwiegend wird in der Literatur angegeben, dass Sporidien entgegengesetzter Polarität miteinander durch kurze Brückenbildung fusionieren. Auch dies war bei diesen Petrischalen trotz Durchmusterung aller Kolonien, die an andere Kolonien heran stießen, nicht zu beobachten. Da die Zellen eines Klons wegen der übereinstimmenden Merkmale A und B untereinander inkompatibel sind, kann man sich bei der Untersuchung auf diese Überschneidungszonen beschränken.
Laut Gäumann (1964) sind für die Fusion pH-Werte von 8 bis 8,3 zweckmäßig. Diese Bedingung war in der sauer reagierenden Kultur dieser Untersuchung zu keiner Zeit vorhanden.

Das diploide Mycel

Es zeigt sich dagegen, dass im vorliegenden Falle Sporidien, die noch am Promycel hingen, und Promycelzellen selbst dort, wo die Brandsporen zu dicht ausgesät waren, miteinander fusionierten und dann ein sehr rasch wachsendes dikaryotisches, vielzelliges Mycel ausbildeten (Abb. 18 und 19). Da die Konjugation Pheromone als Auslöser benötigt, ist verständlich,

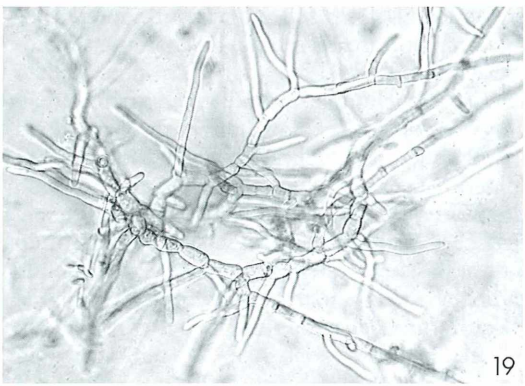


Abb. 18: Kräftig wachsendes diploides Mycel mit Verzweigung an der Spitze und interkalar sich vermehrenden und wachsenden Stammhyphen. Diese Wuchsform bringt das Mycel in immer neue nährstoffreiche Zonen. Das interkalare Wachstum der Stammhyphen dürfte dagegen Reaktion auf Nährstoffveränderung des Mediums durch den wachsenden Pilz sein. Vergr. 100fach. – Abb. 19: Bei stärkerer Vergrößerung eines neu entstandenen diploiden Mycels fallen an einzelnen Zellen Gebilde auf, die abweichend von den Verzweigungshyphen als Schnallen zu deuten sind. Vergr. 350fach.

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

dass die Fusion dort startet, wo besonders hohe Stoffkonzentrationen vorliegen.
Die zu dichte Aussaat war bei dieser orientierenden Untersuchung sicherlich nicht zweckmäßig; das vorgenannte Konjugationsverhalten könnte atypisch sein. In der Literatur (Esser, 1976) wird ein genaues Vorgehen für die Fusion entgegengesetzt polarer Spermidien aus dem hefeartigen Pseudomycel angegeben. Für genetische Untersuchungen sind ein solches Vorgehen sowie sauberes steriles Arbeiten unerlässlich.
Abbildung 11 zeigt, dass zumindest eine Kultur nicht steril war. Neben den Spermidien sind im Phasenkontrast Bakterien vom *Lactobacillus*-Typ oder dergleichen zu erkennen. Insofern bestand Sorge, dass die sich entwickelnden diploiden Mycelien von anderen Pilzen herrühren könnten. Es konnte aber festgestellt werden, dass dieses Mycel in allen Petrischalen, auch in denen, die nicht durch Bakterien infiziert waren, gleichartig entstand, immer gleich aussah und mit Literaturabbildungen übereinstimmte. Das Mycel ließ sich als dikaryotisch ansprechen, weil teilweise Schnallen zu beobachten waren (Abb. 19). Da das Mycel zu sehr starker Verzweigung neigt, musste dies durch Fokussieren auf verschiedene Tiefenebenen bei der Betrachtung unterschieden werden. Dabei erschien es zum Teil so, dass Schnallen auch Ursprung späterer Verzweigungen sein konnten. Im Regelfalle erfolgte die Verzweigung jedoch seitlich und nicht endständig.
Nach Deckelentfernung bei einer Petrischale entstanden sehr rasch Kulturen anderer Pilze (Schimmelpilze), die jedoch leicht unterscheidbar waren.
Die Untersuchung zeigt, dass sich auch das dikaryotische Mycel saprophytisch entwickeln kann. Es kann jedoch dabei keine Brandsporen bilden. Dazu ist obligatorisch eine Infektion des Wirtes Mais erforderlich. Es muss eine genetische Wechselwirkung zwischen Parasit und Wirtspflanze bestehen, deren Erforschung natürlich von höchstem Interesse für die Bekämpfung der Krankheit ist.

Bekämpfung des Pilzes und Infektionsmechanismus

Eine direkte Bekämpfungsmaßnahme ist nicht bekannt. Offensichtlich hat der Pilz in warmen Sommern besonders gute Chancen in Deutschland. Die Schäden bei Futtermais sind sonst meist nicht gravierend.
Der Pilz kann sich sowohl haploid als auch dikaryotisch im Boden saprophytisch vermehren. Als Infektionsweg ist anzunehmen, dass die wachsende Pflanze an jungen Geweben über Bodenspritzer bei Regen und über tierische Vektoren Kontakt zu dem Schädling bekommt. Als tierische Vektoren werden der Maiszünsler und die Fritfliege angegeben. Im vorliegenden Falle lag ein Befall mit dem Maiszünsler und der Fritfliege nicht erkennbar vor. Dagegen wurden Pflanzen saugende Homopteren (Aphididae, Blattläuse), Thysanopteren (Fransenflügler), Heteropteren (Wanzen, eine große grün gefärbte Baumwanze, wahrscheinlich *Palomena* sp.) und Forficuliden (Ohrwürmer) im Befallsbereich festgestellt. Die Infektion erfolgte immer an derselben Stelle, an den Samen im oberen Bereich des Maiskolbens. Insbesondere lag an diesen Kolben parallel zwischen den Blättern der Blattscheiden starker Blattlausbefall vor. Zum Teil saugten die in der Entwicklung sich von grünblau nach grau bis fast schwarz verfärbenden Blattläuse (bestimmt als *Rhopalosyphum maidis*, ein Zuwanderer aus südlichen Breiten) auch an den Maissamen. Zwischen den Blättern, den normalen Saugstellen, sind die Blattläuse in den dicht geschlossenen Kolben kaum durch die üblichen Nützlinge angreifbar. Sie scheinen aber in der geflügelten Form gegen eindringendes Regenwasser und Kühle sehr empfindlich zu sein. Neben abgestorbenen Formen konnten mikroskopisch auch Pilzzellkolonien gefunden werden, die mit eingetrockneten Sporidien von Mais äußerlich übereinstimmten. Daneben lag Befall mit *Mucor* vor.
Ein systemischer Befall durch den Pilz lag nicht vor, da auf derselben Pflanze gesunde Kolben wuchsen. Dicht benachbarte Pflanzen waren befallen, eine etwas weiter entfernte Gruppe nicht. Zum Zeitpunkt der Infektion hatte es nicht geregnet.
Es spricht vieles dafür, dass in diesem Falle der Pilz durch normalerweise unbedeutende Schadinsekten eingetragen wurde, die zuvor Bodenkontakt hatten, und durch die Blattläuse als Transportwirte weiter verbreitet wurde. Dies kann bei der reichen Vermehrung der Sporidien über die haploide Form erfolgen, die in die Blattscheiden eingebracht das nach Gäumann (1964) dort vorteilhafte Milieu erhielten, um zu fusionieren und als dikaryotisches Mycel die

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

Maissamen zu infizieren. Die dort nicht austrocknenden zuckerhaltigen Ausscheidungen der Blattläuse stellen ein optimales Nährmedium dar. Die geflügelten Blattlausformen können den Pilz von einer Pflanze zur nächsten verbreiten.
Gegen den Eintrag durch Bodenspritzwasser spricht, dass dies schon wegen der Höhe schwer in die jungen umscheideten Kolben hineingelangen kann und dass andererseits eintrocknendes Wasser an den Halmen in diesem sehr heißen Sommer (2003) als Nährboden dem Pilz kaum eine ausreichende Startbedingung gegeben haben kann.
Im gewerbsmäßigen Anbau empfiehlt sich vor allem der Fruchtwechsel. Dabei ist zu beachten, dass die Brandsporen über Jahre infektionsfähig sind und sich möglicherweise in der Sporidienform unbegrenzt saprophytisch vermehren können. Sollten Insekten die hauptsächlichen Vektoren sein, müsste sich der Einsatz von Insektiziden begrenzend für den Pilzbefall bemerkbar machen. Da Insektizide nur selten zu empfehlen sind, hat ein solches Ergebnis eher Erkenntnis- als praktischen Wert.
In Amerika sollen Ergebnisse über Genmais vorliegen, der gegen den Maisbrand immun ist. Isolate von *Streptomyces* sp. und *Bacillus subtilis* wirken beim Maisbrand fungizid (Ragab, 1994).

Internetauskünfte

Zunächst war bei diesen Untersuchungen, die aus ganz anderer Interessenlage erfolgten, dem Autor der Stand der Forschung vor dem Blick ins Internet nicht im Einzelnen bekannt. Aus den bereits genannten Gründen und der leichten Kultivierbarkeit wegen gehört *U. maydis* zu den meist untersuchten Pilzen. Besonders deutsche Genetiker und Biochemiker haben sich dabei einen Namen gemacht. Stellvertretend für viele andere seien hier die Arbeitsgruppen um R. Kahmann, 1997, und M. Bölker, 1998, genannt.
Auch wenn das Internet häufig nicht hält, was versprochen wird, hier hat rege Forschertätigkeit dazu geführt, dass im speziellen Fall wirklich von einer Wissensbörse gesprochen werden kann. Es kann jedem, der sich für diese Forschungsarbeiten interessiert, der Blick ins Internet empfohlen werden (Suchadresse *Ustilago maydis*, Suchmaschine Google.de). Die Ausführungen sind auch für den mit dem genetischen Sprachwerk nicht Vertrauten meist gut lesbar.
Maisbrandsporen haben früher medizinische Anwendung gehabt. Die Brandsporen werden in Südamerika noch heute als Kaviar azteca in Dosen als Nahrungsmittel mit besonderem Genusswert gehandelt. Aus dem Pilz lassen sich Ferrichrome mit pharmazeutischer Anwendung durch Fermentation gewinnen (Drews, TU Berlin, Institut für Verfahrenstechnik).

Anmerkungen zur stammesgeschichtlichen Ableitung der Rostpilze

Die Merkmale lange dikaryotische Phase mit teilweiser Schnallenbildung und die knospenartige Abgliederung der haploiden Sporen nach außen aus einer Mutterzelle führen eindeutig zur systematischen Einordnung der Brandpilze bei den Basidiomyceten und wegen der Zergliederung der Basidie in Einzelzellen speziell zu den Phragmobasidiomyceten. Verwandtschaft mit den dort ebenfalls eingeordneten Rostpilzen ist zu vermuten. Auf der anderen Seite gibt es auch Anklänge zu Gruppen unter den Ascomyceten, insbesondere den Hefen und den Taphrinales. Nicht nur, dass einige ursprünglich als Hefen eingeordnete Pilze (*Sporobolomyces*) als vegetativ sprossende Brandpilze anzusprechen sind und andere wie *Candida*-Arten auch spermidienartig sprossende Verbände erzeugen. Es gibt auch namhafte Mykologen, die grundsätzliche evolutionäre Verbindungen zwischen Brandpilzen und Hefen für wahrscheinlich halten. Dies ist durchaus vereinbar mit anderen Ansichten, nach denen Vorläufer der Brandpilze das Entwicklungszentrum für die Rostpilze und die Holobasidiomyceten darstellten.
Genau wie einst die Spekulationen um die Symbiontennatur der Chloroplasten und der Mitochondrien zu gesicherten Erkenntnissen geführt haben, so darf man aus den Spekulationen über die Hefeähnlichkeit der Spermidien Erkenntnisse erhoffen. So stellt der Mykologe Arx die Rostpilze zusammen mit den Hefen, den Exoascales und Exobasidiales als gesonderte Klasse der Endomycetes zwischen die Phyco- und die Ascomyceten (1975).
Von anderer Seite werden die undeterminierten Abläufe bei der Basidienbildung als Rückbildungsvorgänge betrachtet. So unterscheiden

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

sich das Promycel und die Abschnürung der Spermidien negativ von der eigentlichen Basidie und den Basidiosporen mit ihren strengen Entwicklungsabläufen und hoch entwickelten Bildungsmechanismen bis hin in den ultramikroskopischen Bereich.
Die neuere Forschung hat gezeigt, dass Brandpilze nicht ausschließlich phytopathogen sind. Durch Genomvergleich konnte festgestellt werden, dass der Pilz *Malassezia furfur*, der beim Menschen Mykosen wie die Kleienflechte auslöst, in der Datenbank inmitten der Brandpilze erschien (R. Brauer und D. Begerow, Botanisches Institut der Universität Tübingen). Dieser Pilz benötigt langkettige Fettsäuren zum Wachstum. Ob auch ein pflanzenparasitisches Stadium existiert, ist noch unbekannt.

Literaturverzeichnis

Benedix, E. H., Casper, S. J., Danert, S., Hübsch, P., Lindner, K. E., Schmiedeknecht, M., Schubert, R., Senge, W.: Urania Pflanzenreich. Niedere Pflanzen. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main 1974.

Brandenburger, W.: Parasitische Pilze an Gefäßpflanzen in Europa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1985.

Christensen, J. J.: Univ. Minnesota Agr. Exp. Stat. Techn. Bull. *65*, 89–108 (1929).

Christensen, J. J.: Phytopath. Zschr. *4*, 129–188 (1932).

Esser, K.: Kryptogamen. Blaualgen, Algen, Pilze, Flechten. Springer-Verlag Berlin, 1976.

Gäumann, E.: Die Pilze. Birkhäuser Verlag, Stuttgart 1964.

Kahmann, R.: Wirt-Parasiten-Interaktion am Beispiel des Maisbeulenbrandes. 2003. Kurzfassung unter http://www.vdbiol.de/muenster/kahmann.html

Migula, W.: Die Brand- und Rostpilze. 4. Aufl. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1932.

Rabenhorst, L.: Kryptogamen-Flora. 2. Aufl. Verlag Eduard Kummer, Leipzig 1884.

Ragab, M. M. M.: Antagonism between epiphytic microorganisms and *Ustilago maydis* causing common smut of maize. Egyptian Journal of Phytopathology *22(1)*, 17–37 (1994).

Strasburger, E., Noll, F., Schenk, H., Schimper, A. F. W.: Lehrbuch der Botanik. 30. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1971

Winter, G.: Die Pilze Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. I. Band aus Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Johnson Reprint Corporation, New York. Verlag von J. Cramer, Weinheim 1963.

Verfasser: Dr. Rainer Roeser, Marienstr. 4, D-52388 Nörvenich

Nachricht

Die vermeintliche Luftblase, die in Wirklichkeit ein Wassertropfen ist

Bisweilen ist die primär biologisch orientierte MIKROKOSMOS-Redaktion sachlich überfordert, wenn es über den Tellerrand hinausgeht. Wir sind aber noch lernfähig. Daher freuen wir uns über Briefe wie den folgenden, welcher uns unser Leser Dr. Walter Vogt, Professor i. R., Fachrichtung Chemie, Universität Mainz, zusandte. Er schreibt:
Seit ein paar Tagen liegt das März-Heft des Mikrokosmos auf meinem Schreibtisch. Das hübsche Titelbild Luftblase in Kondenswassertropfen *irritiert mich immer wieder, denn was man da sieht, ist nicht das, was die Legende sagt.*
Ich kenne dieses Bild aus vielen Beobachtungen am Schmelzpunktmikroskop mit den verschiedensten Substanzen. In der Mitte, das runde strukturlose Objekt, das ist ein großer Flüssigkeitstropfen, der Deckglas und Objektträger berührt. Drum herum, das sind Kondensattröpfchen, die vermutlich am Deckglas (wo es am kältesten ist) hängen. Es ist ganz typisch, dass ihre Größe mit dem Abstand von der Verdunstungsquelle abnimmt; denn weiter draußen verdunsten sie auch ihrerseits wieder, wodurch sich ein gewisses Gleichgewicht zwischen Kommen und Gehen ergibt. Hätte der Beobachter etwas länger hingeschaut, dann hätte er hier und da die Fusion von Tröpfchen gesehen. So sind nämlich die großen Tropfen in der ersten Reihe entstanden.
Diese Erklärung leuchtet ein und wir bedanken uns bei Walter Vogt für die Richtigstellung und Veranschaulichung des Tatbestands.
Übrigens, das Titelbild von Heft 2 des laufenden Jahrgangs, um das es hier geht, ist durchaus ambivalent von der Leserschaft aufgenommen worden. Die Bandbreite der Äußerungen, die in der Redaktion eingingen, reicht von *Ein langweiliges Bild* bis hin zur Feststellung, dass dieses Titelblatt zu den ansprechendsten und ästhetischsten gehört, die in den letzten zehn Jahren erschienen sind. Wie sagten schon die alten Lateiner so richtig? *De gustibus disputandum non est* (Über Geschmack lässt sich nicht streiten).

Redaktion MIKROKOSMOS

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

Ärger als kreativer Impuls – Wie man dazu kommt, ein Mikroskop selbst zu bauen

Lothar Schwarz und Ingo Webeler

Am Anfang standen Ärger und Enttäuschung über ein Schülermikroskop von einem großen deutschen Versandhaus. Dieses Gerät zeigte deutlich den Unterschied zwischen billig und preiswert und eignete sich bestenfalls dazu, einem Schüler die Freude am Mikroskopieren zu nehmen oder gar im Keime zu ersticken.

Aus der Empörung heraus, dass man gerade Schülern so etwas zumutet, reifte der Gedanke, mit einfachen Mitteln ein Mikroskop selbst zu bauen, das wirkliche Seherlebnisse vermittelt.

Tubus, Objektive und Okulare

Die Arbeit begann mit der Suche nach Objektiven, Okularen und Spiegeln – den wichtigsten Bauteilen überhaupt – auf Flohmärkten und Fotobörsen. Diese Suche war nicht ohne Reiz. Eine Lupe half hier, die Spreu vom Weizen zu trennen. Es gelang Spiegel, Achromate mit den Vergrößerungen 6×, 10×, 20× und 40×, sowie Phasenobjektive von Zeiss/Jena 10×, 20× und 40× in gutem Zustand zu erwerben. Dazu kamen passende Okulare mit 5-, 10- und 15-facher Vergrößerung. Damit waren die wichtigsten optischen Voraussetzungen erfüllt.
Das Tubusrohr – zunächst aus Kunststoff, dann aber aus Metall gefertigt – lieferte der Baumarkt. Die mechanische Tubuslänge von 160 mm wurde passend abgeschnitten und das Rohr an den Enden so weit aufgedreht, dass am oberen Ende ein Okular eingesteckt und am unteren ein Gewindering zur Aufnahme des Objektivs mit Zweikomponentenkleber eingeklebt werden konnte. Damit war die Optik einschließlich Objektivwechsel(-möglichkeit) schon gegeben, nur der Kondensor musste noch folgen.

Stativ, Fuß und Objekttisch

Im nächsten Schritt wurden Stativ und Fuß aus Holz gebaut. Dazu gibt es in Tischlereien Abfallstücke, zum Beispiel mehrfach verleimtes Buchenholz vom Treppenbau, 42 mm stark. Die Gesamtabmessungen ergeben sich aus der mechanischen Tubuslänge. Wie die Abbildungen zeigen, werden Stativarm und Tubusaufnahme mit einer Dekupier- oder Bandsäge aus dem Holzblock ausgeschnitten und mit dem Multidremel in Form gebracht. Die Tubusaufnahme erhielt einen dreifachen, mit Filz ausgekleideten Durchlass, sodass sich das Tubusrohr zur Grobeinstellung darin saugend verschieben lässt. Die Feststellung geschieht im Mittelteil mit einer Klemmschraube. Dieses Mittelteil ist zum Zwecke der Feineinstellung über eine 6 mm Messinggewindestange mit dem übrigen Stativ verbunden. An ihrem unteren Ende sitzen zwei mit einer Messingkappe verdeckte Kontermuttern, am oberen die zur Feineinstellung dienende Rändelmutter.
Das Stativ sitzt, um 90° kippbar, auf einem ebenfalls aus Holz gefertigten Hufeisenfuß, der auf seiner Unterseite ein Gewinde besitzt, um das Mikroskop später im Schränkchen sichern zu können. Der Objekttisch wird aus einer Aluminiumplatte (4 mm × 105 mm × 115 mm) ausgeschnitten.

Der Kondensor

Als Kondensor diente zunächst eine plankonvexe Linse aus einem Diabetrachter, die – eingesetzt in eine Messinghülse – mit ihrem Brennpunkt exakt in den verlängerten Strahlengang des Tubus eingesetzt wurde.
Diese einfache Kondensorversion war jedoch noch nicht zufrieden stellend. Für weitere Versuche gab die Fachliteratur mit Querschnitt-

© 2010 Carl Zeiss. Alle Rechte vorbehalten. http://www.zeiss.de/

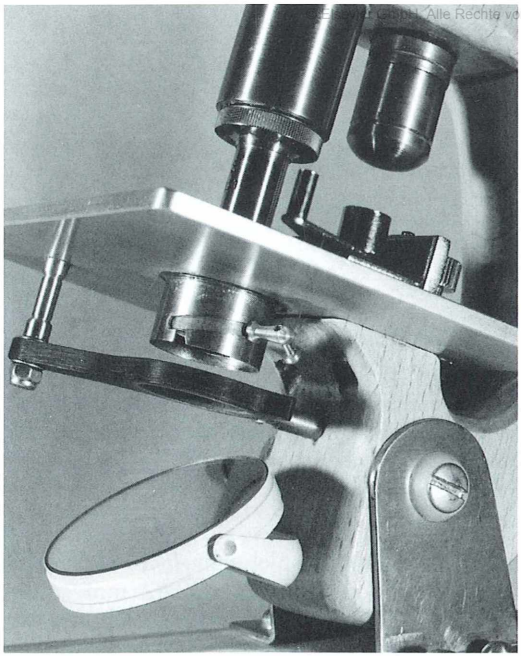


Abb. 1: Unter dem Objekttisch: Selbstbaukondensor durch Schrägschlitz höhenverstellbar, Filterhalter mit Anschlag.

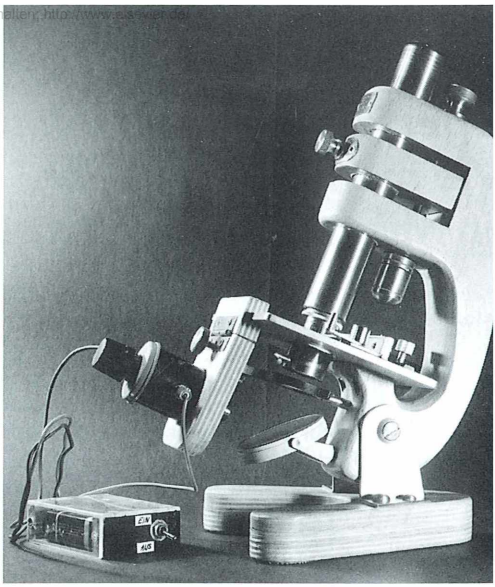


Abb. 2: LED-Beleuchtungseinrichtung am Mikroskop angesetzt.

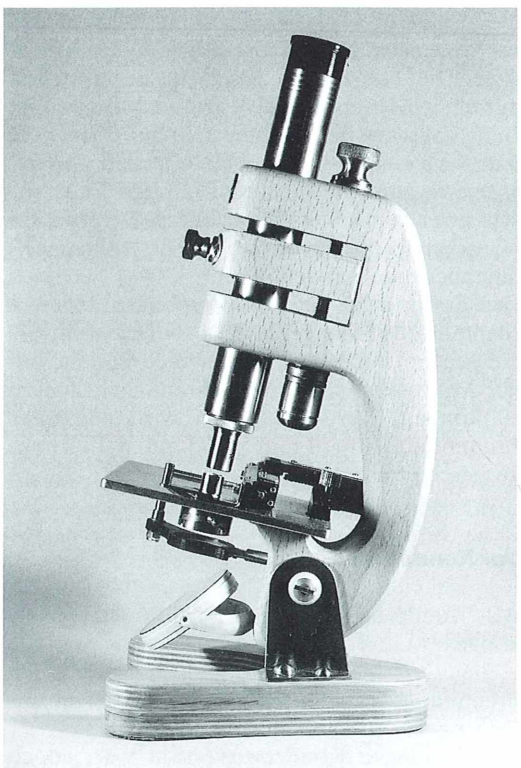


Abb. 3: Selbstbaumikroskop Seitenansicht.

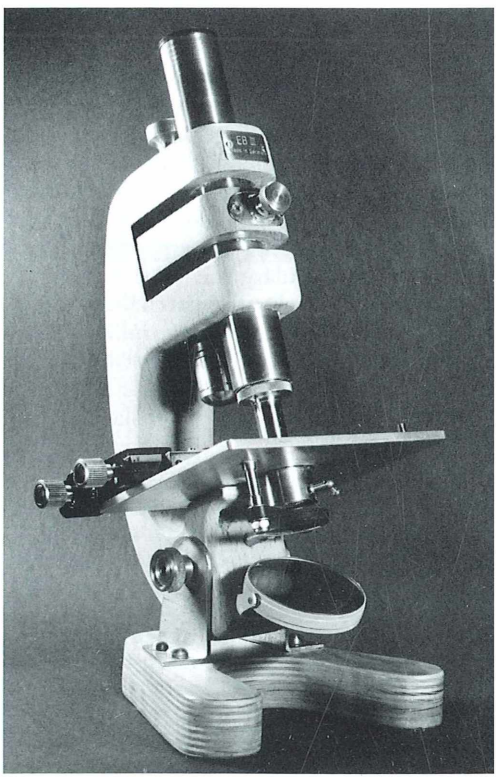


Abb. 4: Selbstbaumikroskop EB III, 3. Eigenbau.

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

zeichnungen gute Anleitungen. Einer von uns (I. W.) hatte schon Linsen aus Plexiglas hergestellt. So wurde aus einer 8 mm dicken Plexiglasplatte eine plankonvexe Linse mit starkem Krümmungsradius erstellt und – eingepasst in ein Messingrohr – auf der Drehbank (oder eingespannter Bohrmaschine) auf Hochglanz poliert. Diese Linse wurde dann mit einer zweiten, schwach plankonvexen Linse aus einem Diabetrachter in einer Messinghülse so kombiniert, dass die gewölbten Seiten einander zugekehrt waren. Diese mit Linsen bestückte Messinghülse wurde mit einem seitlichen Stellstift versehen in einen Messingrohrstutzen mit Schrägschlitz eingepasst und so unter den Objekttisch montiert, dass der Brennpunkt des Linsensystems exakt in der optischen Achse des Tubus liegt. Die Höhenverstellung dieses Selbstbau-Kondensors geschieht durch Verschieben des Stellstiftes im Schrägschlitz der Kondensorfassung. Ebenfalls unter den Tisch montiert ist ein ausklappbarer Filterhalter, der im Anschlag konzentrisch zur Kondensorfassung liegt (Abb.1).

Der Objektführer

Recht bald wurden die Federklammern (aus alten Relaisfedern) auf dem Objekttisch durch einen preiswerten Kreuztisch der Firma Phywe, Göttingen, ersetzt.

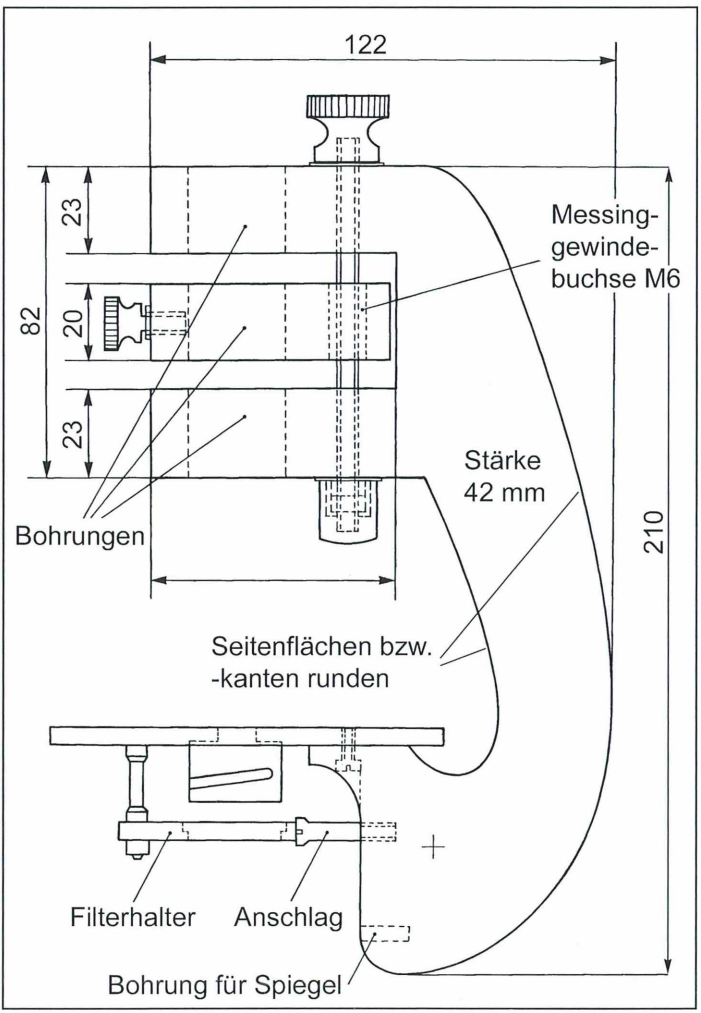


Abb. 5: Konstruktionsbauplan für den Stativrumpf des Selbstbaumikroskops. Der Durchmesser der Bohrungen muss dem verwendeten Tubusrohr entsprechen.

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

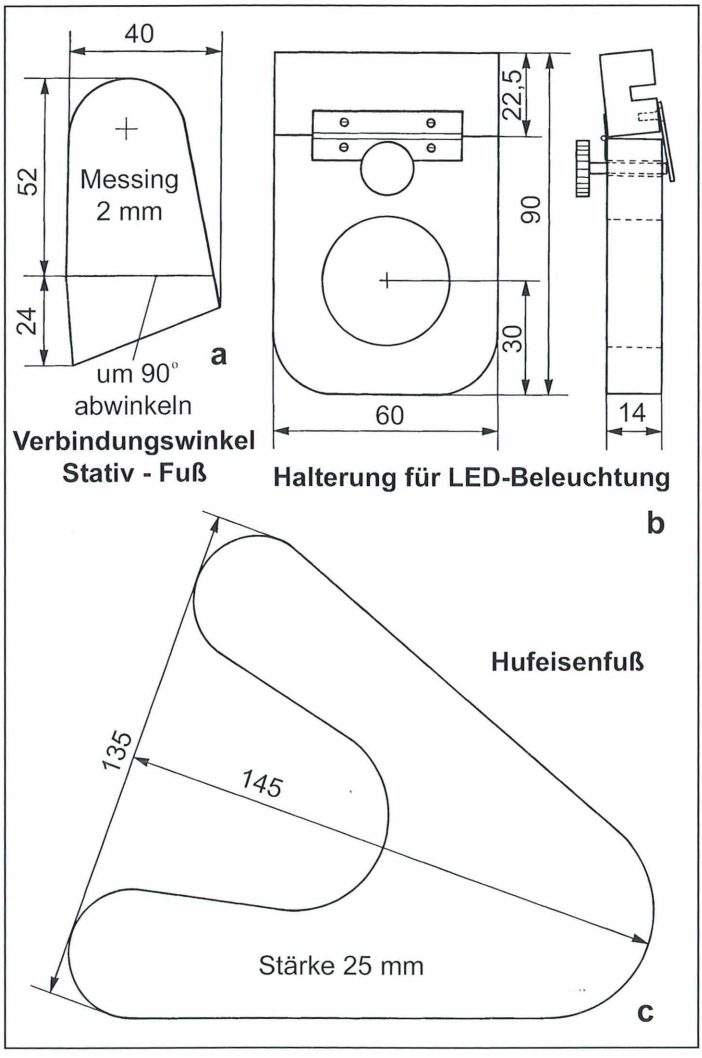


Abb. 6: Konstruktionsbaupläne für weitere Mikroskopteile: a für die zwei Verbindungswinkel vom Stativ zum Fuß; b der Halterung für die LED-Beleuchtung, die am Tisch ansteckbar und im Winkel verstellbar ist. Der Lochdurchmesser muss so gewählt werden, dass – mit Filzstreifen ausgekleidet – die Filmdose mit der LED verrutschsicher eingesteckt werden kann; c Fuß des Selbstbaumikroskops.

Die Beleuchtung

Zur Beleuchtung des Selbstbau-Mikroskops dient eine Leuchtdiode (LED) mit Sammellinse, wie von Herrn Göke im Mikrokosmos beschrieben. Diese ist zusammen mit dem Vorwiderstand in eine schwarze Filmdose eingebaut, in deren Deckel ein Drehpotentiometer von 5 kOhm zur Helligkeitsregulierung eingesetzt ist. Den Strom liefert ein 9 Volt-Block in einem gesonderten Kästchen mit Schalter und Kabelverbindungen (Märklin-Stecker). Diese LED-Leuchte sitzt in einer am vorderen Tischrand aufgesteckten und mit Scharnier und Stellschraube versehenen Holzplatte, die auch abnehmbar ist. Sie wirft ihr Licht auf den Mikroskopspiegel. Die Lichtführung ist gut justierbar (Abb. 2). Diese Beleuchtung reicht aus für alle Betrachtungen im Hellfeld, Dunkelfeld, Phasenkontrast und im polarisierten Licht.

Damit war das erste Selbstbau-Mikroskop fertig gestellt. Es funktioniert zur vollen Zufriedenheit (Abb. 3 und 4). Ausführliche Konstruktionszeichnungen (Abb. 5 und 6) erleichtern einen Nachbau. In einem weiteren Beitrag soll die Anwendung der Selbstbau-Mikroskope beschrieben werden.

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

Dank

Herrn Dr. Manfred Tauscher, Mikroskopische AG Hannover, danken wir für die Anregung zur Veröffentlichung unserer Arbeit, sowie für sein fachliches Urteil.

Literaturhinweise

Gerlach, D.: Das Lichtmikroskop. 2. Aufl., Georg Thieme-Verlag, Stuttgart 1985.
Göke, G.: Moderne Methoden der Lichtmikroskopie. Frankh'-Verlagshandlung, Stuttgart 1988.
Göke, G.: Leuchtdioden (LEDs) als Lichtquellen für die Mikroskopie. Mikrokosmos *89*, 33–37 (2000).

Verfasser: Lothar Schwarz, Im Katthagen 27, D-31061 Alfeld, und Ingo Webeler, Unterer Bergweg 9, D-31061 Alfeld

Nachricht

Wolfgang M. Richter wird 75 und die BONITO 50 Jahre alt

Vor fast 50 Jahren wurde die Arbeitsgemeinschaft BONITO gegründet und unser Jubilar Wolfgang M. Richter (Abb. 1), der am 19. April 2004 seinen 75. Geburtstag feierte, gehörte zu den Gründungsmitgliedern. Wie kaum ein anderer hat sich der Diplombiologe für die Ziele der BONITO eingesetzt, nämlich *Umwelt- und Heimatforschung für den Umweltschutz* zu betreiben. Seit nunmehr fast fünf Dekaden ist er als wissenschaftlicher Leiter dieser ehrenamtlichen Arbeitsgemeinschaft tätig. Er, der ursprünglich aus dem Tauchsport kam, war der Motor, sich auf die Limnologie zu konzentrieren und beispielsweise wissenschaftliche Langzeitbeobachtungen zum Sauerstoffhaushalt der Gewässer der Feldberger Seenlandschaft, Mecklenburg, durchzuführen, was zu DDR-Zeiten sicherlich nicht überall uneingeschränkte Begeisterung hervorgerufen hat. Denn Wolfgang Richter – und mit ihm die BONITO – blieb nicht im Elfenbeinturm der Wissenschaft sitzen, sondern trat mit den erarbeiteten Ergebnissen in Form von Flugblättern wie beispielsweise *Totenschein für oligotrophe Seen?* oder *Rettet die Seen des Luftkurortes Feldberg* an die Öffentlichkeit. Das passte damals nicht ins System. Die Herausgabe von zehn Lieferungen des kritischen LUZIN-REPORTS in den 70er Jahren war auch nicht gerade dazu angetan, höheren Ortes Sympathiebekundungen auszulösen. Das hinderte die Arbeitsgemeinschaft allerdings nie daran, unbeirrt weiterzumachen und den Finger in die Wunde zu legen.

Wolfgang Richter und mit ihm die BONITO blieben unermüdlich aktiv, bis in unsere Tage, wie wir immer wieder in MIKROKOSMOS-Artikeln nachlesen können. Derzeitig ist Wolfgang M. Richter übrigens damit beschäftigt, die den besagten Zeitraum von 50 Jahren umspannende Aktivität der BONITO archivarisch aufzuarbeiten und somit für die Zukunft zu bewahren. Wir wünschen ihm dabei viel Ausdauer und für seine Zukunft alles Gute!

Abb. 1: Die MIKROKOMOS-Redaktion gratuliert Wolfgang M. Richter, wissenschaftlicher Leiter der BONITO, zum 75. Geburtstag.

Redaktion MIKROKOSMOS

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

Kurze Mitteilung

Polarisierte Geschlechtszellen bei den Angiospermen

Jeder männliche Gametophyt (Pollenkorn oder Pollenschlauch) einer bedecktsamigen Pflanze (Angiosperme) liefert zwei Spermazellen für die doppelte Befruchtung: 1. Befruchtung der Eizelle, was zur Bildung des diploiden Embryos führt und 2. für die Fusion mit der Zentralzelle, wodurch das triploide Endosperm gebildet wird. Während der Pollenentwicklung (Abb. 1) wird die Mikrospore durch eine Mitose geteilt, sodass eine große, vegetative Zelle (VZ) und eine kleinere, generative Zelle (GZ) entstehen. Die generative Zelle teilt sich nochmals mitotisch, sodass die beiden Spermazellen gebildet werden, die dann an den Befruchtungsvorgängen teilnehmen. Etwa 70% der angiospermen Pflanzen enthalten zwei Zellen im Pollenkorn, während die übrigen drei Zellen enthalten. Diese beiden Typen werden bizellulär beziehungsweise trizellulär genannt. Im bizellulären Typ erfolgt die 2. Teilung im Pollenschlauch nach der Pollenkeimung, während beim trizellulären Typ die Pollenmitose und die Bildung der Spermazellen bereits im Pollenkorn vor der Anthese (Blütenentfaltung) vollendet ist.

Die beiden Spermazellen haben verschiedene Aufgaben, nämlich die Embryobildung beziehungsweise die Bildung des Nährgewebes (Endosperm). Man hat lange Zeit gedacht, dass die beiden Spermazellen gleich in Aufbau und Funktion sind. Erst die elektronenmikroskopische Analyse hat gezeigt, dass die Spermazellen ungleich sind, sich also in Form und Größe, aber vor allem im Gehalt an Organellen unterscheiden. Zunächst war nur bei *Plumbago zeylanica* (Ceylonesische Bleiwurz) deutlich, dass wir es mit einem Paar von dimorphen Spermazellen zu tun haben. Diese haben dann auch noch bevorzugte Funktionen: Die Plastiden-reiche Spermazelle fusioniert mit der Eizelle, während die Mitochondrien-reiche Spermazelle mit dem vegetativen Kern verschmilzt. Die unterschiedlichen Spermazellen haben also verschiedene

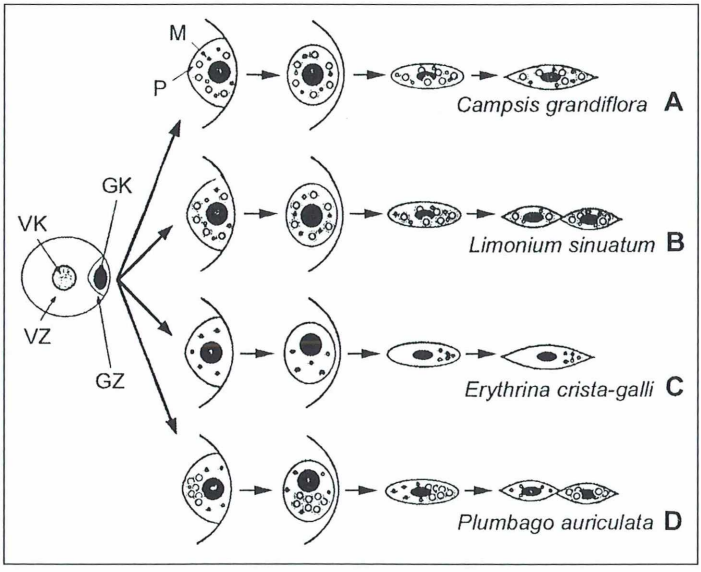


Abb. 1: Schematische Darstellung der Pollenentwicklung bei einigen Angiospermen-Arten.
A Klettertrompete *(Campsis grandiflora)*, Familie Bignoniaceae. B Meerlavendel, Familie Plumbaginaceae. C Hahnenkamm, Korallenstrauch, Familie Leguminosae. D Kap-Bleiwurz. Familie Plumbaginaceae. Entwicklung (von links nach rechts): In der vegetativen Zelle (VZ) des Pollenkornes mit dem zentral liegenden, kugeligen, vegetativen Kern (VK) liegt asymmetrisch an der Pollenwand die generative Zelle (GZ) mit dem generativen Kern (GK). In der generativen Zelle befinden sich Organellen, welche Nukleotide (Bausteine von Nukleinsäuren) enthalten: Plastiden (P) und Mitochondrien (M). In den generativen beziehungsweise Spermazellen sind die großen Ellipsen Plastiden-Nukleotid-haltige, die kleinen Ellipsen dagegen die Mitochondrion-Nukleotid-haltigen Organellen (nach Saito et al., 2002).

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

Zielzellen für die Befruchtung. Dabei scheinen die Synergiden eine wichtige Rolle zu spielen.
Da man solche Organellen, die DNA enthalten, im Epifluoreszenzmikroskop mit Hilfe von DNA-spezifischen Fluorochromen (DAPI) im mikroskopischen Bild verfolgen kann, haben japanische Untersucher in einer großen Anzahl von angiospermen Pflanzen die gerichtete Verteilung der DNA-haltigen Organellen (Mitochondrien, Plastiden) verfolgt. Dabei ergab sich, dass Spermazellen, die im Hinblick auf die DNA-enthaltenden Organellen dimorph sind, einer polarisierten Verteilung derselben in der Spermazelle oder der generativen Zelle unterliegen. Dimorphe Spermazellen werden also nicht nur in *Plumbago* erzeugt, sondern auch in anderen, nicht miteinander verwandten Pflanzenfamilien (Abb. 1). In Pflanzenarten mit einer spezifischen Polarisation der generativen Zelle beziehungsweise der Spermazellenpaare, erfolgt die Polarisierung in einem frühen Stadium der Entwicklung der generativen Zelle, sobald sich diese abrundet und von der Pollenwand löst. Die Folge ist, dass die Verteilung der DNA-enthaltenden Organellen in den Spermazellen bereits während der frühen Entwicklung der generativen Zelle erfolgt ist. Dabei kann man, je nach Pflanzenart, von einer schwachen Polarisation (Abb. 1, A, B) oder einer starken oder strikten Polarisation (Abb. 1, C, D) sprechen. Beide Typen der Polarisation können gleichzeitig in einer Anthere vorkommen.

Literaturhinweis

Saito, C., Nagata, N., Sakai, A., Mori, K., Kuroiwa, H., Kuroiwa, T.: Angiosperm species that produce sperm cell pairs or generative cells with polarized distribution of DNA-containing organelles. Sexual Plant Reproduction *15*, 167–178 (2002).

H. F. Linskens, Nijmegen

Buchbesprechung

Debus-Spangenberg, I.: Karriereführer für Biowissenschaftler: Beschäftigungsfelder, Arbeitgeberwünsche, Crashkurs Bewerben. WILEY-VCH, Weinheim 2004, 299 Seiten, gebunden, € 24,90, ISBN-3-527-50086-3.

Und danach? Es gibt wohl kaum einen angehenden Biowissenschaftler, der sich diese Frage noch nicht gestellt hat. Leider ist diese Frage nur allzu berechtigt und die wenigsten können sie sich selbst so richtig beantworten. Das Berufsbild eines Biologen ist vielfältig. Nur in den seltensten Fällen weiß ein Biologiestudent, sei es im ersten Semester oder auch während der Diplomarbeit, was er denn eigentlich später machen möchte und vor allem kann. Der Karriereführer für Biowissenschaftler deckt diesbezüglich eine lang herrschende Marktlücke. Das Buch gibt Biowissenschaftlern einen Überblick über klassische und neue Berufswege, wobei immer die Vorraussetzungen und Chancen für diesen Weg aufgezeigt werden. Durch die Erfahrungsberichte von mehr als 15 Biowissenschaftlern werden die Darstellungen der möglichen Tätigkeitsfelder ausgesprochen lebendig. Gleichzeitig werden zahlreiche Adressen und Internet-Links aufgelistet, die eine hervorragende Basis für weitere Informationen und für die konkrete Suche nach Stellenangeboten bieten. Detaillierte Hinweise zu verschiedenen Firmen, Praktikumsmöglichkeiten oder anderen wichtigen Informationen sind durch grau unterlegte Kästen hervorgehoben. Dieses Buch ist sehr gut recherchiert und hat nichts mit den staubigen Arbeitsmarkt-Informationen des Arbeitsamtes gemein. Sehr interessant sind auch die Arbeitgeberwünsche, wobei hier allerdings ausschließlich die Industrie zu Wort kommt. Das letzte Drittel des Buches beschäftigt sich mit der Bewerbung. Dabei unterscheidet sich dieser Abschnitt grundsätzlich nicht wesentlich von gängigen Ratgebern zu Bewerbungsfragen. Da es hier ausschließlich um das Bewerbungsprozedere von naturwissenschaftlichen Akademikern geht, enthält dieser Teil jedoch den einen oder anderen nützlichen Tipp was beispielsweise die Darstellung von Publikationen und aktuellen Projekten in den Bewerbungsunterlagen angeht. Der Karriereführer sollte jedem Absolventen, Berufswechsler und vor allem Studierenden im Grundstudium ans Herz gelegt werden. Das Buch trägt zu einer frühzeitigen Klärung von eigenen Wünschen beziehungsweise Zielen bei und stellt mögliche Tätigkeitsfelder anschaulich dar.
Und danach? – Vieles ist möglich: Lektor, Forensiker, Lehrer, Gutachter, Berater, Professor, Zoopädagoge … Dieses Buch stellt Wege und Chancen sehr schön dar! Doreen Baumberg, Berlin

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

Mikro - Kids

Die Seerose

Lutz Hartmann

Beim letzten Mal haben wir uns die Löwenzahn-Pflanze, speziell ihre Blüte genauer angeschaut. Dieses Mal ist es wieder eine Pflanze, die uns interessieren soll, die aber nicht auf trockenem Boden steht, sondern beispielsweise in Teichen zu finden ist: Die Seerose oder Teichrose (Abb. 1).

Wie kommen wir nun zu einer Seerose? Eins vorweg: Die stehen ganz streng unter Naturschutz. Also bleibt nur der Gartenteich oder das Gartencenter. Für unsere Untersuchungen benötigen wir ein Blatt mit dem Stängel einer Seerose. Beim Abschneiden sollte man sich ruhig helfen lassen. Wir wollen ja mikroskopieren und nicht unfreiwillig schwimmen!

Der Stängel kann gerne etwas länger sein. Wir säubern zunächst das Stängelende, dann legen wir das Blatt ins Wasser und blasen in den Stängel rein. Wer hätte das gedacht? Am Blatt fängt es plötzlich an zu blubbern, es steigen Luftbläschen auf. Es muss also eine durchgängige Leitung vom Stängel bis hin zu den Blättern bestehen.

Die Frage die sich nun stellt, ist klar. Es ist übrigens die Frage, die bei allen Forschern am Anfang steht. Sie besteht aus einem Wort und lautet *warum*? Nun, wir wollen versuchen die Frage zu beantworten.

Wir nehmen jetzt den Stängel, legen ihn auf ein Brett, nehmen ein Messer oder bitten Vater oder Mutter zu helfen, und schneiden mehrere dünne Scheibchen vom Stängel ab (genau quer zum Stängel). Das kann man vorher mit einer Gurke üben und versuchen ganz dünne Scheiben abzuschneiden, die man anschließend natürlich aufessen kann.

Diese Scheiben nennt man Querschnitte. Ob Gurke oder Stängel ist ganz egal. Nur die Übung macht den Meister. Dabei sollte man den Fingernagel möglichst nahe an die zu schneidende Stelle bringen, dann schneidet man hinter dem Fingernagel den Stängel durch. Anschließend zieht man den Fingernagel ein kleines Stück weiter und das Spiel beginnt von vorn. Also ruhig einige Versuche unternehmen. Die dünnste Scheibe untersuchen wir dann.

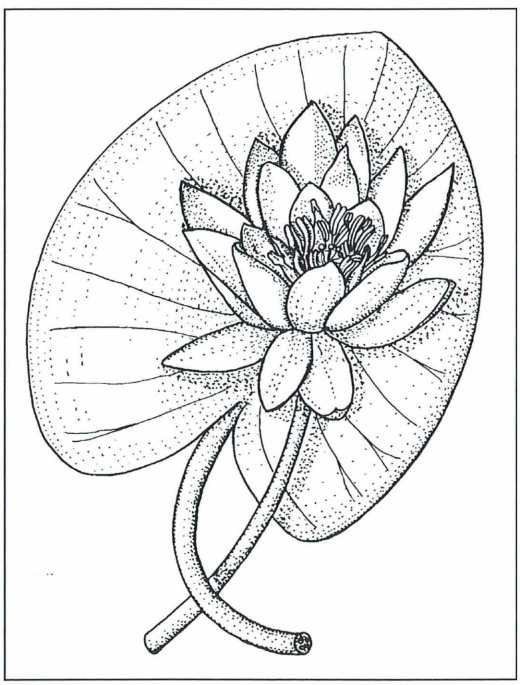


Abb. 1: Schwimmblatt und Blüte der Seerose (aus Strasburger, 1978).

Bei unserem Seerosenstängel ist es nicht ganz so wichtig ein superwinziges Scheibchen zu schneiden. Was wir uns ansehen wollen, kann man auch dann erkennen, wenn das Scheibchen höchstens einen Millimeter dick ist.

Bevor wir mit unserem Mikroskop loslegen, schauen wir uns den Stängel auch mal an der Schnittstelle mit einer Lupe an. Jetzt kommen wir nämlich der Lösung unserer Frage, warum es an der Blättern blubberte, wesentlich näher. Durch den Stängel führen kleine Luftkanäle.

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

Hierdurch sind alle Stängel und Blätter miteinander verbunden.

Mikroskopieren des Stängelquerschnittes

Jetzt nehmen wir unseren Stängelquerschnitt, legen ihn mit einer Pinzette auf einen Objektträger und bedecken ihn mit einem kleinen Tropfen Wasser aus einer Pipette. Jetzt sehen wir bei einer schwachen Vergrößerung (4fach oder 5fach Objektiv) ganz genau, warum Luft an der Blattoberseite herauskam. Im Stängel befinden sich die bereits mit der Lupe erkannten Luftleitungen (Abb. 2). Diese sind im Vergleich zur Dicke des Stängels ziemlich groß. In den kleinen Luftkanälen erkennen wir feine, sternförmig angeordnete Haare. Wenn man noch genauer hinschaut, nämlich mit einem stärker vergrößernden Objektiv, sehen wir, dass die Oberfläche dieser Haare rau ist. In die Oberfläche dieser Haare sind kleine Kristalle eingelagert. Die Aufgabe dieser sternförmig angeordneten Haare ist bis jetzt noch nicht genau geklärt. Diese Luftröhren dienen nicht dazu – wir haben es uns sicher schon gedacht – dass wir Luft durchpusten können, sondern dem Gasaustausch der Pflanzenteile.

Seerosenblatt

Schauen wir uns nun das Blatt mal genauer an, denn irgendwo muss doch unsere hinein geblasene Luft herausgekommen sein. Hierzu schneiden wir aus dem Blatt ein kleines Teil heraus. Das darf nur nicht zu groß sein. Das Blattstückchen legen wir mit der Oberseite nach oben auf einen Objektträger, denn da war die Luft herausgekommen. Darauf kommt wieder ein Tropfen Wasser. Jetzt schwenken wir das nächst größere Objektiv ein.

Irgendwelche Löcher sehen wir nicht, dafür aber merkwürdige kleine ovale Kreise. In deren Mitte befindet sich ein kleiner Strich. Was wir hier sehen, bezeichnen die Botaniker als Spaltöffnung. Klar, der Spalt ist der kleine schwarze Strich. Das Ganze funktioniert wie ein Ventil beim Fahrrad. Wenn ein Überdruck herrscht (hineinblasen in unserem Fall), öffnet sich der Spalt und die Luft kann herauskommen. Umgekehrt geht es natürlich auch. Eine Pflanze nimmt Kohlendioxid und Wasser auf und gibt dafür wieder Sauerstoff an seine Umgebung ab. Bei vielen Blättern befinden sich die Spaltöffnungen an der Blattunterseite. Bei Seerosen wäre das jedoch nicht sinnvoll, denn unter Wasser kann die Pflanze nicht „atmen".

Da sage man noch Mikroskopieren ist langweilig. Mit Hilfe des Mikroskops konnten wir das Rätsel lösen. Aber glaubt nicht, dass das alles wäre. Es gibt noch viele Geheimnisse in der Natur. Da fällt mir gerade die Frage ein, warum ein Seerosenblatt überhaupt oben schwimmt. Das scheint mir aber ein neues Thema zu sein.

Verfasser: Lutz Hartmann, Brandtstr. 8, D-13467 Berlin

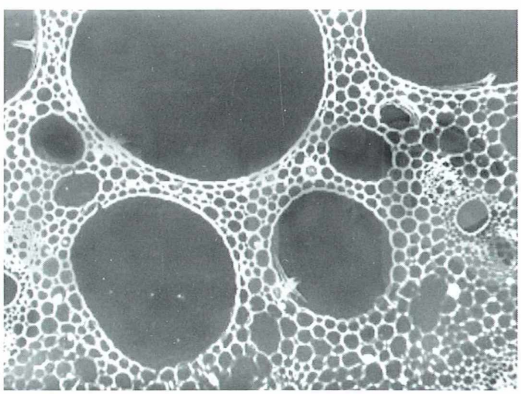


Abb. 2: Im Querschnitt durch den Seerosenstängel erkennt man die großen Luftleitungsröhren.

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

Buchbesprechungen

Beug, H.-J.: Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München 2004, 542 Seiten, 120 Tafeln, 29 Abbildungen und 13 Tabellen, " 90,00, ISBN 3-89937-043-0.

Den ersten Anlauf zu seinem umfassenden Werk nahm Hans-Jürgen Beug, Professor em. für Palynologie an der Universität Göttingen und Direktor des Instituts für Palynologie und Quartärwissenschaften, bereits 1961. Damals erschien bei Gustav Fischer unter demselben Titel die *Lieferung 1* mit 63 Seiten Umfang. Seitdem sind mehr als 40 Jahre vergangen, in denen die Fachwelt auf die Vorstellung des Werkes gewartet hat. Kann es auch das Steckenpferd der Liebhabermikroskopiker auf Trab bringen, die manche Zweige der Pollenkunde schon immer gereizt haben? Besonders in der angewandten Palynologie sind ihnen einige Gebiete leicht zugänglich: Honigpollenanalyse, Echtheitsprüfung von Drogen, Pollenanalyse: Vegetations- und Klima-Vorgeschichte (Hochmoore), Pollinosis (Allergien), Aeropalynologie. Selbst einige Zweige der Grundlagenforschung sind dem Hobbymikroskopiker nicht verschlossen. Zur intensiven Beschäftigung mit der Pollenkunde ist ein verlässlicher Bestimmungsschlüssel Voraussetzung. Beugs *Leitfaden* umfasst als erstes Bestimmungswerk die gesamte mitteleuropäische Flora einschließlich der Alpen. Auch wichtige Arten aus Süd-, West- und Nordeuropa sind einbezogen. Einleitend gibt Beug eine Anleitung zur Präparation und Fotografie der Pollen. Die Mannigfaltigkeit der Pollenformen hat der Verfasser in bewährter Weise in 31 Klassen eingeteilt, die im vierseitigen Schlüssel zeichnerisch dargestellt sind. Ein anderer Schlüssel mit Schemazeichnungen zeigt die typischen Skulpturformen. Das siebenseitige Glossar bietet weitere Hilfe. Den Abschluss bilden die zitierte Literatur mit drei, die Literatur über die Pflanzenfamilien mit 19 und das Register mit 28 Seiten. Der Hauptteil mit 465 Seiten besteht aus den umfassenden Bestimmungsschlüsseln für die Pollenklassen mit ausführlichen Beschreibungen der einzelnen Pollentypen, aufbauend auf den feinsten Strukturdetails der Pollenwand, bebildert mit circa 3000 Mikrofotografien bei meist 1000facher Vergrößerung, mit Zeichnungen und ergänzt mit Messreihen. Die überwiegende Mehrzahl der Pollenkörner bildet Beug in mehreren typischen Lagen oder Varianten ab. Die Bildlegenden bestehen aus Artname und Gesamtvergrößerung. Phasenkontrastaufnahmen sind als solche gekennzeichnet, DIK-Aufnahmen hingegen nicht. Die Aufnahmen selbst bestechen durch ihre hohe Qualität, die jahrelange mühevolle Fotoarbeit mit der Ölimmersion kann man sich lebhaft vorstellen.

Saubere Buchbinderarbeit mit sechsfacher Fadenheftung und der stabile Leineneinband gewährleisten Haltbarkeit. Aufgeschlagene Seiten bleiben liegen – wichtig, wenn beide Hände am Mikroskop sind. Das chlorfrei gebleichte, weiße Papier und die gestochen scharfen Schrifttypen ermöglichen das Lesen auch an einem dämmerigen mikroskopischen Arbeitsplatz.

Der Bildteil ist bei einem Bestimmungsbuch sehr wichtig. Das seidenmatt glänzende Papier unterdrückt Reflexe und erleichtert ebenfalls das Hantieren mit dem Buch. Der Druck der Fotos auf diesem Papier ist so gut gelungen, dass man das zusätzliche Quäntchen an Brillanz, welches Hochglanzpapier sonst bietet, kaum vermisst. Manche Bilder könnten jedoch durch etwas hellere Wiedergabe oder höheren Kontrast gewinnen, die mühelose Erkennbarkeit der feinen Strukturdetails dadurch noch verbessert werden. Der Preis des Buches ist angemessen, sein Gegenwert hoch: Es kann Grundlage, ja Voraussetzung für ein Jahre oder Jahrzehnte währendes, faszinierendes Hobby sein, das wegen der zahlreichen Verflechtungen der Pollenkunde mit anderen Wissensgebieten stets hochinteressant, facettenreich und anregend bleiben wird.

Ich habe noch keinen so vollständig-umfangreichen und gut bebilderten Pollenbestimmungsschlüssel in der Hand gehabt. Seiner Vollendung hat Beug seine ersten Jahre als Emeritus gewidmet. Dafür sei ihm gedankt.

Klaus Henkel, Dachau

Huebener, R.: Kristalle: Spielfeld der Elektronen. Von Halbleitern und Supraleitern. Wiley-VCH, Weinheim 2003, 162 Seiten, kartoniert, 162 Seiten, Schwarzweiß-Graphiken und -Fotos, " 29,90, ISBN 3-527-40431-7.

Der angesehene Physik-Professor Rudolf Huebener hat dieses Buch zur Festkörperphysik nicht nur für Fachleute geschrieben. Auch physikalisch interessierte Laien können den Erläuterungen recht gut folgen; auf mathematische Formeln wird weitgehend verzichtet. Elektronische Errungenschaften wie Computer, Mobiltelefone, Mikroelektronik, Fernsehen usw. sind heutzutage allgegenwärtig, die Kenntnisse der physikalischen Grundlagen und Zusammenhänge dagegen eher gering. Dieses möchte der Autor ändern. Er stellt beispielsweise die rasante Entwicklung in der Festkörperphysik dar, Gitterstrukturen und

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

Bewegung im Kristallgitter, elektrische Eigenschaften von Kristallen, Halbleiter, (Hochtemperatur-)Supraleiter, Elementarmagnete und Nanostrukturen. Auch der menschliche Aspekt kommt nicht zu kurz: Der Autor verknüpft die Entdeckungen und Entwicklungen eng mit den Wissenschaftlern, die dahinter stehen beziehungsweise standen. Eine zusätzliche Auflistung der Nobelpreisträger mit Bezug zur Festkörperphysik findet sich im Anhang. Für völlig physikalisch Unbedarfte ist das Buch trotz seiner Anschaulichkeit sicher nicht ganz einfach zu lesen, doch das eine oder andere Aha-Erlebnis zum Verständnis elektronischer Phänomene oder Geräte sind die Mühe wert.

Renate Radek, Berlin

Wenk, P., Renz, A.: Parasitologie, Biologie der Humanparasiten. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2003, 348 Seiten, 161 Abbildungen, 12 Tabellen, kartoniert, " 39,95, ISBN 3-13-135461-5.

Dieses neue Parasitologie-Buch der Autoren Wenk und Renz richtet sich bevorzugt an Studenten und Lehrende der Biologie, Mikrobiologie, Medizin und Veterinärmedizin. Es sei jedoch auch jenen empfohlen, welche die Tropen besuchen wollen und mehr als die Namen von Anti-Parasiten Medikamenten wissen möchten. Die bedeutsamen einzelligen Parasitosen (z.B. Malaria, Schlafkrankheit, Amöbenruhr), Wurminfektionen (z.B. Erreger der Flussblindheit, Bandwürmer, Leberegel, Spulwürmer) und auch bakterielle Erkrankungen (z.B. Rickettsiosen, Borreliosen, Pest) des Menschen werden gut verständlich und detailliert vorgestellt. Neben einer Beschreibung der Parasiten, ihrer Entwicklungszyklen und der hervorgerufenen Krankheitsbilder, wird auch insbesondere auf die vorbeugenden und bekämpfenden Maßnahmen eingegangen. Weiterhin werden ökologische Aspekte der Parasiten aufgegriffen: Populationsentwicklung, saisonale Variationen, Epidemiologie, Auseinandersetzung mit dem Immunsystem des Wirtes, spezielle Lebensbedingungen im Habitat usw. Hilfreich bei der Suche nach Parasiten sind die Beschreibungen der Morphologie des Habitates im Menschen als auch die anatomisch-morphologischen Ausführungen zu den Tierwirten, in denen Stadien dieser Humanparasiten zu finden sind. Präparationsanleitungen können teilweise über Seiten im Internet eingesehen werden. Zu jedem Kapitel werden zahlreiche Literaturhinweise zu grundlegenden oder weiterführenden Arbeiten gegeben. Fachwörter können bequem im Glossar nachgeschlagen werden.
Fotografische Abbildungen sind in diesem Buch nicht enthalten. Die Schemazeichnungen sind gut, lassen sich jedoch eher schlecht als Vorlage beispielsweise für die Lehre verwenden, da sie wenig kontrastreich (nämlich grau) und relativ stark gerastert sind. Auch einige orthografische Fehler hätten vermieden werden können. Alles in allem, liest sich das Parasitologie-Buch mit seinen vielen Fassetten aus dem Leben der Parasiten sehr gut und ist äußerst informativ.

Renate Radek, Berlin

Neufeldt, S.: Chronologie Chemie – Entdecker und Entdeckungen, 3. Auflage. WILEY-VCH, Weinheim 2003, 441 Seiten, gebunden, " 55,00, ISBN 3-627-29424-4.

Wer sich für die Historie der Naturwissenschaften begeistern kann und dann noch speziell an der Chemie interessiert ist, muss sich über diese dritte Auflage der *Chronologie Chemie* freuen. Beginnend mit 1800 bis hin zum Jahr 2000 werden alle für die Entwicklung des Fachs Chemie wichtigen Persönlichkeiten hinsichtlich ihrer jeweils speziellen Leistung mit Zitierung ihrer wichtigsten Original-Artikel gewürdigt. Hinzu kommen Hinweise auf von anderen Autoren verfasste Übersichtsartikel zum jeweiligen Thema. In dem folgenden Anhang werden unter anderem die Laureaten des Nobelpreises für Physik, Chemie und Medizin sowie die Träger des Ordens Pour le Mérite für Wissenschaft und Künste aufgelistet. Ein erfreulich umfang- und hilfreiches Register beschließt das Buch.

Thomas Gross, Heidelberg

Steinbüchel, A., Oppermann-Sanio, F. B.: Mikrobiologisches Praktikum. Springer-Verlag, Heidelberg 2003, 449 Seiten, 313 Abbildungen, mit CD-ROM, gebunden, " 39,95, ISBN 3-540-44383-5.

Ich gestehe: Ich hab darin geschmökert. Also Obacht! Wenn Sie gerade schnell mal ein neues mikrobiologisches Grund- oder Fortgeschrittenenpraktikum aufstellen müssen und nach einem Kochbuch suchen – es wird Ihnen am Ende vielleicht schwer fallen, sich für Ihre zehn Nachmittage zwischen Winogradsky-Zylinder, der gentechnischen Herstellung von Indigo (da können wir unsere Jeans ja selber färben!) und dem mikrobiellen Abbau von Kautschuk (sehen Sie sich Abb. 3.101 an: Keine Chance, dass sich das Buch in den USA verkauft) – oder doch lieber dem Ames-Test (Raucher mutieren), der Herstellung von Selbstbräunungscreme mit anschließendem Selbstversuch und der Anreicherung von Leuchtbakterien vom toten Fisch (aber Vorsicht: Der aus der Kantine tut's nicht) entscheiden. So bunt wie die Mikroben, die hier zum Einsatz kommen, ist das Spektrum an Praktikumsversuchen, das Steinbüchel und Oppermann-Sanio ausgewählt haben, um uns das mikrobiologische Handwerk, die Leistungen von Mikroben und ihr wirtschaftliches Potenzial erfahren zu lassen. Das reicht von Klas-

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

sikern wie der Isolierung von *E. coli* Phagen aus Abwasser über konzeptionell recht anspruchsvolle Versuche zu Stoffwechselleistungen bis hin zur Gentechnik. Die detaillierten Kochrezepte, stets knapp und informativ vor ihrem theoretischen Hintergrund eingeführt und mit Tabellen, Fotografien, Schemata, Literaturangaben und Kontrollfragen illustriert, werden eingerahmt von einer allgemeinen Einführung, die Mikroorganismen vorstellt und einen Überblick über Sicherheitsfragen gibt. Im Anhang, findet man Rezepte für Puffer und Medien und die Beschreibung grundlegender Methoden, aber auch Vorschläge für Exkursionen (Kläranlage, Brauerei ...) und Demonstrationen. Die Idee, dem Buch eine CD mit einigen Videos beizulegen (und bei dieser Gelegenheit auch alle Abbildungen noch einmal unterzubringen) ist prima, zumal die CD sowohl auf meinem alten iMac als auch auf einem XP-Windows läuft. Der Verzicht auf Farbe im Buch selbst ist sicher mit ein Hauptgrund für den, wie ich finde, erstaunlich anständigen Preis.

Wem wird man das *Mikrobiologische Praktikum* empfehlen? Klar, dass nicht jeder alles nachkochen (können) wird – für Versuche mit rekombinierten Organismen braucht es ein S1-Labor, für andere Experimente eine apparative Ausstattung, die man an Schulen zum Beispiel nicht zur Verfügung haben wird. Selbstverständlich ist das Buch eine gute Quelle von ausprobierten Versuchen, die sich bestens für Praktika an der Hochschule oder in der Ausbildung von Technikern in der Bio- oder Lebensmitteltechnologie eignen. Darüber hinaus würde ich es aber auch dem interessierten Biologielehrer ans Herz legen, zumal die Mikrobiologie in den Lehrplänen für die gymnasiale Oberstufe mehr als stiefmütterlich behandelt wird. Immerhin lebt die Biologie vom Experiment, und Steinbüchel/Oppermann-Sanio machen Lust darauf. Ruppert Mutzel, Berlin

Latscha, H. P., Kazmaier, U., Klein, H. A.: Chemie für Biologen. Springer Verlag, Berlin 2002, 717 Seiten, 170 Abbildungen, 58 Tabellen, kartoniert ¡ 29,95, ISBN 3-540-42932-8.

Zwar wurde die *Chemie für Biologen* insbesondere für Biologiestudenten konzipiert, doch bietet sie auch naturwissenschaftlich interessierten Laien, die etwas Ahnung von Chemie haben, gute Nachschlagemöglichkeiten. Interessant sind beispielsweise die Verwendungsmöglichkeiten von Stoffen im Alltag und Vorkommen und Eigenschaften von Naturstoffen. In drei Teilen (*Allgemeine Chemie, Anorganische Chemie, Grundwissen der organischen Chemie*) werden die Grundlagen der Chemie verständlich und für Biologen in angemessener Tiefe erläutert. So wird auch ein Einstieg in die Biochemie und Molekularbiologie erleichtert.

Renate Radek, Berlin

Zankl, H.: Fälscher, Schwindler, Scharlatane – Betrug in Forschung und Wissenschaft. WILEY-VCH, Weinheim 2003, 286 Seiten, gebunden, " 24,90, ISBN 3-527-30710-9.

Es hat etwas Reizvolles an sich, wenn man obigen Buchtitel liest. Man ist gespannt, was aufgedeckt wurde. Ja, irgendwie fühlt man sich fast als Voyeur. Denn wissenschaftliche Fälschungen und Betrügereien passieren zunächst irgendwie ganz im Verborgenen, bis dann ein Fachkundiger stutzig wird und nachhakt. Besonders prickelnd ist die Situation, wenn dann solch illustre Persönlichkeiten wie Galilei, Newton, Einstein, Haeckel oder Schliemann genannt werden. Die Lektüre des Buches scheint – zu Recht – vielversprechend!

Wilhelm Wagner, Essen

Schwedt, G.: Chemische Experimente in naturwissenschaftlich-technischen Museen. Farbige Feuer und feurige Farben. Wiley-VCH, Weinheim 2003, 216 Seiten, 69 Schwarzweiß-Abbildungen, broschiert, " 29,90, ISBN 3-527-30810-5.

Georg Schwedts Sachbücher zu chemischen Experimenten erfreuen sich größter Beliebtheit, was man bereits daran erkennen kann, dass noch drei weitere aktuelle Werke von ihm zu diesem Thema auf dem Markt sind. In diesem Buch nun bilden sieben naturwissenschaftlich-technische Museen den roten Faden, entlang dessen zahlreiche, meist leicht nachzukochende Experimente zu einem bestimmten Thema geschildert werden: Bergbaumuseum Weltkulturerbe Rammelsberg in Goslar (Erze, Pigmente, Schwarzpulver), Deutsches Erdölmuseum in Wietze (Erdölchemie, Arzneimittel), Deutsches Salzmuseum in Lüneburg (z.B. Kochsalz, Jodsalz, Badesalz), Deutsches Apothekermuseum in Heidelberg (z.B. Hirschhorn- und Bittersalz, Mineralwässer), Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim (Säuren, Tinte), Museum für Brotkultur in Ulm (z.B. Brot, Backen, Mehl), Fuhlrott-Museum und Forschungsinstitut in Wuppertal (Kalk, Naturfarbstoffe). Zu Beginn jeden Kapitels wird sowohl die Geschichte des speziellen Museums als auch die Geschichte des auszustellenden Themenbereiches vorgestellt wie beispielsweise die Geschichte des Erzbergbaus oder des Apothekenlabors von der Alchemie bis zur Neuzeit. Wissenschaftlich und Kulturinteressierte kommen hier auf ihre Kosten. Es folgen klare Beschreibungen (benötigte Materialien, Durchführung, Beobachtungen) von leicht durchzuführenden Experimenten und die zugehörigen Erläuterungen. Dieses Experimentierbuch führt auf unterhaltsame, spielerische Weise in die Welt der Chemie ein. Da der Autor insbe-

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

sondere darauf geachtet hat, keine gefährlichen Experimente vorzustellen, eignen sich die Versuche auch für Schulkinder beziehungsweise Versuche an Schulen. Vielleicht ist ja auch eines der vorgestellten Museen in Ihrer Nähe und Sie holen sich dort noch ein paar mehr Ideen.

Renate Radek, Berlin

Westheide, W., Rieger, R. (Hrsg.): Spezielle Zoologie, Teil 2: Wirbel- oder Schädeltiere. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2004, 712 Seiten, 650 Abbildungen, gebunden, " 79,95, ISBN 3-8274-0900-4; Paketausgabe Spezielle Zoologie Teil 1 und Teil 2: " 149,00, ISBN 3-6274-0998-5.

Nun ist er endlich nach fast endlos langem Warten verfügbar, der Teil 2 der *Speziellen Zoologie, Wirbel- oder Schädeltiere*, herausgegeben von Wilfried Westheide und Reinhard Rieger. Es würde zu weit führen, die um viele Jahre verzögerte Genese dieses zweiten Bandes der Speziellen Zoologie darzulegen. Die Problematik lässt sich vielleicht etwas erahnen, wenn man sieht, dass letztendlich 34 (!) Autoren an der Fertigstellung dieses Buchs beteiligt waren. Einen Sack Flöhe zu hüten dürfte verglichen mit der nun vorliegenden herausgeberischen Leistung eine Feierabendbeschäftigung gewesen sein.

Das Resultat ist natürlich beeindruckend. Auf 712 Seiten wird der aktuelle Stand des Wissens um die Wirbeltiere, pardon, Schädeltiere, in der Qualität dargelegt, die man angesichts des ersten Teils dieser Publikation hat erwarten dürfen. Die Inhaltsfülle ist überwältigend und dazu sehr aktuell.

Es sollte keiner besonderen Erwähnung bedürfen, dass dieser Band in die Bibliothek eines jeden zoologisch orientierten Biologen gehört. Für die, welche den ersten Teil dieses Buches bislang noch nicht ihr Eigen nennen, gibt es ein erfreulicherweise vom Verlag angebotenes preisliches Sonderangebot beim Bezug beider Bände. Angesichts der hohen Qualität dieses Buches oder, besser gesagt, dieser beiden Bücher, ist diesem Werk nicht nur eine weite Verbreitung im deutschen Sprachraum, sondern hoffentlich bald auch – in Form einer Übersetzung – im englischsprachigen Bereich gewünscht.

Klaus Hausmann, Berlin

Heldmaier, G., Neuweiler,G.: Vergleichende Tierphysiologie. Springer Verlag, Heidelberg 2003, Band 1 (779 Seiten, " 49,95, ISBN 3-540-44283-9) und Band 2 (506 Seiten, " 44,95, ISBN 3-540-00067-4).

Mit Erscheinen des zweiten Bandes sind nun beide Teile des Lehrbuchs zur *Vergleichenden Tierphysiologie* von Heldmaier und Neuweiler verfügbar. Band 1 deckt die Neuro- und Sinnesphysiologie ab, Band 2 die vegetative Physiologie. In diesen beiden Werken wird für Lernende – aber auch für Lehrende – der aktuelle Kenntnisstand zu einer ausgesprochen wichtigen biologischen Fachdisziplin anschaulich und nachvollziehbar zusammengestellt.

Thomas Gross, Heidelberg

Weidner, H., Sellenschlo, U.: Vorratsschädlinge und Hausungeziefer, 6. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003, 320 Seiten, zahlreiche Schemazeichnungen, gebunden, " 59,95, ISBN 3-8274-1439-3.

Es kommt in den besten Haushalten vor: Feine Gespinste im Müsli, kleine Motten in der Küche, Schädlinge an den Zimmerpflanzen, Käfer am Teppich usw. Mithilfe einer Lupe und des Bestimmungsbuches *Vorratsschädlinge und Hausungeziefer*, das nun in der bereits 6. Auflage erschienen ist, kann man die unerwünschten Gäste identifizieren und etwas über ihr Vorkommen in Erfahrung bringen. Zahlreiche Schemazeichnungen illustrieren und erleichtern die Bestimmung. Uwe Sellenschlo hat die Arbeit seines Lehrers Prof. Weidner überarbeitet und um neu eingeschleppte Arten erweitert. Für einen Schädlingsbekämpfer ist dieses Werk unentbehrlich. Dem MIKROKOSMOS-Leser mit dem ihm eigenen Forschergeist bietet es eine gute Möglichkeit, aus eigener Kraft die Identität von Schädlingen zu erkennen.

Renate Radek, Berlin

Cypionka, H.: Grundlagen der Mikrobiologie, 2. Auflage. Springer-Verlag, Heidelberg 2002, 289 Seiten, 111 Abbildungen, broschiert, " 19,95, ISBN 3-540-43641-3.

Wer anständig und mit vertretbarem Aufwand seine Vordiplomprüfung in Mikrobiologie schaffen will, der knöpfe sich den *Cypionka* vor, doch kann man ihn auch dem Oberstufenlehrer empfehlen, der ab und zu etwas Mikrobiologie in seinen Leistungskurs schmuggeln möchte (wie blass erscheint das hitzeresistente Dromedar neben *Pyrococcus furiosus*!). Das Buch ist sehr sauber gemacht und es vermittelt knapp und übersichtlich das Grundwissen in Mikrobiologie, von Viren und Phagen bis zu technischen Anwendungen – kurz, es ist ein idealer Begleiter für den *Grundkurs Mikrobiologie*. Ich schätze besonders die einfachen Abbildungen, die es erlauben, den Stoff sehr schnell durchzuscannen und die den Text wirklich sinnvoll illustrieren (Klausurvorbereitung unter Zeitdruck!). Nützlich auch das Glossar am jeweiligen Kapitelende und der Fragenkatalog. Für unter zwanzig Euro eine ganze Menge gute Mikrobiologie.

Rupert Mutzel, Berlin

Hinweise für Autoren

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

1. Der MIKROKOSMOS veröffentlicht Aufsätze, Übersichtsbeiträge, Kurzmitteilungen, Hinweise auf interessante neue Arbeitsverfahren oder Präparationsanleitungen sowie technische Innovationen aus allen Teilbereichen der Mikroskopie.

2. Die Redaktion bittet, Manuskripte grundsätzlich nur auf einseitig beschriebenen, fortlaufend nummerierten DIN A4-Bögen einzureichen. Jede Manuskriptseite sollte mit doppeltem Zeilenabstand beschrieben werden. Der Text sollte durch Zwischenüberschriften untergliedert werden. Am Ende des Manuskriptes steht die vollständige Autorenadresse. Soweit möglich sollten die Manuskripte zusätzlich zur Hardcopy als 3,5″-Diskette (kein Macintosh) ohne Formatierung als Word-Dokument eingereicht werden.

3. Tabellen und Bildlegenden (beide jeweils fortlaufend nummerieren) bitte nicht in den Haupttext einbauen, sondern als Anhang auf eigene Manuskriptseiten schreiben. Alle Abbildungen fortlaufend im Text zitieren und Abbildungen gesondert beifügen.

4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos sowie druckfertige Strichzeichnungen und Graphiken. Elektronische Abbildungen nur als Tiff-Dateien (300 dpi) auf CD-R (bis 700 MB) einreichen; bitte keine CD-RWs oder DVDs verwenden. Alle Materialien namentlich kennzeichnen. Auf den Originalabbildungen keine Beschriftungen vornehmen, sondern nur auf Kopien oder durchscheinenden Deckblättern. Vergrößerungen von Mikrofotos sollten erst anhand der Bildandrucke berechnet werden, die vor Drucklegung zusammen mit den Korrekturandrucken der Artikel den Autoren zugeschickt werden. Die Bilder werden in drei verschiedenen Breiten (1-spaltig, 1,5-spaltig, 2-spaltig) 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.: *Vampyrella* parasitiert *Endorina elegans*. Mikrokosmos *92*, 1–6 (2003).

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

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

7. Jeder Autor erhält von seinem Beitrag vor dem Druck einen Andruck zum Gegenlesen. Korrekturen müssen sich auf Satzfehler beschränken. Umfangreiche Textnachträge oder Umstellungen sind aus Kostengründen nicht möglich.

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

9. Der Verlag honoriert jede Druckseite mit € 30,00 und Farbmikrofotos, die auf der Titelseite erscheinen, mit € 60,00.

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

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

Mikrokosmos
3/2004 1 (6)

510543
Bibliothek des OÖ.
Landesmuseums

Museumstraße 14
4020 Linz

300229

soluten Sparpreis!!

t vom Original-Verlag

n der Optik jetzt als Sonderausgabe!

Die Sonderausgabe des *Lexikon der Optik* sorgt in zwei handlichen Bänden für einen ebenso aktuellen wie umfassenden Überblick über sämtliche Teildisziplinen der Wissenschaft von Licht und Wahrnehmung. Es verbindet die physikalischen Grundlagen der Optik und der klassischen Theorie der optischen Abbildung mit den modernen Disziplinen wie Quanten- und nichtlineare Optik, optische Nachrichtenübertragung, Bildverarbeitung und -speicherung, Mikrooptik und Lasermedizin.

- 2003, 2 Bde., ca. 400 S. pro Bd., kartoniert – insgesamt: ca. 3.200 Stichwörter, 600 Abb. und 5.000 Formeln
- Gesamtausgabe Buch: € 49,95, ISBN 3-8274-1422-9

Webinfo
Ausführliche Infos unter:
www.elsevier-deutschland.de/artikel/675176

gibt in drei Bänden und auf CD-ROM einen umfassenden Überblick über das Spektrum der modernen Biologie. Dank der allgemein verständlich gehaltenen Darstellung ist das Lexikon für Studenten im Grundstudium sowie Leistungskurs-Schüler, insbesondere aber auch für biologisch interessierte Laien eine ausgezeichnete Hilfe zur Beantwortung von Fragen und ein Anreiz, tiefer in die faszinierende Welt der Biologie einzudringen: von der Systematik der verschiedenen Organismengruppen, ihren Bauplänen und ihrer Lebensweise bis hin zu brandaktuellen Entwicklungen aus den Bereichen Bio- und Gentechnologie.

- 2002, 3 Bde., ca. 500 S. pro Bd., geb. – insgesamt: ca. 15.000 Stichwörter, rund 1.000 Abb. und Tab., 20 Essays und Methodenseiten
- Gesamtausgabe Buch: € 99,95, ISBN 3-8274-0992-6
- Gesamtausgabe CD-ROM: € 99,95, ISBN 3-8274-1140-8
- Gesamtausg. Buch + CD-ROM: € 149,–, ISBN 3-8274-1141-6

Webinfo
Ausführliche Infos unter:
www.elsevier-deutschland.de/artikel/674775

Lexikon der Biochemie – kompakt und preiswert!

In rund 6.000 Stichwörtern vermittelt das zweibändige *Lexikon der Biochemie* biochemisches Grundwissen ebenso wie neueste Forschungsergebnisse der Molekularbiologie. Über 130 Tabellen sorgen für einen schnellen Überblick, über 700 Formeln und rund 500 grafische Darstellungen machen Strukturen, Reaktionsabläufe und Zusammenhänge transparent.

- 2002, 2 Bde., ca. 480 S. pro Bd., geb. – insgesamt: rund 6.000 Stichwörter, ca. 630 Abb. und Tab. sowie über 700 Formeln
- Gesamtausgabe Buch: € 59,95, ISBN 3-8274-0407-X
- Gesamtausgabe CD-ROM: € 59,95, ISBN 3-8274-0410-X
- Gesamtausgabe Buch + CD-ROM: € 99,95, ISBN 3-8274-0409-6

Webinfo
Ausführliche Infos unter:
www.elsevier-deutschland.de/artikel/674513

Bitte kopieren und faxen an: 07071-935393

Ja, ich bestelle gegen Rechnung und habe 14 Tage volles Rückgaberecht!

Ex.	Titel	Preis	ISBN
	Kompaktlexikon der Biologie (Buch)	99,95	3-8274-0992-6
	Kompaktlex. Biologie (CD-ROM)	99,95	3-8274-1140-8
	Kompaktlex. Biologie (Buch + CD-ROM)	149,-	3-8274-1141-6
	Lexikon der Optik (Buch)	49,95	3-8274-1422-9
	Lexikon der Biochemie (Buch)	59,95	3-8274-0407-X
	Lexikon der Biochemie (CD-ROM)	59,95	3-8274-0410-X
	Lex. der Biochemie (Buch + CD-ROM)	99,95	3-8274-0409-6

Preise zzgl. Versandkostenpauschale von € 3,50 pro Lieferung (Inland).
Buchpreise enthalten 7% MwSt., Preise für CD-ROM 16% MwSt.

Absender

Name/Vorname

Straße

PLZ/Ort

E-Mail-Adresse

Datum/Unterschrift

Ausführliche Infos unter
www.elsevier-deutschland.de

ELSEVIER
SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG

Bestellen können Sie ■ telefonisch 07071/935369 ■ per Fax 07071/935393 ■ per Mail bestellung@elsevier-deutschland.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: 93_3

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 93_3 1