II 90372/91,6

www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos

F 20582

# MIKROKOSMOS

November 2002
91. Jahrgang
Heft 6
ISSN 0026-3680

URBAN & FISCHER

# MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

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

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

## Inhalt

### Artikel

**321** Von den Geheimnissen der gefährlichen Nasentierchen
*Susanne Lummer*

**329** Von der Doliolaria-Larve zum Haarstern – Die frühe Entwicklung von *Antedon*
*Monika C. Müller*

**335** Die Carl-Zeiss-Stiftung – Ihre Geschichte und Gegenwart. 1. Teil
*Klaus Henkel*

**343** Die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* – Gehäuftes Auftreten an Bäumen im Jahre 2001
*Ernst-August Schlichting, Manfred Tauscher, Klaus Wöldecke*

**347** Evolution und Stratigraphie der marinen Diatomeen in Kreide und Paläogen (Alttertiär)
*Gerhard Göke*

**361** Beobachtungen zur Biologie des Süßwasserpolypen *Hydra viridissima*. 3. Teil: Reaktionen auf Reize und Vermehrung
*Matthias Haas*

**369** Digitalisieren von Dia- und Negativmaterial mit einem Filmscanner – Der hybride Weg
*Arthur Hauck*

**377** Die Kieselzellen in Epidermen von *Tradescantia* und ihre Entwicklung: Programmierter Zelltod
*Eberhard Schnepf*

### Rubriken

**326, 327** Kurze Mitteilungen

**342, 358** Nachrichten

**345** Mikro-Ufo

**346** Buchbesprechungen

**359** Aus der Industrie

**368** Neue Medien

**384** Aus den Arbeitsgemeinschaften

**385** Mikro-Markt

**386** Impressum

Im elektronischen MIKROKOSMOS-ARCHIV (**http://urbanfischer.de/journals/mikrokosmos/archiv/htm**) wird mit dem Erscheinen dieses Heftes ein Artikel aus dem Jahrgang *18* (1924/25) über Bau und Bildung der Prismen in den Muschelschalen wiedergegeben.

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

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

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

*Umschlagabbildung:* Die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* auf Eschenrinde. Siehe Artikel E.-A. Schlichting *et al.*, S. 343–344

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


# Von den Geheimnissen der gefährlichen Nasentierchen

Susanne Lummer

**Wie viel Leben in einem einzigen Wassertropfen stecken kann, weiß wohl jeder Leser von MIKROKOSMOS. Im Lichtmikroskop lässt sich ein echter Krimi beobachten, wenn das Nasentierchen (*Didinium nasutum*) ein Pantoffeltierchen (*Paramecium caudatum*) erwischt und verschlingt. Doch selbst elektronenmikroskopische Untersuchungen der Mordwaffen, mit denen *Didinium nasutum* seine Beute fängt und tötet, vermögen viele ihrer Rätsel nicht zu lösen.**

Extrusomen sind weit verbreitete Organellen bei Einzellern (Hausmann, 1972). Lichtmikroskopisch werden sie als nadel- oder kugelförmige Strukturen im Cytoplasma vieler Protisten erkennbar. Auf einen Reiz hin entlassen die Extrusomenvesikel ihren Inhalt nach außen. Aufgrund unterschiedlicher Funktion und Morphologie lassen sich mittlerweile mehr als ein Dutzend Typen von Extrusomen unterscheiden (Hausmann und Hülsmann, 1996). Die besten Untersuchungen existieren über Spindeltrichocysten, mit denen sich das Pantoffeltierchen (*Paramecium caudatum*) – mehr oder weniger erfolgreich – verteidigt. Dabei entfaltet sich innerhalb von Sekundenbruchteilen ein Proteinnetzwerk und die Trichocyste schnellt auseinander wie eine Sprungfeder. Der Vorgang der Exocytose von Mucocysten beansprucht mehrere Sekunden. Bei diesem Prozess quillt ihr Vesikelinhalt um ein Vielfaches seiner Ausgangsgröße auf. Mucocysten ermöglichen vermutlich die Encystierung von Einzellern. Als weiterer Extrusomentyp sind Toxicysten unter Einzellern weit verbreitet. Dies sind die Mord- und Verteidigungswaffen vieler räuberischer Ciliaten. Schon ihre Bezeichnung (griech.: toxikon – Gift; kystis – Kapsel, Hülle) deutet auf ihre Wirkung und ihr Aussehen hin. Der Abschuss einer Toxicyste geschieht innerhalb weniger Millisekunden! Dabei wird ein vorgefertigter Schlauch aus einer Kapsel katapultiert und injiziert seinen Inhalt ins Cytoplasma des Opfers. Wie bei den Nesselkapseln der Cnidarier stülpt sich auch bei Toxicysten ein Schlauch aus einer Kapsel nach außen um. Doch Toxicysten sind nicht nur wesentlich kleiner als Nesselkapseln (und daher schwieriger zu untersuchen), sie besitzen auch einen anderen Aufbau.

## Nahrungsaufnahme bei Didinium nasutum

Die verheerende Wirkung von Toxicysten wird in sehr beeindruckender Art und Weise deutlich, wenn man im Lichtmikroskop die Nahrungsaufnahme des gymnostomen Ciliaten *Didinium nasutum* beobachtet (Frieling, 1938; Reukauf, 1914/15): Berührt dieser mit seiner Nasenspitze ein Pantoffeltierchen, so schießt er sofort zahlreiche Toxicysten aus seinem Mundkegel ab. Das Pantoffeltierchen reagiert seinerseits mit der Abgabe vieler Spindeltrichocysten, doch diese können das Opfer nicht retten. Es ist augenblicklich gelähmt und wird von *Didinium* im Ganzen verschlungen. Obwohl die Beute ihren Jäger an Größe übertrifft, ist dieser Schlingakt meist nach wenigen Minuten abgeschlossen (Reukauf, 1940/41). Schon viele Forscher faszinierte dieses Drama im Wassertropfen (Abb. 1). Doch um den Funktionsablauf beim Abschuss der Toxicysten von *Didinium nasutum* besser verstehen zu können, bedarf es der Elektronenmikroskopie.

## Transmissions-Elektronenmikroskopie

Bisherige Untersuchungen beschränkten sich weitgehend auf die Analyse von Ultradünnschnitten im Transmissions- (Durchstrahlungs-) Elektronenmikroskop (Rieder, 1971; Wessenberg und Antipa, 1968). Die hier vorliegenden Studien beziehen nun Ergebnisse der Negativ-

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

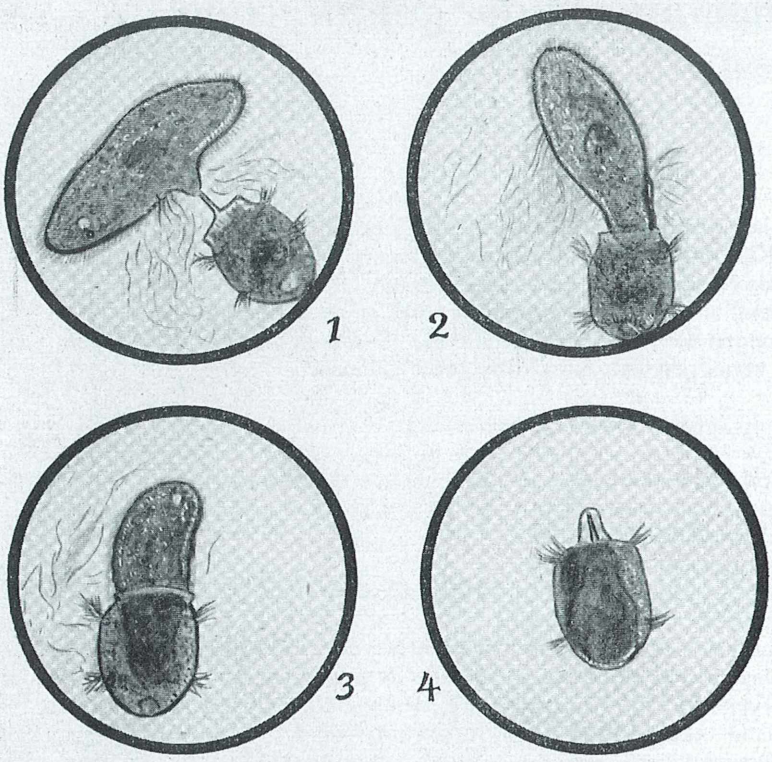



*Abb. 4. Kampf eines Pantoffeltierchens mit seinem Erzfeind, dem Kesseltierchen, Didinium nasutum. Der Feind schießt dem ihm an Größe überlegenen Pantoffeltierchen seine Harpune in den Zelleib, der sich an dieser Stelle vorwölbt (1). Freilich entlädt das Pantoffeltierchen seine Trichozystenbatterien, Massen kleiner Plasmafädchen, die im Wasser erstarren und quellen; aber der Angreifer läßt sich diesmal davon nicht abbringen, sondern dreht seine Beute aus dem gefährlichen Trichozystenfeld heraus und sucht sie (2) von vorn zu packen. Es dauert nicht lange, da geht es ans Verschlingen der Beute (3). Man sieht, wie sich das Kesseltierchen dabei weiten kann. Schließlich (4) ist die Tragödie im Wassertropfen zu Ende, und mit dem Pantoffeltierchen im »Bauch« wirbelt Didinium davon. Nun ist seine »Nase« mit der darin verankerten (und immer wieder neu gebildeten Harpune) wieder spitz geworden. (Unter Benutzung von Lebendaufnahmen E. Reukaufs im »Mikrokosmos« 1914/15 gezeichnet)*

**Abb. 1: Fressvorgang bei *Didinium nasutum* (aus Frieling, 1938).**

kontrastierung mit ein (zur Methode siehe Hausmann, 1977). Sie ermöglicht die hoch auflösende Beobachtung unterschiedlicher Stadien der Ausschleuderung bei einzelnen Toxicysten. *Didinium nasutum* besitzt drei Typen von Toxicysten, die sich bezüglich der Länge ihrer Kapsel schon lichtmikroskopisch unterscheiden lassen (Abb. 2). Die kurzen Toxicysten (ca. 7 µm) liegen im fertigen Zustand als Bündel im Mundkegel des Nasentierchens und grenzen mit ihrer Spitze an die Zellmembran. Umgeben sind sie von zahlreichen langen Toxicysten (ca. 23 µm), die wie die kurzen Formen parallel zur Längsachse der Zelle ausgerichtet sind. Im ganzen Cortex verteilt befinden sich zudem mittellange Toxicysten (ca. 10 µm), die leicht ge-

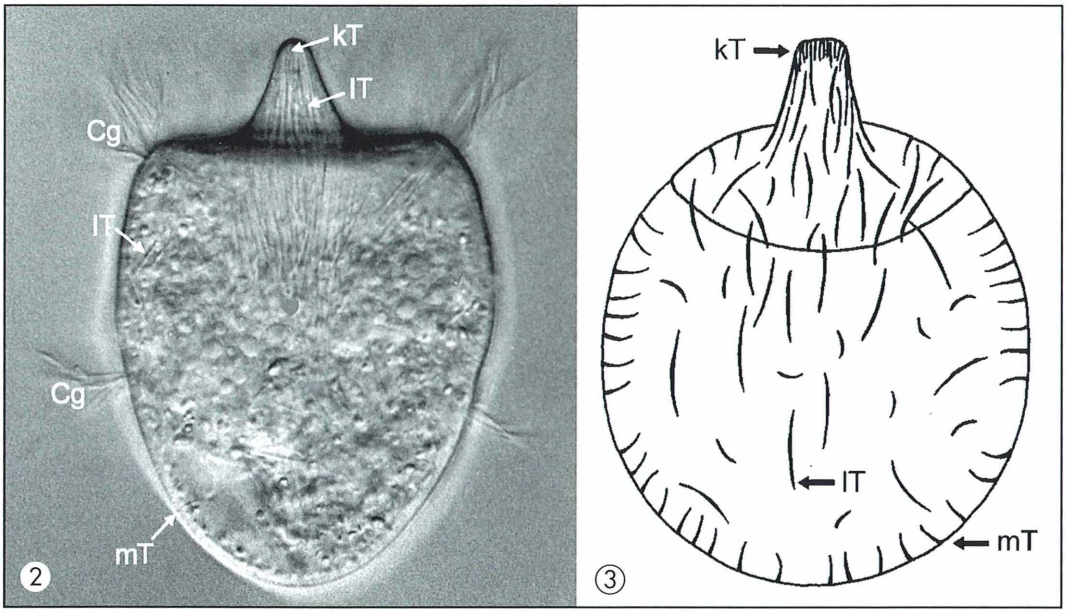



**Abb. 2: Lage der kurzen (kT), mittellangen (mT) und langen (lT) Toxicysten in der Zelle. Erkennbar sind die für *Didinium* namensgebenden Ciliengürtel (Cg). Vergr. 500fach, differenzieller Interferenzkontrast. – Abb. 3: Schema der natürlichen Lage kurzer (kT), mittellanger (mT) und langer (lT) Toxicysten bei *Didinium nasutum*.**

krümmt erscheinen. Sie sind in Längsreihen angeordnet, welche den gesamten Zellkörper umgeben (Abb. 3). Unfertige Toxicysten aller drei Formen sind überall im Cytoplasma zu finden.

Die Komplexität der Toxicysten wird erst im Elektronenmikroskop deutlich: An ihrer Spitze besitzt jede ruhende Toxicyste ein Operculum (Abb. 4). Dieser Deckel scheint die Kapsel wie ein Flaschenkorken zu verschließen. In seiner Mitte wird ein kleiner Kanal sichtbar, über dessen Funktion sich aber nichts aussagen lässt (Lummer, 2002).

Die Wand der Toxicystenkapsel ist oben verdickt und setzt sich ins Lumen der Kapsel hinein fort. Dort bildet sie den Schlauch, der beim Abschuss der Toxicyste nach außen umgestülpt wird. Doch nicht nur dieser Schlauch liegt in der Toxicystenkapsel. Hinzu kommt ein Tubus (Abb. 5). Dieses rohrförmige Gebilde umgibt den Schlauch auf der Hälfte bis zu zwei Drittel der Kapsellänge und mündet kurz unterhalb der Toxicystenspitze (Abb. 6). Der Schlauch hingegen ist länger als die Kapsel und faltet sich im Ruhezustand zum Kapselende hin stark auf. Erst komplett ausgeschleuderte Toxicysten verdeutlichen seine ganze Länge. Bei langen Toxicysten wird der Schlauch mehr als doppelt so

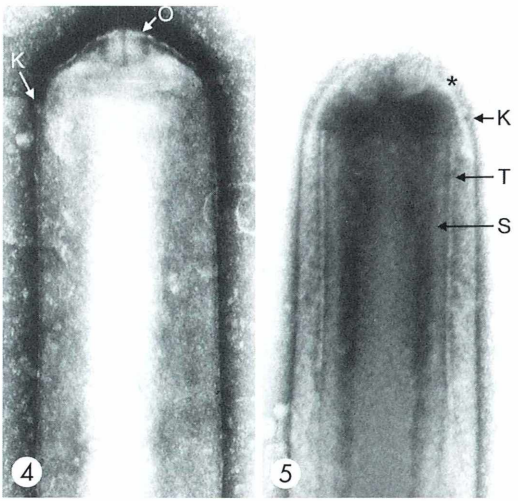
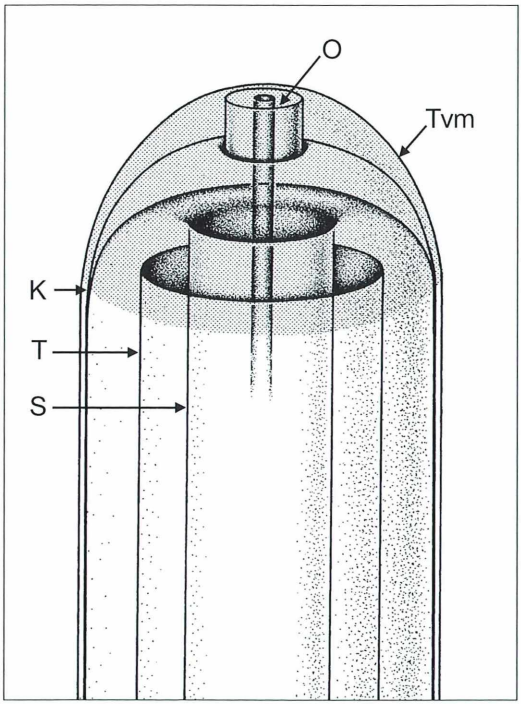


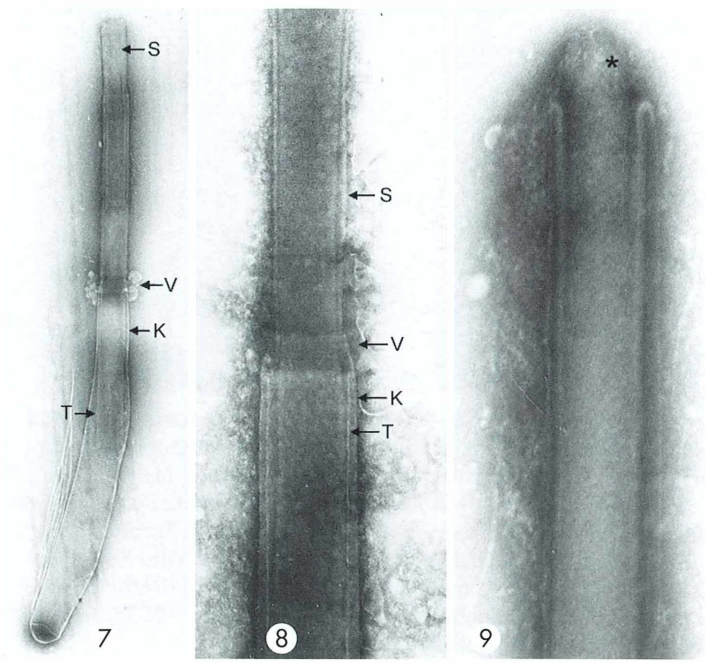

**Abb. 4: Die Spitze einer langen Toxicystenkapsel (K) ist im Ruhestadium durch das Operculum (O) verschlossen. Vergr. 120.000fach, Negativkontrast. – Abb. 5: Bei Beginn der Entladung springt die Toxicystenkapsel auf. An ihrer Spitze ist die Kapselwand dicker (Sternchen). In der Kapsel (K) wird der eingestülpte Schlauch (S) sichtbar, der umgeben ist vom Tubus (T). Vergr. 120.000fach, Negativkontrast.**

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




**◄ Abb. 6: Schema der Toxicystenspitze im Ruhestadium: Die gesamte Kapsel (K) ist von der Toxicystenvakuolenmembran (Tvm) umgeben. Das Operculum (O) verschließt die Kapsel und besitzt in der Mitte einen Kanal. Die Kapselwand setzt sich nach Innen im eingestülpten Schlauch (S) fort. Der Tubus (T) umfasst den Schlauch und endet offen.**

lang wie die Kapsel (Abb. 10). Eine ausgeschleuderte lange Toxicyste (aus 23 µm langer Kapsel und Schlauch) kann also bis zu 76 µm lang werden! Mittlere und kurze Toxicysten besitzen einen deutlich kürzeren Schlauch. Hier erreicht er nur das 1,6- bis 1,7fache der Kapsellänge. Die negativkontrastierten Präparate enthüllen im Transmissions-Elektronenmikroskop eine feine Strukturierung auf der Oberfläche der Toxicysten von *Didinium nasutum*: Die Kapsel besitzt eine Schrägstreifung. Das Gleiche gilt für den Tubus. Der Schlauch hingegen ist von quergestreifer Struktur.




**◄ Abb. 7: Abgeschossene kurze Toxicyste: Bei der Entladung verlassen Schlauch (S) und Tubus (T) die Kapsel (K) an der Verbindungsstelle (V). Vergr. 26.000fach, Negativkontrast. – Abb. 8: An der Verbindungsstelle (V) zum Schlauch (S) erweitert die Kapsel (K) sich beim Abschuss. Hier verbleibt der Tubus (T) innerhalb der Kapsel. Vergr. 47.000fach, Negativkontrast. – Abb. 9: Während des Ausschleuderns gelangt der Schlauchinhalt (*) nach außen. Vergr. 94.000fach, Negativkontrast.**

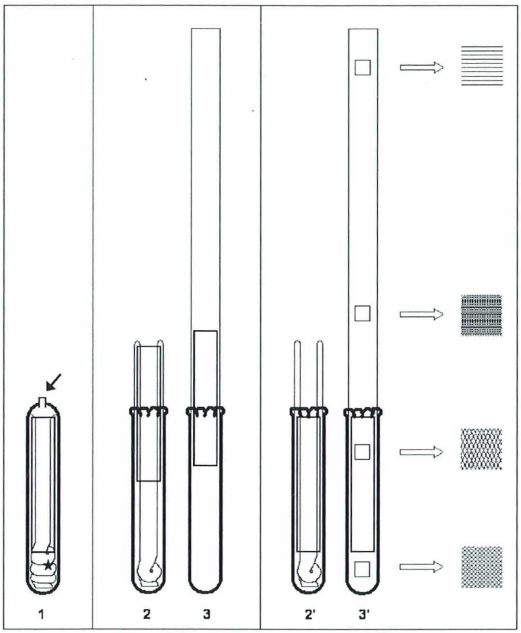



**Abb. 10: Schematische Darstellung alternativer Funktionsabläufe beim Abschuss langer Toxicysten von *Didinium nasutum*. 1 Ruhestadium mit Operculum (Pfeil) und basal stark aufgefaltenem Schlauch (Sternchen). 2 Sowohl Schlauch als auch Tubus treten aus der Kapsel aus. 3 Der komplett ausgeschleuderte Schlauch besitzt mehr als die doppelte Kapsellänge. Der Tubus verbleibt partiell in der Kapsel. 2′ Der Schlauch stülpt sich nach außen und der Tubus verbleibt innerhalb der Kapsel. 3′ Auch nach kompletter Ausstülpung des Schlauches liegt der Tubus noch immer in der Kapsel. Ganz rechts ist die Oberflächenstruktur der jeweiligen Abschnitte veranschaulicht.**

Doch was geschieht nun während der wenigen Millisekunden, in denen sich eine Toxicyste entlädt?

1. Der in die Kapsel eingestülpte Schlauch ist an der Kapselspitze befestigt und zu seinem offenen Ende hin zunächst noch aufgefalten (Abb. 10). Jetzt löst ein nach wie vor unbekannter Stimulus den Abschuss aus, und das Operculum springt ab (Abb. 5). Offenbar wird die Toxicystenspitze dabei direkt aufgerissen, so dass ein ausgefranst erscheinender Kragen ab jetzt die Stelle markiert, an der jener Schlauch austritt (Abb. 8).

2. Nun wird der Schlauch nach außen umgestülpt. Seine zuvor innen liegende Seite gelangt beim Abschuss also letztendlich nach außen. Alles, was im Schlauch enthalten ist, gelangt auf diesem Wege aus der Kapsel heraus (Abb. 9).

3. Nach der kompletten Umstülpung des Schlauches verändert sich seine Struktur: Aus der Querstreifung wird eine Art feines Rautenmuster. Durch diese Strukturumwandlung könnte der Schlauch stabiler werden.

## *Ungeklärte Fragen*

Welche Rolle spielt jedoch der Tubus bei dieser Aktion? Anhand bisheriger Aufnahmen lässt sich diese Frage nicht eindeutig beantworten. Auf einigen Bildern wird deutlich, dass der Tubus auch nach dem Abschuss noch komplett innerhalb der Kapsel verbleibt. Andere Bilder zeigen den Tubus – oder zumindest Teile davon – außerhalb der Kapsel. Dort steckt er immer innerhalb des Schlauches (Abb. 7). Manchmal ist der Tubus auf den Bildern gar nicht zu entdecken. Entsprechend wenig ist über seine Funktion auszusagen. Diesbezüglich sind bislang nur Spekulationen möglich.

Dasselbe gilt für den Inhalt des Schlauches (Abb. 9). Während des Ausschleuderns gelangt er offenbar durch den Schlauch nach außen und verändert dabei seine Struktur. Seine destruierende Wirkung auf Pantoffeltierchen lässt sich wahrlich nicht leugnen, doch seine chemischen Bestandteile vermögen die bisherigen Untersuchungen nicht zu klären. Histochemische Analysen weisen auf das Vorhandensein des Verdauungsenzyms saure Phosphatase in Toxicysten hin. Dieses Enzym vermag jedoch kaum allein für die – im wahrsten Sinne des Wortes – einschlagende Wirkung der Toxicysten verantwortlich zu sein.

Warum besitzt *Didinium nasutum* drei unterschiedliche Typen von Toxicysten? Welchen Sinn machen zwei unterschiedliche Toxicystentypen im Mundkegel und wozu dienen die mittellangen Formen im übrigen Cortex? Welche Triebkräfte nutzt die Zelle, um die rapiden Vorgänge beim Abschuss von Toxicysten zu generieren und wie werden sie initiiert? Die bisherigen Untersuchungen vermochten zahlreiche Einzelheiten dieser erstaunlich komplexen Organellen zu klären. Je genauer wir jedoch hinschauen, desto mehr Rätsel scheint das Nasentierchen uns wieder und wieder aufzugeben.

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

### Literaturhinweise


Grave, E.: *Didinium nasutum*, ein ungewöhnliches Wimpertier. Mikrokosmos *71*, 306–311 (1982).

Frieling, H.: Lebenskreise. Umwelt und Innenwelt der Tiere und des Menschen. Franck`sche Verlagshandlung, Stuttgart 1938.

Hausmann, K.: Die „Extrusome" der Protisten. Morphologie, Vorkommen, Funktion und Bedeutung. Mikrokosmos *61*, 114–117 (1972).

Hausmann, K.: Negativkontrastierung und Bedampfung. Präparationsmethoden für die Elektronenmikroskopie. Mikrokosmos *66*, 175–180 (1977).

Hausmann, K., Hülsmann, N.: Protozoology. 2nd ed. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1996.

Lummer, S.: Feinstrukturelle Untersuchungen der Toxicysten von *Didinium* cf. *nasutum*. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin, 1–42 (2002).

Reukauf, E.: Bilder aus der Lebensgeschichte von *Didinium nasutum* Stein, eines holotrichen Wimper-Infusors. Mikrokosmos *8*, 117–118 (1914/15).

Reukauf, E.: Das zwei- und das eingürtelige „Nasentierchen". Mikrokosmos *34*, 149–150 (1940/41).

Rieder, N.: Elektronenoptische Untersuchungen an *Didinium nasutum* O. F. Müller (Ciliata, Gymnostomata) in Interphase und Teilung. Forma et Functio *4*, 46–86 (1971).

Wessenberg, H., Antipa, G.: Capture and ingestion of *Paramecium* by *Didinium nasutum*. J. Protozool. *17*, 250–270 (1970).


*Verfasser:* Dipl. Biol. Susanne Lummer, Katzbachstraße 30, D-10965 Berlin, Tel: 030/78 89 51 12

## Kurze Mitteilungen

# Die 100-Jahr-Feier der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich und die Mikroskope-Sammlung des Ehepaars Albert und Margreth Mahler-Lee

Mit einem großen Festakt hat die Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Zürich am 4. Juli 2002 ihr 100-jähriges Jubiläum gefeiert. Gleichzeitig hat die genannte Fakultät im Dachgeschoss ihres Diagnostik-Zentrums ein Museum eröffnet. Sie fragen sich nun, was hat das mit Mikroskopie zu tun? Sehr viel, denn in diesem Museum hat die Mikroskope-Sammlung des Ehepaares Albert und Margreth Mahler-Lee, von der bereits einmal im Jahr 1994 im MIKROKOSMOS berichtet wurde, einen würdigen definitiven Platz gefunden (Abb. 1–3).

Viele Leser kannten und schätzten den am 2. Januar 2000 verstorbenen Albert Mahler. Er war von 1967 bis 1996 Präsident der Mikroskopischen Gesellschaft Zürich. Er hätte große Freude gehabt, wenn er den Eröffnungsakt des Museums und die Hochschuldomizilierung seiner Sammlung hätte miterleben dürfen. Aber die Gewissheit über das Zustandekommen der Ausstellung an diesem Ort hat er noch bei Lebzeiten erlangt. Diese Mikroskopesammlung ist einzigartig für die Schweiz und es stecken in ihr viele Jahre großer Arbeit des Ehepaares Mahler-Lee. In der Jubiläumsfestrede ist dieses großartige Vermächtnis dann auch entsprechend verdankt worden.

**Abb. 1: Margreth Mahler-Lee beim Eröffnungsakt des Museums in der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich vor einer Vitrine mit von ihr und ihrem Mann Albert Mahler gestifteten Mikroskopen.**

Das Museum kann man nur gegen Voranmeldung besuchen: Prof. Dr. Andreas Pospischil, Institut für Veterinärpathologie, Winterthurerstrasse 268, CH-8057 Zürich,
Tel.: +41 1 635 85 51, Fax: +41 1 635 89 34,
e-mail: apos@vetpath.unizh.ch

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

**Abb. 2: Mikroskope der Mahler-Lee-Sammlung.**

**Abb. 3: Auch diese herrlichen kupfernen Mikroskope stammen vom Ehepaar Mahler/Mahler-Lee.**

Die Mikroskopische Gesellschaft Zürich gratuliert Frau Margreth Mahler-Lee herzlich zu dieser großartigen Verwirklichung.

***Literaturhinweis***

Rüegger-Deschenaux, J.: Kleine Welt ganz groß – Mikroskope aus vier Jahrhunderten. Ausstellung der privaten Mahler-Lee-Mikroskopsammlung. Mikrokosmos *83*, 347–348 (1994).

J. Rüegger-Deschenaux, MGZ, Rüschlikon, Schweiz

# *Zellen oder keine Zellen...*

... das bleibt weiterhin die Frage! Auf der Suche nach den ältesten Lebensformen der Erde gibt es offenbar noch immer Meinungsverschiedenheiten.

Bislang galt der Nachweis fossiler Cyanobakterien in 2,7 Milliarden altem Gestein als frühestes geologisches Zeugnis von photosynthetisch aktiven Zellen (Engeln, 2002). Diese so genannten Blaualgen bilden Zellketten und lassen sich anhand ihrer Formen in Dünnschliffen von Gesteinsproben identifizieren und von nichtbiogenen Aggregaten unterscheiden. Zudem ermöglicht die Bestimmung der Kohlenstoffisotope $^{12}C$ und $^{13}C$ in einem bestimmten Mengenverhältnis den Nachweis des biologischen Ursprungs von Mikrofossilien, denn $^{12}C$ reichert sich nur in biogenem Material an. Weil solch alte Proben jedoch meist nur winzige Mengen des zu untersuchenden Materials beinhalten, gestaltet sich die Anwendung dieses Verfahrens oft schwierig.

In einer Studie, die der Geophysiker J. W. Schopf von der Universität von Kalifornien in Los Angeles im März mit Kollegen in der Zeitschrift *Nature* veröffentlichte, stellte er eine neue Methode zur Darstellung von biologisch entstandenen Strukturen vor (Schopf *et al.*, 2002). Mit der so genannten Laser-Raman-Spektroskopie machte er organisch gebildeten Kohlenstoff in australischen Gesteinsproben sichtbar. Die Proben bleiben dabei unbeschädigt. Biogenes Material mit einem spezifischen Mengenverhältnis von Kohlenstoffisotopen leuchtet hell auf. So lässt es sich direkt mit morphologischen Strukturen im Lichtmikroskop vergleichen. Unter Anwendung dieses Verfah-

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

rens charakterisierte Schopf nun in fast 3,5 Milliarden Jahre altem Quarzgestein aus dem *Chinaman's Creek* (Westaustralien) elf verschiedene Bakterien-Spezies, inklusive photosynthetisch aktiver Cyanobakterien. Für ihn bestand in diesem Fund somit der Nachweis für die ältesten bislang bekannten Fossilien.

Doch M. D. Brasier, Geophysiker an der Universität Oxford, und seine Kollegen sind sich da nicht so sicher (Brasier *et al.*, 2002). Ihre Stellungnahme zu Schopfs These erschien direkt auf den anschließenden Seiten der gleichen Ausgabe von *Nature*. Brasier kam bei seinen Untersuchungen der selben Proben aus Westaustralien zu ganz anderen Ergebnissen. Beim Durchfokussieren der Präparate entdeckte er „Anhängsel", Blasen und Ausbuchtungen an jenen fädigen Strukturen, die Schopf als isolierte Zellketten identifizierte. In unterschiedlichen Schärfeebenen wurden im Lichtmikroskop Verzweigungen sichtbar, die sich den charakteristischen Merkmalen dieser Spezies nicht zuordnen ließen. Auch die Größe der Strukturen in den Proben aus dem *Chinaman's Creek* passte nicht zu den bisherigen Erkenntnissen. Strukturen, welche Schopf für Zellwände und Septen hielt, könnten Brasier zufolge auch Kristallformen abiogenen Ursprungs sein.

Die äußere Ähnlichkeit zu lebenden Zellen verringerte sich somit immer mehr. Außerdem nahm Brasier die Fundstelle der Gesteinsproben noch einmal genauer unter die Lupe und stellte fest, dass es sich hier offenbar gar nicht um Sedimentgestein handelte. Die Analyse führte zu dem Ergebnis, dass das Gestein wahrscheinlich in einer hydrothermalen Ader am Meeresboden gebildet wurde – dort fehlt allerdings das Licht, das Cyanobakterien für die Photosynthese brauchen. Zweifel äußerte Brasier auch an der Aussagekraft der Laser-Raman-Spektroskopie: Das spezifische Kohlenstoffverhältnis in den vorliegenden Proben könnte auch als Folge der Hitzeeinwirkung beim Prozess der Gesteinsbildung entstanden sein. All diese Argumente lassen Brasier an der Existenz der 3,5 Milliarden Jahre alten Blaualgen zweifeln. Ihm erscheint es viel wahrscheinlicher, dass methanogene Archaea (früher Archaebakterien genannt) lange vor Cyanobakterien existierten. Diese These passt auch besser zu bisherigen Ergebnissen anderer Forschungen, beispielsweise zu genetischen Untersuchungen von Blaualgen.

Nach Erscheinung dieser Resultate räumt Schopf inzwischen Einschränkungen seiner Hypothese ein. Womöglich handele es sich bei den Formationen in jenen australischen Gesteinsproben nicht um Cyanobakterein, aber auf jeden Fall um Lebensspuren. W. Altermann von der Universität München unterstützt Schopf zumindest teilweise: Blasen und Ausbuchtungen könnten bei der Fossilierung der Organismen entstanden sein. Außerdem gelangten die Zellen womöglich erst nachträglich in das ältere hydrothermale Gestein. Für ihn deutet auch die Laser-Raman-Spektroskopie auf den biologischen Ursprung der Proben hin. Würde die Einwirkung von Hitze zu den gleichen Ergebnissen führen, müssten entsprechende Gesteine noch viel häufiger zu finden sein.

Jetzt könnten neue Fossilfunde weiterhelfen und weitere Untersuchungen ermöglichen. Solche Funde sind jedoch sehr selten. Das letzte Wort über die ältesten Fossilien ist also lange noch nicht gesprochen!

### Literaturhinweise

Brasier, M. D., Green, O. R., Jephcoat, A. P., Kleppe, A. K., van Kranendonk, M. J., Lindsay, J. F., Steele, A., Grassineau, N. V.: Questioning the evidence for Earth's oldest fossils. Nature *416*, 76–82 (2002).

Engeln, H.: Die ersten Zellen – echt oder vorgetäuscht? Spektrum der Wissenschaft *8*, 16–22 (2002).

Schopf, J. W., Kudryavtsev, A. B., Agresti, D. G., Wdowiak, T. J., Czaja, A. D.: Laser-Raman imagery of Earth's earliest fossils. Nature *416*, 73–76 (2002).

Susanne Lummer, Berlin

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


# Von der Doliolaria-Larve zum Haarstern – Die frühe Entwicklung von Antedon

Monika C. M. Müller

**Seeigel und Seesterne sind vielen Menschen von Urlauben am Meer bekannt. Mit Seeigeln hatte so mancher vielleicht auch schon intensiveren Kontakt als gewünscht und Seesterne werden gesammelt, getrocknet und als Souvenir mitgenommen. Beide Tiergruppen gehören zu den Stachelhäutern (Echinodermata, lat. echinatus = stachelig; gr. derma = Haut), die uns durch ihre bizarren Formen und prächtigen Farben beeindrucken. Der folgende Beitrag stellt eine weitere Gruppe der Echinodermaten vor: Die weniger bekannten, aber nicht minder faszinierenden Haarsterne.**

Zu den Stachelhäutern gehören die bekannten Seesterne, Seeigel und Schlangensterne und die wohl weniger bekannten Seegurken sowie Seelilien und Haarsterne (Abb. 1). Ob die erst 1986 entdeckten Seegänseblümchen zu den Seesternen gehören oder eine eigene Gruppe repräsentieren, ist noch zu klären. Derzeit sind circa 6300 Arten der Stachelhäuter bekannt, die alle ausschließlich im Meer (marin) leben. Charakteristisch für alle erwachsenen Stachelhäuter ist eine fünfstrahlige Symmetrie, die sie jedoch erst während der Entwicklung ausbilden; ihre Larven sind noch bilateralsymmetrisch. Die ursprüngliche Fünfstrahligkeit des Körpers wird bei Haar- und Seesternen häufig vervielfacht; so können Haarsterne bis zu 200, Seesterne maximal 50 Arme ausbilden. Aufgrund der Radiärsymmetrie unterscheidet man bei den Tieren nicht Rücken- und Bauchseite, sondern nach Lage des Mundes Oralseite (Mund tragende Seite; oral = den Mund betreffend) und Aboralseite. Die meisten Echinodermaten sind getrenntgeschlechtlich. Die Geschlechter unterscheiden sich jedoch nicht in äußeren Merkmalen. Viele verfügen über ein gutes Regenerationsvermögen. Seesterne, Seegurken und vor allem Schlangensterne nutzen dies, indem sie autotomieren (sich selbst zerlegen), die Teilstücke jeweils zu einem ganzen Organismus regenerieren und sich so asexuell vermehren.

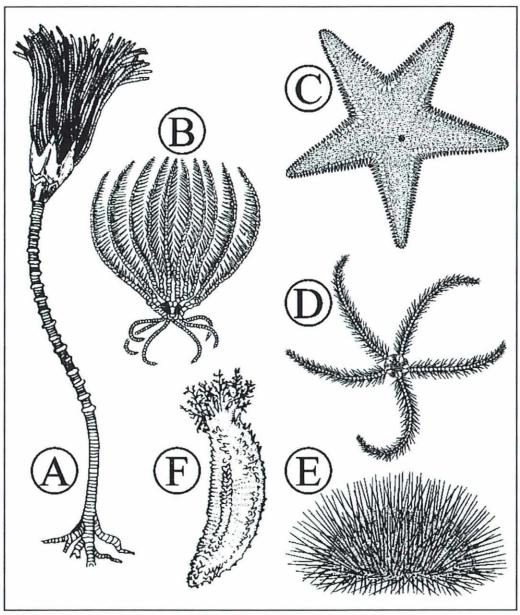



**Abb. 1: Vertreter der fünf bekannten Gruppen der Stachelhäuter (Echinodermata). A und B Haarsterne (Crinoida; gr. krinon = Lilie, gr. eidos = Gestalt); A Gestielte Seelilie; B Ungestielter Haarstern. C Seestern (Asteroida; gr. aster = Stern). D Schlangenstern (Ophiuroida; gr. ophis = Schlange, gr. ura = Schwanz). E Seeigel (Echinoida; gr. echinos = Igel). F Seegurke (Holothuroida; holothurion = zwischen Pflanzen und Tieren stehendes Lebewesen des Meeres). Zeichnungen aus: Brohmer, P.: Fauna von Deutschland (C, D, E); Wehner, R. Gering, W.: Zoologie (B); Siewing, R.: Lehrbuch der Zoologie (A, F).**

## Gestalt und Lebensweise der Haarsterne

Mit nur 650 Arten (10,3%) bilden die Seelilien (Abb. 1A) und Haarsterne (Abb. 1B) die kleinste

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

Untergruppe der Echinodermaten. Während Seelilien ausschließlich in tieferen Meeresregionen (bis 5000 m) vorkommen, sind Haarsterne auch im seichten Wasser der Schelfgebiete zu finden. So können Haarsterne auch in ihren Hauptverbreitungszonen – tropische indowestpazifische Regionen, gemäßigte und kalte Meere – beim Schnorcheln oder bei Tauchgängen entdeckt werden. Die Meidung des Gezeitenbereiches hängt mit ihrer Lebensweise zusammen: Seelilien und Haarsterne sind passive Filtrierer. Da sie nicht selber einen Wasserstrom erzeugen, benötigen sie Meeresbereiche mit ausreichender Strömung, die die Nahrungspartikel herantransportiert. Diese eingeschränkte Standortwahl könnte die geringe Artenzahl begründen und die Art des Nahrungserwerbs die Uniformität der Gestalt (Goldschmid, 1996).

Der zentrale Teil des Körpers, der auch die inneren Organe enthält, bildet einen Kelch (oder auch Körperscheibe), wobei der Kelchboden die Aboral- und die Kelchöffnung die Oralseite darstellen. Der Körper haftet sich mit Cirren am Untergrund fest; die Arme ragen ins freie Wasser und bilden eine Filterkrone (Abb. 1B, 2). Bei Seelilien ist der Körper durch einen bis zu einem Meter langen Stiel über das Substrat erhoben (Abb. 1A) und die Cirren sind am Untergrund festzementiert.

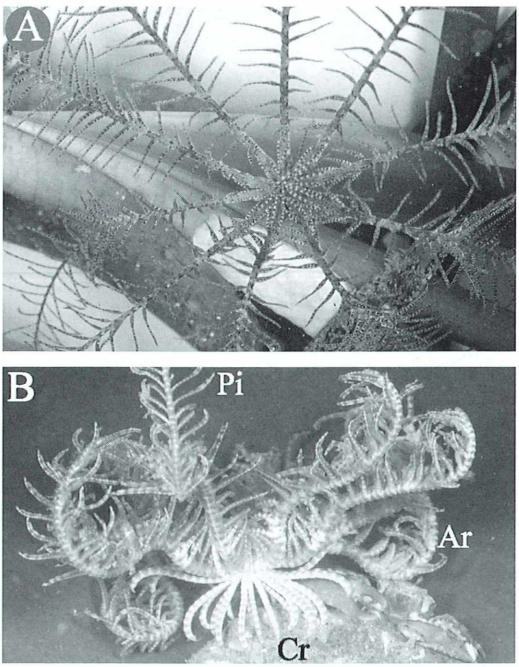



**Abb. 2: Makroskopische Aufnahmen von *Antedon* sp. A Ansicht der Oralseite. An den 10 Armen sind die Pinnulae alternierend und senkrecht angeordnet. B Seitenansicht. Mit den Cirren (Cr) hält sich das Tier auf einem Stein fest. Die Arme (Ar) sind oralwärts eingerollt, die Pinnulae (Pi) stehen senkrecht von ihnen ab (Fotos: Wilfried Westheide, Osnabrück).**

Die Arme der Crinoiden tragen kleinere, gegliederte aber unverzweigte Seitenäste, die so genannten Pinnulae, die den Armen ein federähnliches Aussehen geben (Abb. 2A). Pinnulae sind bei anderen Stachelhäutern nicht vorhanden. Seitlich sitzen ihnen Tentakel in Dreiergruppen (Triaden) auf, so dass die ausgebreiteten Arme ein grobmaschiges Netz aufspannen. Auf der Oralseite besitzen die Pinnulae eine zentrale Rinne, in der sie eingefangene Partikel zum Arm transportieren. Eine in jedem Arm verlaufende Nahrungsrinne transportiert die eingeschleimten Partikel dann zum Mund. Detritus (organische Schweb- und Sinkstoffe), Bakterien und kleinere Organismen gehören zum Nahrungsspektrum. Die Pinnulae sind jedoch nicht nur die primären Strukturen der Nahrungsaufnahme, sondern auch der Ort des Gasaustausches.

Während die zeitlebens gestielten und somit sesshaften Seelilien lediglich ihre Armkrone in der Strömung ausrichten können, vermögen die ungestielten Haarsterne sich fortzubewegen und Plätze mit günstigerer Strömung aufzusuchen. Dabei können sie mit Hilfe der Arme relativ schnell über den Boden kriechen oder sogar durch vertikales Auf- und Abschlagen der Arme schwimmen.

Als Beuteorganismen dienen die Haarsterne einigen Fischarten (Meyer, 1985), einer Krabben- und einer Seesternart (Mladenov, 1983). Häufig werden Haarsterne durch unspezifisch nach Beute suchende Fische verletzt (Meyer und Ausich, 1983), oder die Attacken der Fische gelten den auf den Haarsternen lebenden Kommensalen (lat. com = mit; lat. mensa = Tisch). Diese Tischgenossen schädigen den Wirt nicht direkt, stehlen ihm aber Nahrung aus den Futterrinnen. Aufgrund ihres hohen Regenerationsvermögens können die Haarsterne die abgefressenen Körperteile ersetzen. Im Gegensatz zu Seesternen, Seegurken und Schlangensternen nutzen sie diese Fähigkeit jedoch nicht zur asexuellen Vermehrung, sondern reproduzieren sich ausschließlich sexuell. Im einfachsten Fall

werden die Eier und Spermien ins freie Wasser abgegeben, einige Arten betreiben jedoch Brutpflege, indem die ersten Entwicklungsstadien in Brutkammern des Muttertieres durchlaufen werden.
Um die Entwicklung des Haarsterns *Antedon* verfolgen zu können, wurden zahlreiche befruchtete Eier in kleine Gefäße (250 ml) überführt und über einen Zeitraum von 10 Tagen täglich mehrere Organismen entnommen und fixiert.

## *Entwicklung der Haarsterne*

Der Lebenszyklus der Haarsterne umfasst sechs Stadien: Embryo, ciliäre Larve, Doliolaria, Cystid, Pentacrinoid und Adultus. Abgesehen vom Embryo und dem adulten Tier werden alle Stadien als Larven bezeichnet. Die ersten Stadien ernähren sich ausschließlich vom Dottervorrat, erst das Pentacrinoid-Stadium beginnt mit der Nahrungsaufnahme.

*Ciliäre Larve*
Aus den Eiern schlüpft zunächst eine ovale, gleichförmig bewimperte Larve, die für 2–4 Tage ihre Körperform nicht verändert. Die Larven vieler Arten sind auffällig rosa gefärbt. Im weiteren Verlauf der Entwicklung wechselt ihre Farbe zu gelb, wobei der Farbumschlag durch die Umverteilung von Öltröpfchen bewirkt werden soll (Balser, 2002).

*Doliolaria-Larve*
Dieses Stadium ist durch die Ausbildung von 4–5 Wimperringen und eines apikalen Wimperschopfes gekennzeichnet (Abb. 3A, 4A–D). Die Wimperringe dienen der Fortbewegung. Der Wimperschopf, die vor dem ersten Ring gelegene ciliäre Kappe und die sich später einsenkende Haftgrube bilden den Anheftungskomplex der Larve. Auf der Suche nach einem geeigneten Untergrund schwimmen die Doliolaria-Larven wenige Stunden bis 8 Tage (bei einer arktischen Art bis zu 3 Monate) umher. Dabei ist das Vorderende dem Substrat zugewandt. Ist eine geeignete Stelle gefunden, stoppt die Vorwärtsbewegung und die Larven drehen sich um die eigene Achse. Zunächst heften sie sich kopfüber mit dem Sekret aus Drüsenzellen fest (Abb. 4D, E). Sagt ihnen das Substrat nicht zu, kann diese Verbindung gelöst und die Suche wieder aufgenommen werden. Ist der Untergrund geeignet, so zementieren sich die Larven mit eiweißhaltigen Sekreten dauerhaft auf dem Untergrund fest. Die endgültige Festheftung und Ausbildung einer Haftscheibe leitet die Umwandlung zum nächsten Stadium ein.
Zwischen zwei Wimperringen der Doliolaria-Larve ist in der Mitte der Bauchseite durch Einstülpung der Epidermis eine länglich-ovale Grube sichtbar. Dieses so genannte Vestibulum (lat. vestibulum = Vorhof, Vorraum) ist von Cilien umgeben und repräsentiert den zukünftigen Mund und die Austrittstelle der Tentakel.

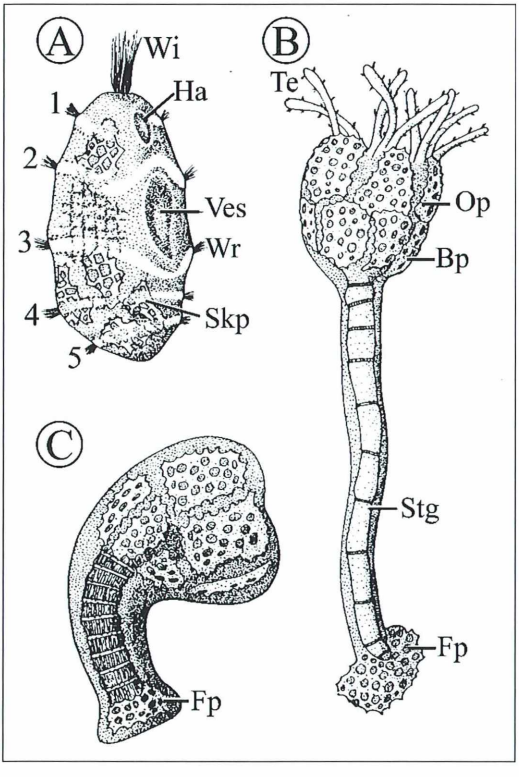



**Abb. 3: Schematische Zeichnungen unterschiedlich weit entwickelter Larven der Haarsterne. A Freischwimmende Doliolaria- oder auch Tönnchen-Larve. B Festsitzendes Cystid-Stadium mit beginnender Stielausbildung. C Festsitzendes, gestieltes Pentacrinus-Stadium. Bp Basalplatte, Fp Fußplatte, Ha Haftgrube, Op Oralplatte, Skp Skelettplatte, Stg Stielglied, Te Tentakel, Ves Vestibulum, Wi Wimperschopf, Wr Wimperring, 1–5 Zahl der Wimperringe (aus Marinelli (1962), nach verschiedenen Autoren).**

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

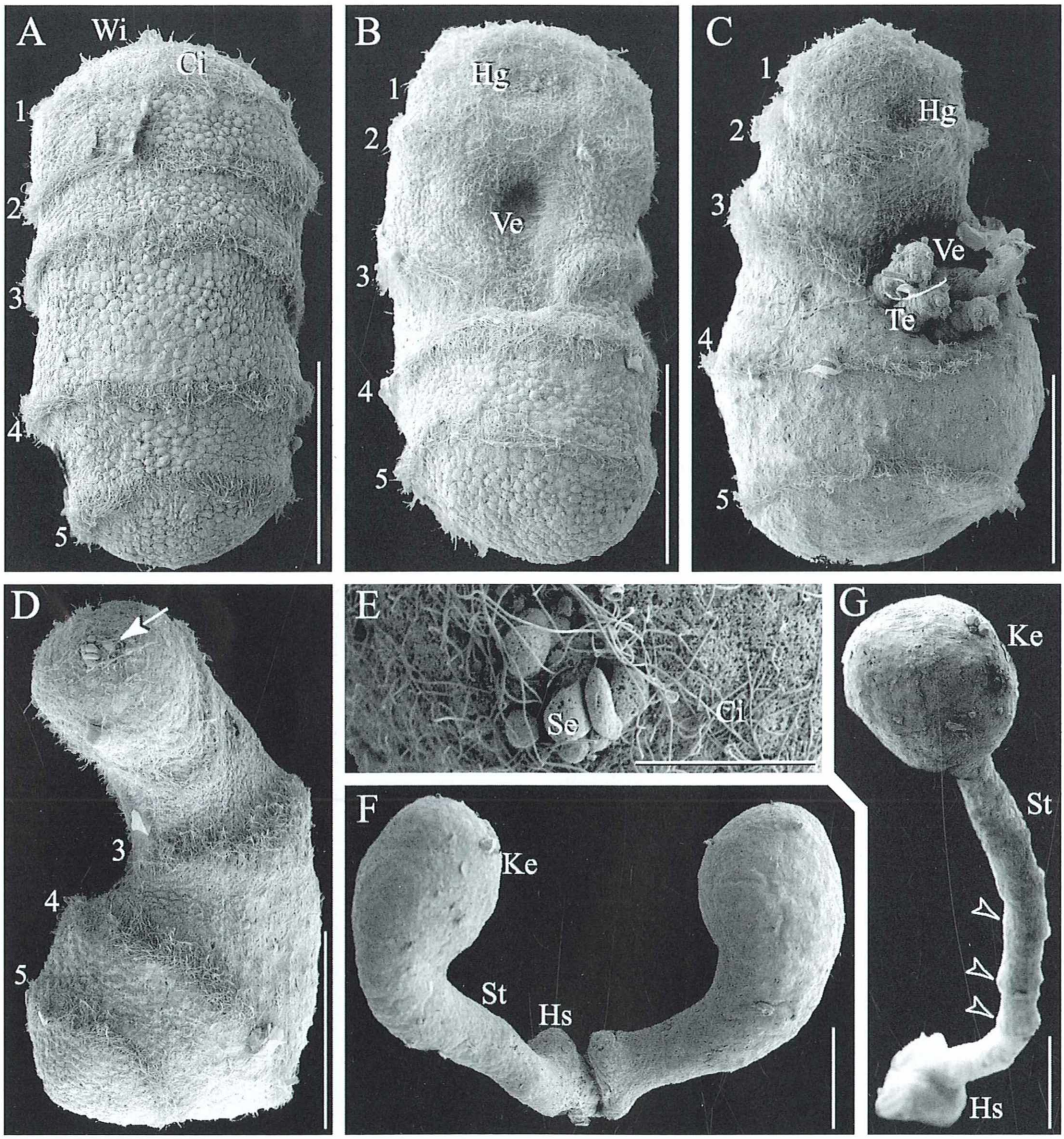



**Abb. 4:** Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen früher Entwicklungsstadien von *Antedon petasus*. A und B Freischwimmende Doliolaria-Larve. A Sicht auf die Rückenseite (Dorsalseite). B Sicht auf die Bauchseite (Ventralseite). C Fehlentwickelte Larve, die, ohne sich festgesetzt zu haben, Tentakel (Te) ausgebildet hat. D Keulenförmig umgestaltete Larve mit Haftgrube (Pfeil). E Vergrößerung der Haftgrube (Hg); sichtbar sind zahlreiche Cilien (Ci) und austretendes Sekret (Se). F Frühe Cystid-Stadien, die sich mit der Haftscheibe (Hs) am Untergrund festgeklebt haben. G Spätes Cystid-Stadium, bei dem der Stiel (St) schon stark ausgebildet ist und einzelne Glieder sichtbar werden (Pfeilköpfe). Ke Kelch, Ve Vestibulum, Wi Wimperschopf, 1–5 Zahl der Wimperringe, Maßstriche: A–D und F–G 100 µm, E 20 µm.

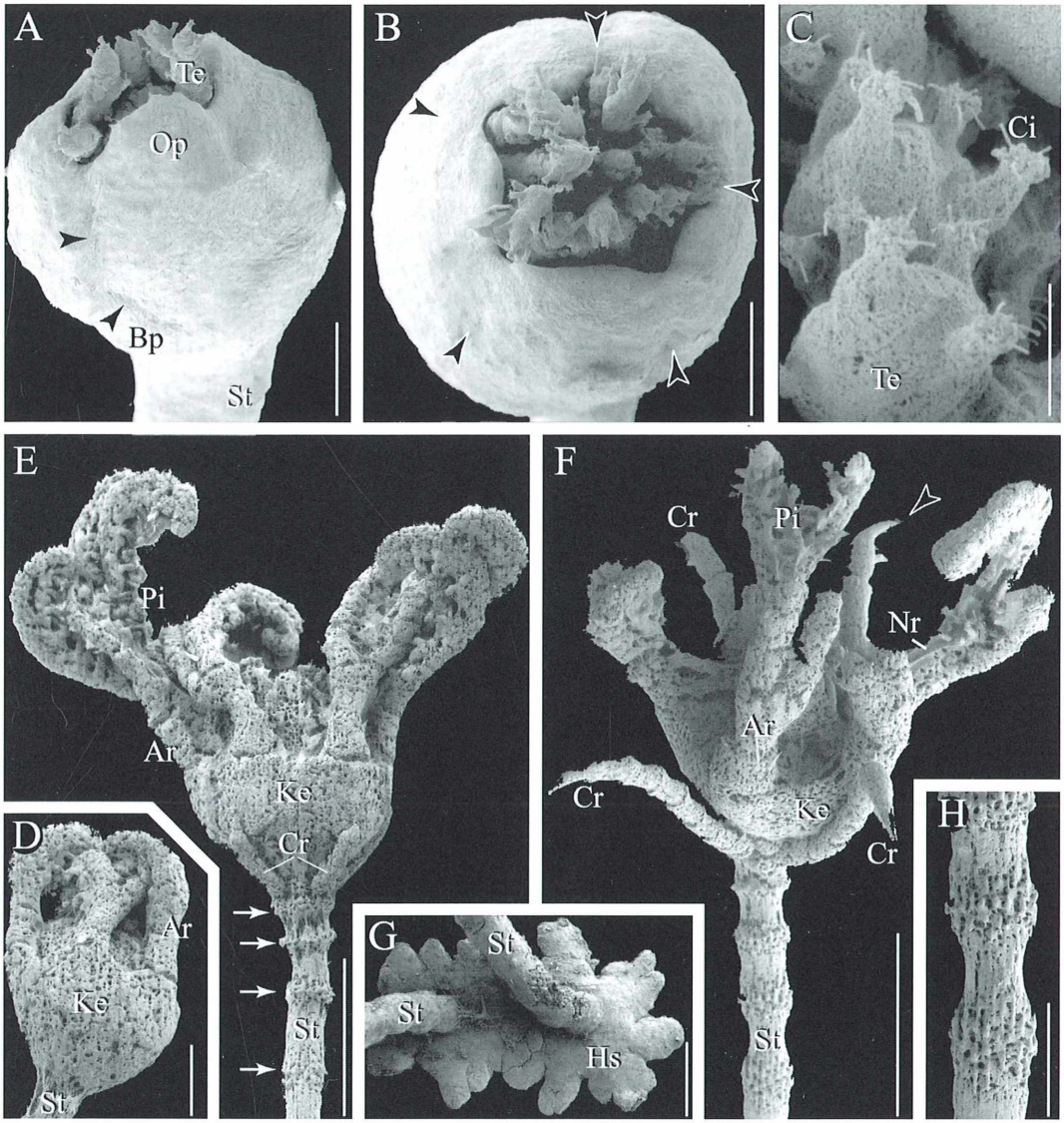



Abb. 5: REM-Aufnahmen später Entwicklungsstadien von *Antedon petasus*. A–C Junge Pentacrinus-Stadien. A Zwischen den auseinander weichenden Oralplatten (Op) werden die Tentakel (Te) sichtbar. Furchen (schwarze Pfeilköpfe) trennen seitlich benachbarte Oral- und Balsalplatten (Bp) voneinander. B In der Aufsicht sind fünf Oralplatten zu unterscheiden. C Die Tentakel besitzen kleine Ausstülpungen, die wiederum mit Cilien (Ci) besetzt sind. D In älteren Stadien lassen sich deutlich Stiel (St), Kelch (Ke) und Arme (Ar) differenzieren. F In schon Haarstern ähnlichen Stadien sind die noch nach oben an den Kelch angelegten Cirren (Cr) und Pinnulae (Pi) an den Armen ausgebildet. E In der weiteren Entwicklung lösen sich die Cirren vom Kelch und biegen sich abwärts. Die Cirrenendglieder sind zu Klauen umgestaltet (schwarzer Pfeilkopf). Nahrungsrinnen (Nr) sind in den Armen sichtbar. G Gelappte Haftscheiben (Hs) zweier dicht beieinander stehender Pentacrinoid-Stadien. H Stiel mit deutlichen Gliedern. Maßstriche: A und B 50 µm, C 10 µm, D, G und H 200 µm, E und F 500 µm.

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

*Cystid-Stadium*
Die angeheftete Doliolaria-Larve wird zunächst bohnenförmig (Abb. 4D) und verliert alle Cilien (Abb. 3C, 4F). Durch anschließende Streckung der Larve sind die Haftscheibe, der Stiel und der kugelige Kopfbereich gut zu unterscheiden (Abb. 4G). Im Innern lassen sich die Skelettelemente bereits als Oral-, Basal- , Stiel- und Fußplatten differenzieren (Abb. 3C). Für diese Umwandlung benötigen die Individuen circa zwei Wochen.

*Pentacrinoid-Stadium*
Nach zwei bis vier Wochen wird aus dem Cystid- das Pentacrinoid-Stadium. Die fünf Oralplatten weichen auseinander und die im Vestibulum gebildeten Tentakel dringen nach außen (Abb. 3B, 5A–C). In diesem Stadium beginnt der Organismus mit der Nahrungsaufnahme. Durch Schlagen der Tentakel oder Einrollen zur Mitte hin werden anhaftende Partikel zur zentralen Mundöffnung transportiert. Sechs Wochen nach Festsetzen der Doliolaria-Larve kann der Stiel der Pentacrinoid-Stadien 6 mm lang geworden sein. Von einer zentralen Scheibe zwischen den Oral- und Basalplatten wachsen fünf Arme aus, die zunächst unverzweigt sind, sich mit fortschreitender Entwicklung jedoch verzweigen (Abb. 5D). Durch Verlängerung der Arme und Ausbildung von Pinnulae sehen späte Pentacrinoid-Stadien schon wie Miniatur-Haarsterne aus (Abb. 5E, F). Am Übergang zwischen Kelch und Stiel werden nach Ausbildung der Arme fünf radiär ausgerichtete Cirren gebildet, die zunächst dem Kelch noch eng anliegen (Abb. 5E). Ihre Endglieder sind zu Klauen modifiziert (Abb. 5F), die mit einem Dorn des vorletzten Gliedes wie eine Zange dem Festhalten dienen. Mit Wachstum und Ausdifferenzierung des Tieres werden weitere Cirren ausgebildet. Durch die Festheftung mit Hilfe der Haftscheibe (Abb. 5G), dem langen, gegliederten Stiel (Abb. 5H) und der Armkrone gleichen die später stiellosen Haarsterne in diesem Stadium den Seelilien. Das Pentacrinoid-Stadium kann für mehrere Monate existieren, ehe sich der junge Haarstern vom Stiel ablöst. Dabei wird nur das oberste Stielglied, das mit Skelettplatten des Kelches zu einem Element, dem Centrodorsale, verschmolzen ist, abgelöst.
Die im Labor kultivierten Larven benötigten eine wesentlich kürzere Entwicklungszeit. Zudem wurden zahlreiche umher schwimmende Individuen gefunden, die trotz fehlender Festheftung bereits Tentakel im Vestibulum ausgebildet hatten (Abb. 4C). Zu diesen Fehlentwicklungen kam es vermutlich aufgrund von Störungen während der Anheftungsphase.

## Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. W. Westheide für die Bereitstellung der makroskopischen Aufnahmen.

## Literaturhinweise

Balser, E. J.: Phylum Echinodermata: Crinoidea. In: Young, C. M, Sewell, M. A., Rice, M. E. (eds.): Atlas of marine invertebrate larvae, pp. 463–482. Academic Press, New York 2002.

Brusca, R. C., Brusca, G. J.: Invertebrates. Sinauer, Sunderland 1990.

Hentschel, E. J., Wagner, G. H.: Zoologisches Wörterbuch. 6. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Jena 1996.

Messing, Ch. G.: Comatulid Website. http://www.nova.edu/ocean/messing/crinoids/w2pagelist.html.

Meyer, D. L. (1985): Evolutionary implications of predation on recent comatulid crinoids from the Great Barrier Reef. Paleobiology *11*, 154–164.

Meyer, D. L., Ausich, W. I.: Biotic interactions among recent and among fossil crinoids. In: Tevesz, M. J. S., McCall, P. L. (eds.): Biotic interactions in recent and fossil benthic communities, pp. 377–427. Plenum Press, New York 1983.

Mladenov, P. V. (1983): Rate of arm regeneration and potential causes of arm loss in the feather star *Florometra serratissima* (Echinodermata: Crinoidea). Canadian Journal of Zoology *61*, 2873–2879.

Goldschmid, A.: Echinodermata, Stachelhäuter. In: Westheide W., Rieger, R. (Hrsg.): Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere, S. 778–834. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996.

*Verfasser:* Dr. Monika C. M. Müller, Spezielle Zoologie, Fachbereich Biologie/Chemie, Universität Osnabrück, D-49069 Osnabrück,
e-mail: MCMueller@biologie.uni-osnabrueck.de

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


# Die Carl-Zeiss-Stiftung – Ihre Geschichte und Gegenwart. 1. Teil

Klaus Henkel

**Der Name Carl Zeiss steht nicht nur für hohe Produktqualität. Seine Werkstatt in Jena war auch Keimzelle der Entwicklung unserer heutigen Industriegesellschaft. Die dort vor weit über 100 Jahren geborenen Ideen und Grundsätze gestalten unser aller tägliches Leben tiefgreifend und in einem Ausmaß, das manchen Leser überraschen wird.**

In der einsamen Sierra Madre begegnet ein Forscher einem mexikanischen Granden. Als dieser des Zeiss-Feldstechers ansichtig wird, der vor der Forscherbrust baumelt, bietet er spontan sein Pferd samt Sattel und Zaumzeug zum Tausch an, und als der Forscher ablehnt, zusätzlich das Pferd seines Begleiters. Auch Firmen und Produkte haben ihre Mythen. Am 2. März 2001 las man im Wirtschaftsteil der *Süddeutschen Zeitung* eine mysteriöse Meldung: „Schott und Zeiss auf der Suche nach Konsens. Ehe die Firmen zu Aktiengesellschaften werden können, ist ein modernes Stiftungsstatut nötig. Seit über einem Jahr brüten die Unternehmen unter Federführung von Stiftungskommissar Heinz Dürr über einer Modernisierung des Statuts. Doch ein Ende der Konsenssuche ist nicht absehbar... Bei der Realisierung der Reform haben jedoch viele Stellen ein Wörtchen mitzureden, etwa die ungleichen Schwesterunternehmen und deren Organe, die Arbeitnehmervertreter, die Carl-Zeiss-Stiftung und deren Institutionen und letztlich wohl auch einige Politiker."
Konsenssuche? Sind denn Zeiss und Schott zerstritten? Was haben ein Stiftungskommissar und Politiker mitzureden, wenn zwei weltbekannte Großunternehmen Struktur und Organisation den Markterfordernissen anpassen wollen? Wieso muss man da erst ein Statut modernisieren? Warum ist das so anders als bei anderen Wirtschaftskonzernen?

## Wissenschaft und Bürgertum

Carl Zeiss* und sein Partner Ernst Abbe gelten als Prototypen einer neuen Unternehmergeneration der deutschen Gründerzeit, die sich durch Initiative, Risikobereitschaft, Disziplin, nationale Gesinnung, praktische Weitsicht, theoretischen Verstand und Organisations- und Durchsetzungsvermögen auszeichnete – Tugenden, von denen einige direkt in das Prädikat *Made in Germany* einmündeten. Der Bedeutungswandel dieses Produktsiegels, 1873 auf der Weltausstellung in Philadelphia zur Warnung vor der schlechten Qualität deutscher Erzeugnisse eingeführt, aber schon 15 Jahre später als Gütesiegel für deutsche Wertarbeit weltweit geachtet, belegt den Umschwung, den die neuen, verantwortungsbewussten Unternehmer herbeigeführt hatten. Ihr Charakteristikum war die Verknüpfung der Produktion mit der Wissenschaft und die Überführung des hohen handwerklichen Könnens aus der Welt der kleinen Werkstätten in industrielle Großbetriebe.
Carl Zeiss, Ernst Abbe und Werner von Siemens begründeten und gestalteten als Pioniere einer wissenschaftsorientierten Industriekultur maßgeblich die Entwicklung, die Deutschland nicht nur technisch-wissenschaftlich, sondern auch auf sozialem Gebiet zum weltweit anerkannten Vorbild machte. Mutig und beharrlich verfochten sie ihre Ideen und Ziele erfolgreich gegen die herrschenden Auffassungen. Den politischen Kräften waren sie in verantwortungsbewusstem Denken und Handeln um Jahrzehnte voraus, und es dauerte geraume Zeit bis jene ihren fortschrittlichen Ideen zu folgen wagten. Die wissenschaftlichen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und sozialen Umbrüche des beginnenden Industriezeitalters spiegeln sich in der ungewöhnlichen Struktur und Geschichte des Zeiss-Konzerns wider. Seit über

* Die korrekte Schreibweise Carl Zeiß wurde im Laufe der Zeit durch Carl Zeiss ersetzt.

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

110 Jahren stimulieren die dahinter stehenden Ideen auf besondere Weise den nie erlahmenden Erfindergeist und die geschäftlichen Erfolge der Stiftungsbetriebe Carl Zeiss und Schott & Genossen.

## *Carl Zeiss (1816–1888)*

Carl Zeiss wurde am 11. September 1816 in Weimar als fünftes von 12 Kindern geboren. Die Vorfahren mütterlicherseits waren hauptsächlich Juristen und Theologen, väterlicherseits bis in die fünfte Generation Drechsler. In der mütterlichen Ahnentafel begegnen uns bekannte Namen: Christiane Vulpius (Goethes Ehefrau), der Dichter Jean Paul, der Arzt Christoph Wilhelm Hufeland sowie in späteren Generationen der Maler Max Slevogt. Den Namen erhielt Carl nach seinem Paten, einem Freund seines Vaters, Prinz Karl Friedrich, später Großherzog von Sachsen-Weimar-Eisenach. Nach der Gymnasialbildung in Weimar will Carl Zeiss Mechaniker werden und geht in die Universitätsstadt Jena. Sein Lehrmeister ist Friedrich Wilhelm Körner, in dessen Werkstatt Geräte für Universitätsprofessoren und für Goethe gebaut werden. Körner ist Hofmechanikus an der Universität, hat einen Doktortitel, ist Mitglied des akademischen Lehrkörpers und hält Vorlesungen über die Herstellung und Anwendung von Instrumenten. Während der vierjährigen Lehrzeit hört Zeiss schon mathematische und naturwissenschaftliche Vorlesungen an der Universität. Die aufkommenden Dampfmaschinen und Lokomotiven üben auf junge Leute große Anziehung aus. Carl interessiert sich deshalb nach seiner Lehrzeit für den Maschinenbau, geht von 1838 bis 1845 auf Wanderschaft nach Stuttgart, Darmstadt, Wien und Berlin. Dann aber widmet er sich, nach Jena zurückgekehrt, dem Bau wissenschaftlicher Apparate. Auf sein Gesuch auf Errichtung eines Ateliers zur Fertigung und zum Verkauf mechanischer und optischer Instrumente erteilt ihm, der wegen seiner Tüchtigkeit Fürsprecher unter der Professorenschaft hat, die großherzogliche Regierung im November 1846 die erbetene Konzession.

**Abb. 1: Carl Zeiss um 1850 (aus: Innovation, Zeiss Information *1*, 1996).**

Zunächst konstruiert, baut und repariert Carl Zeiss allerlei physikalische und chemische Instrumente, von denen die aus Spiegelglas geschliffenen Lupen besonderen Anklang finden. Daneben verkauft er in einem kleinen Laden von anderen Fabrikanten bezogene optische und andere Laborgeräte. 1847 beginnt er selbst mit der Herstellung einstufiger Mikroskope. Zweckmäßiger, besser und billiger als die der Konkurrenz, sind sie bald ein Verkaufsschlager, und Zeiss geht zur Fertigung zweistufiger Mikroskope über. Er lebt viele Jahre lang bescheiden, steckt alles Geld in den wachsenden Betrieb, den er in streng patriarchalischem Sinn führt. Mikroskope, die von seinen Gehilfen nicht mit der von ihm verlangten Präzision gefertigt worden sind, zerschlägt er eigenhändig mit dem Hammer auf dem Amboss. Produkte aus seiner Werkstatt müssen Zeiss-würdig sein, in den kommenden Jahrzehnten ein geflügeltes Wort in Jena. Arbeitszeit ist von 6 bis 19 Uhr,

13 Stunden bei 15 Minuten Frühstücks- und einer Stunde Mittagspause. Zum guten Betriebsklima tragen Zeiss' strenge, aber gerechte Führung bei, Betriebsausflüge per Pferdewagen und andere Festlichkeiten auf Firmenkosten sowie Einladungen in den Zeiss'schen Familiengarten zu Wein und Brot.
Carl Zeiss liest viel, bildet sich weiter. Sein Ziel ist es schon bald, im Bau von Mikroskopobjektiven vom Pröbeln oder Tatonnieren loszukommen. Bei dieser Verfahrensweise wurden die Linsen eines Systems immer wieder durch andere ersetzt und ihre Abstände voneinander so lange verändert, bis ein brauchbares Objektiv oder Okular zustande gekommen war. Dieses Muster wurde dann nachgebaut oder durch neue Veränderungen der Linsenradien und Abstände weiter verbessert. Zu dieser Methode des Versuch und Irrtum gehörte auch eine gewisse Portion Glück. Amici schrieb in einem Brief, dass er für seine stärkeren Objektive etwa 500 Linsen zur Auswahl bräuchte. Sie waren also sehr kostspielig, und die Lieferzeit betrug im allgemeinen ein bis zwei Jahre. So war es Brauch in der gesamten optischen Manufaktur. Zeiss aber will Mikroskopoptik nach Berechnungen herstellen, was Experten allerdings für unmöglich halten – obwohl Fraunhofer in München bereits 1819 ein Fernrohrobjektiv nach einer Rechnung gebaut hatte und Voigtländers Mitarbeiter Petzval in Wien 1840 ein fotografisches Objektiv.
1860 wird Carl Zeiss der Titel eines Universitätsmechanikus verliehen, 1861 Ehrenpreis bei der Thüringischen Gewerbeausstellung, Ernennung zum Hofmechanikus 1863. Seine Mikroskope haben inzwischen Weltruf erlangt und die meisten Konkurrenten hinter sich gelassen. Trotz alledem bleibt er unzufrieden mit dem Pröbeln und beschließt deshalb Anfang Juli 1866 eine Zusammenarbeit mit dem jungen Physiker Ernst Abbe, der in Jena als Privatdozent wirkt.

### *Ernst Abbe (1840–1905)*

Ernst Carl Abbe, ältestes von zwei Kindern, kränkelt ständig, klagt oft über Kopfschmerzen, erleidet bis zu seinem 14. Lebensjahr Krämpfe, glänzt aber trotzdem in der Schule. Die Besitzer der Spinnerei von Eichel in Eisenach, in der sein Vater Spinnmeister und Fabrikaufseher ist, stiften für Ernst das Schulgeld für den Besuch des Realgymnasiums in Eisenach. Nach dem Abitur – schon mit 17 Jahren – studiert er an der Universität Jena Mathematik. Mit der Lösung von Preisaufgaben, Privatunterricht und einem weiteren Stipendium der Spinnereibesitzer von Eichel hält er sich finanziell über Wasser.
Jena zählt 2000 Haushalte mit zusammen 6800 Einwohnern. Seit zehn Jahren ist dort kein Haus mehr gebaut worden; als es dann wieder geschieht, führt die Sensation zu Volksaufläufen. Die Eisenbahn berührt das Städtchen nicht. Da die Universität Jena zu wenig in Mathematik und Physik bieten kann, geht Abbe für einige Zeit nach Göttingen und promoviert dort. Anschließend übt er in einer mechanisch-optischen Werkstätte das Feilen, Hobeln, Schleifen und Drehen und wird vorübergehend Assistent bei einem Astronomen und anschließend beim Physikalischen Verein in Frankfurt am Main. Der reiche Frankfurter Privatgelehrte Michel Reiss finanziert ihm seine Habilitation. Abbe reicht sie im August 1863 in Jena ein und wird bald darauf zum Privatdozenten ernannt. Er liest über Mathematik, Physik und

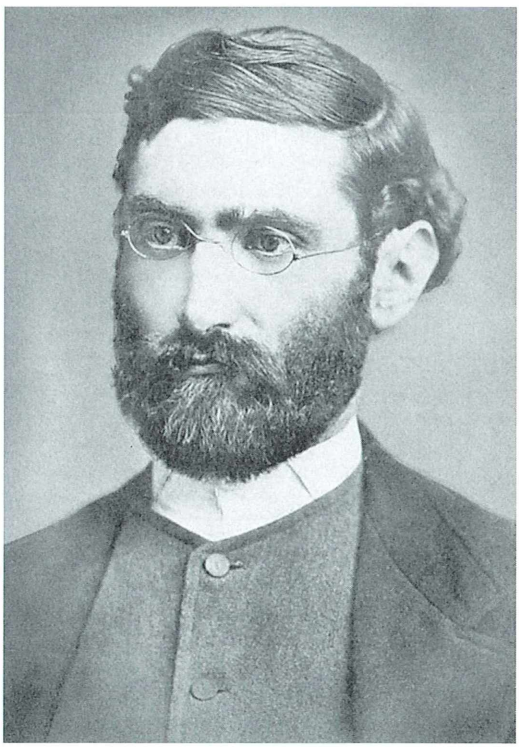


**Abb. 2: Ernst Abbe (aus: Sponsel, 1957).**

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

Astronomie, führt als Neuigkeit ein physikalisches Praktikum ein und bemüht sich, stets auf dem neuesten Stand der Wissenschaft zu sein. 1874 behandelt er die Dioptrik und die Theorie der optischen Instrumente, 1876 folgen Übungen in optischen Experimenten und 1877 eine Vorlesung über Optik. Die letzte hält er 1897/98 über die Diffraktion des Lichts. Wegen der Mitarbeit bei Zeiss und vielfältigen anderen Aufgaben an der Universität kann er zwischen 1863 und 1870 nichts publizieren, die Ernennung zum außerordentlichen Professor erfolgt deshalb erst 1870. Schon vorher sind seine Gelder verbraucht, und er muss von den dürftigen Hörgeldern leben.

## Die erfolgreiche Partnerschaft von Carl Zeiss, Ernst Abbe und Otto Schott

Zeiss gewinnt Abbe für seinen Plan, die Mikroskopfertigung auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen und vor allem vom Pröbeln loszukommen. Abbe hat bisher noch nicht auf dem Gebiet der Optik gearbeitet und geht das Problem unvorbelastet an. Während er an der Berechnung von Mikroskopobjektiven tüftelt, modernisiert und rationalisiert Zeiss bereits die Fertigung für deren spätere Herstellung. Bald können mit gleichem Personal mehr Mikroskope gebaut werden, so dass ihr Preis um 25 Prozent sinkt. Der Abbe'sche Beleuchtungsapparat wird eingeführt. Dieser Kondensor wird in USA und Japan noch heute Abbe genannt. Mit ihm können mikroskopische Präparate zum ersten Mal befriedigend ausgeleuchtet werden. Danach nimmt Abbe sich die Objektive vor.

Er stellt zunächst eine allgemeine, von allen besonderen Voraussetzungen unabhängige Abbildungstheorie auf. Dann beschreibt er das Verfahren der vollständigen theoretischen Vorausberechnung aller Konstruktionselemente des Mikroskops. Und er verbringt Jahre mit endlosen Berechnungen und Versuchen – ohne sichtbaren Erfolg. Die unbefriedigende Bildgüte enttäuscht ihn. Er weiß, dass der Bildfehler der sphärischen Aberration einfacher für Objektive mit geringer Apertur korrigiert werden kann, doch als er 1868 einige solcher Objektive berechnet, erweisen sie sich als wertlos. Sie sind deutlich schlechter als die weniger gut korrigierten erpröbelten. Dass die bisherigen Objektive akzeptable Abbildung liefern, auch wenn infolge einer Beleuchtung mit geringer Apertur nur der zentrale Teil ihrer Apertur benutzt wird, macht Abbe zunächst ratlos. Doch nach langwierigen Versuchen findet er die Ursache in der Beugung des Lichts. Als er dann die Beugungstheorie der mikroskopischen Abbildung aufstellt, ist die ursprüngliche Aufgabe im wesentlichen gelöst und Carl Zeiss kann 1872 nach vielen Jahren der Mühe und Rückschläge in seinem Mikroskopkatalog Nummer 19 auftrumpfen:

*Die hier aufgeführten Mikroskop-Systeme sind sämmtlich neuerdings auf Grund theoretischer Berechnung des Herrn Professor Abbe in Jena construirt.*

Die Qualität der Zeiss-Objektive wird seither von keinem Konkurrenzprodukt mehr übertroffen – bis auf den heutigen Tag nicht. Das schlägt sich natürlich deutlich im Preis nieder. Trotzdem reißt die Nachfrage nicht ab. Vom ersten Gewinn zahlt Zeiss dem überraschten Abbe einen Anteil von 800 Talern, ein kleines Vermögen. Aber Abbe ist noch nicht zufrieden mit dem Erreichten. Zwar ist die Mikroskopfertigung weiter rationalisiert worden, doch hat er noch Probleme, eine vernünftige Arbeitsteilung gegen den Widerstand eines großen Teils der Belegschaft durchzusetzen. Carl Zeiss nimmt Ernst Abbe 1875 als Teilhaber auf. Dieses Jahr wird noch zu einem anderen Meilenstein, nicht nur in der Firmengeschichte. Die Zeiss-Krankenkasse wird gegründet. Sie garantiert jedem Werksangehörigen freie Behandlung durch einen Kassenarzt sowie den kostenlosen Bezug von Medikamenten. Bei Arbeitsunfähigkeit wird sechs Wochen lang eine finanzielle Unterstützung gezahlt und der halbe Betrag davon für weitere sechs Wochen.

Das Betriebsklima ist auch weiterhin patriarchalisch geprägt, von Mitbestimmung am Arbeitsplatz halten Zeiss und Abbe nichts, doch sind sie gerecht, gütig und fürsorglich. Zur Weiterbildung werden Bücher beschafft, woraus mit der Zeit die stattliche Mechaniker-Bibliothek entsteht. Die Zeissianer sind stolz auf ihren Betrieb. Nach Feierabend trifft man sich im Knotenbund zu feucht-fröhlicher Runde.

Im Oktober 1876 wird die Fertigstellung des 3000. Mikroskops gefeiert. Die Belegschaft ist auf 60 Leute angestiegen und Carl Zeiss' Sohn Roderich übernimmt die kaufmännische Verwaltung. 1879 wird er Teilhaber. Er erwirbt sich auch Verdienste bei der Entwicklung mikrofotografischer Apparate. Im Frühjahr 1879 kann endlich das von Abbe berechnete Objektiv für homogene Ölimmersion angeboten wer-

den. Es bewährt sich so sehr, dass es bald von den meisten anderen Firmen im In- und Ausland nachgebaut wird. Abbe hat fairerweise immer anerkannt, dass die Idee von dem Engländer Stephenson stammt, mit dem er korrespondiert hat.

Carl Zeiss ist auch weiterhin der maßgebende Geschäftsführer, doch ordnet er sich immer mehr Abbes Initiative unter, der die Modernisierung und Vergrößerung des Werkes stetig vorantreibt.

Schließlich wird Zeiss zu Beginn der achtziger Jahre Abbe bei der Entscheidung über den Übergang zum Großbetrieb seine Zustimmung und freie Hand geben.

Ein wesentliches Problem ist noch ungelöst, nämlich die Herstellung geeigneten optischen Glases für die von Abbe rein theoretisch erdachten apochromatischen Objektive hoher Apertur. Wegen mäßiger Qualität, geringer Auswahl und Verzögerungen bei der Lieferung des optischen Glases aus England, Frankreich und der Schweiz nehmen Abbe und Zeiss seine Herstellung in die eigene Hand. Sie überreden den Chemiker und Glasfachmann Otto Schott aus Witten (1851–1935) nach Jena überzusiedeln, wo sie ihm mit staatlicher Unterstützung ein glastechnisches Laboratorium einrichten.

Schott gilt zu Recht als der Begründer der modernen Glastechnologie. Er erforscht in systematischer Arbeit die Abhängigkeit der optischen Glaseigenschaften von ihrer Zusammensetzung. In der Borsäure und der Phosphorsäure findet er die Bausteine zahlreicher neuer, für die Optik wertvoller Gläser mit bis dahin nicht gekannten optischen Eigenschaften. Seine Erfindungen außerhalb der Optik, wie das chemisch-thermisch widerstandsfähige Borosilikatglass (Jenaer Geräteglas), das Verbundglas, Beleuchtungsgläser und andere sichern dem Glaswerk eine rasche und bedeutende Entwicklung, die aus der kleinen Glashütte bald einen Großbetrieb werden lässt.

Die Zusammenarbeit mit Otto Schott ist für das Zeiss-Werk ein historischer Glücksfall. 1886 bringt Carl Zeiss die ersten apochromatischen Mikroskopobjektive auf den Markt. Sie sind die Krönung der von ihm inspirierten und von Abbe ausgeführten Bemühungen um die Schaffung von Objektiven auf rechnerischer Grundlage und liefern mit Schotts neuen Glassorten eine bis dahin nicht gekannte Abbildungsqualität. Die Mitglieder des Kongresses russischer Ärzte sind von ihnen so begeistert, dass sie Zeiss im Jahr darauf zu ihrem Ehrenmitglied machen.

Anlässlich der Fertigstellung des 10.000. Mikroskops findet am 24. September 1886 ein

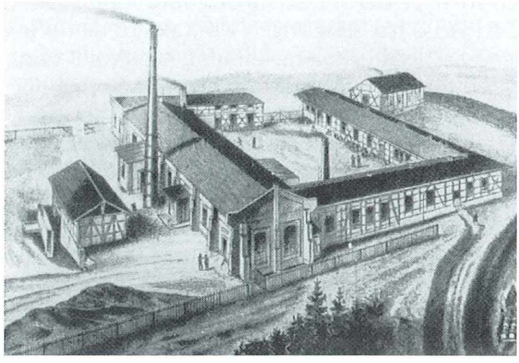


**Abb. 3: Das Glastechnische Laboratorium 1886. Hier werden zunächst optische Gläser entwickelt, später auch produziert. Es ist die Keimzelle des *Jenaer Glaswerks Schott & Genossen*, der gemeinsamen Gründung von Abbe, Schott, Carl und Roderich Zeiss (aus: Stolz, 1993).**

**Abb. 4: Otto Schott um 1890 (aus: Stolz, 1993).**

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

rauschendes Fest in Jena statt, zu dem alle Werksangehörigen und ihre Ehefrauen eingeladen sind. Noch nach Jahrzehnten wird man davon sprechen. Bald danach versiegen Carl Zeiss' Kräfte, und nach mehreren Schlaganfällen stirbt er am 3. Dezember 1888.

Carl Zeiss hat stets engen Kontakt zu den Wissenschaftlern gehalten, die ihm wertvolle Hinweise für die Konstruktion seiner Mikroskope gaben. Sein besonderes Verdienst aber war, dass er auch dann, als seine eigenen Bemühungen scheiterten und andere Wissenschaftler ihm abrieten, beharrlich an der Idee festhielt, Mikroskopobjektive auf rechnerischer Grundlage zu schaffen. Zeiss hat Abbe dazu jede erdenkliche Unterstützung selbst dann noch gewährt und finanziert, als keiner mehr an Abbe glaubte und die kleine Jenaer Firma dem Ruin nahe war – bis sich schließlich doch der ersehnte Erfolg einstellte. Dass diese Objektive nur von sorgfältigen Facharbeitern mit äußerster Präzision hergestellt werden konnten, kam dem Unternehmen zugute, denn darauf hatte Carl Zeiss ja stets Wert gelegt. Und Abbes innerbetriebliche Umorganisation mit dem Wandel von der Werkstatt zum Großbetrieb ermöglichte die Fertigung von Mikroskopen mit hoher Präzision auch in großen Stückzahlen.

**Abb. 5: Carl Zeiss. Auf Antrag des Zoologen Ernst Haeckel, inzwischen Professor und Dekan der Fakultät, verleiht die philosophische Fakultät der Universität Jena im Jahr 1880 Carl Zeiss den Dr. phil. honoris causa (aus: Sponsel, 1957).**

Nach der konsequenten Umsetzung von Abbes Berechnungen in die Herstellung wollte plötzlich alle Welt nur noch Mikroskope von Zeiss, und Firmen wie Ernst Leitz in Wetzlar standen kurz vor dem Ruin. Doch verzichtete Abbe weit blickend auf Patentierung, gestand ausdrücklich allen Herstellern das Recht zu, seine Erkenntnisse frei und unentgeltlich zu verwerten. Trotzdem verschwanden viele namhafte Konkurrenzbetriebe in Europa und Übersee von der Bildfläche, weil sie die Einführung der gerechneten Optik und den Übergang zum Großbetrieb nicht nachvollziehen konnten.

Fundamental für viele optische Instrumente ist die von Abbe aufgestellte Sinusbedingung (Korrektionsforderung für Objektive mit hoher Apertur) und das Komparatorprinzip, das er ebenfalls als erster formulierte. Seine Theorien spielten auch später die zentrale Rolle beim Phasenkontrastverfahren von Frits Zernike. Am nachhaltigsten aber hat seine wellenoptische Theorie der Bildentstehung im Mikroskop die moderne Optikentwicklung geprägt. Abbe hat einmal gemutmaßt: *Vielleicht, daß es in der Zukunft dem menschlichen Geist gelingt, sich noch Prozesse und Kräfte dienstbar zu machen, welche auf ganz anderen Wegen die Schranken überschreiten lassen, welche uns jetzt als unübersteiglich erscheinen müssen. Das ist auch mein Gedanke. Nur glaube ich, daß diejenigen Werkzeuge, welche dereinst vielleicht unsere Sinne in der Erforschung der letzten Elemente der Körperwelt wirksamer, als die heutigen Mikroskope unterstützen, mit diesen kaum etwas Anderes als den Namen gemeinsam haben werden.* Sicherlich hätte es ihn überrascht, wie sehr die 50 Jahre später entwickelten Elektronenmikroskope, bei denen die Glaslinsen durch Magnetfelder ersetzt sind, nach denselben Prinzipien aufgebaut sind wie das Lichtmikroskop, das er als erster wissenschaftlich beschrieben hat.

Finanzielle Sorgen hat Abbe nun nicht mehr, da die von Zeiss gezahlte Gewinnbeteiligung laufend steigt. Sonntags bewirtet er seine Freunde im Schillergarten mit Kaffee, einmal im Jahr gibt er ein Fest für die Kinder aller Werksangehörigen bei Kakao und Kuchen. Er ist hilfsbereit gegen jedermann, man vertraut ihm, und seine Arbeiter wie Fremde rufen ihn oft zum Schlichten von Streitigkeiten an. Er hilft in Rechtsfragen, gibt Rat beim Hausbau und bei der Verwertung von Erfindungen.

Abbe reist gerne. In London besucht er Sitzungen der *Royal Microscopical Society* und des *Quekett Microscopical Club*. Er liebt die Alpen und macht regelmäßig Urlaub in der Schweiz, wo er auch stets nach Flussspat für die Herstellung von Objektivlinsen Ausschau hält. Die dortige Demokratie imponiert ihm sehr, denn auch er ist der Idee nach ein Demokrat. Er ist nicht willens, Einschränkungen der staatsbürgerlichen Rechte hinzunehmen, Benachteiligung von Bürgern aus politischen oder religiösen Gründen regen ihn auf. Deshalb setzt er bei seiner Stiftung für das Volkshaus in Jena gegen den nachdrücklichen Protest der Regierung durch, dass dort im Rahmen der Volksbildung nicht nur über Wissenschaft und Belletristik diskutiert werden soll, sondern selbstverständlich auch über Politik. Zu Abbes Bekanntenkreis gehört Anton Dohrn, der spätere Gründer und Leiter der Zoologischen Station in Neapel, der sich sehr für soziale Fragen interessiert und die Bücher von Lange und Marx liest. Er spricht mit Abbe darüber, dem diese Werke noch unbekannt sind, und beide besuchen 1869 die Vorträge von August Bebel, die dieser noch als einfacher Drechslermeister in einer bescheidenen Jenaer Kneipe hält. Abbe spendet auch Geld für politische Zwecke, zum Beispiel um das Monopol der Jenaischen Zeitung zu durchbrechen, die konservative Ideen vertritt. Als scharfer Gegner des preußischen Militarismus steht er im Zeitalter des Imperialismus im schroffen Gegensatz zu vielen Akademikern, so dass er bald ihm unbekannte Personen und größere Gesellschaften meidet. Das führt ihn in eine Vereinsamung, die er sehr bedauert.
Viele Ehrenämter werden Abbe angetragen, die meisten lehnt er wegen Arbeitsüberlastung ab. Einige Zeit ist er auch Vorstandsmitglied des Deutschen Museums in München. Die Stadt Jena ernennt ihn zum Ehrenbürger. Ende März 1903 hat sich seine Gesundheit so verschlechtert, dass er von der Geschäftsleitung zurücktritt. Um Schmerzen zu lindern, nimmt er Drogen, von denen er abhängig wird. Er stirbt kurz vor seinem 65. Geburtstag am 14. Januar 1905.

### *Ernst Abbe ordnet die Zukunft*

Bereits im Alter von 45 Jahren macht sich Ernst Abbe ernsthaft Sorgen um seine Nachfolge als Unternehmer. Fraunhofers Betrieb in Benediktbeuern ist ihm ein warnendes Beispiel. Dort war zu Beginn des 19. Jahrhunderts beim Schmelzen neuer Glassorten und der Entwicklung der Fernrohroptik Bahnbrechendes geleistet worden. Aber weil man nicht rechtzeitig über eine Nachfolge nachgedacht hatte, waren nach Fraunhofers Tod die meisten Betriebskenntnisse und Errungenschaften verloren gegangen. Abbe sieht auch voraus, dass die fortschreitende Arbeitsteilung die Mitarbeiter seiner Betriebe immer in die Gefahr bringen wird, ausgebeutet zu werden. Er will das wenigstens in den eigenen Betrieben verhindern, denn das Verhältnis von Kapital und Arbeit beurteilt er nicht nur als Großunternehmer mit beträchtlichem Vermögen, der er nun geworden ist, son-

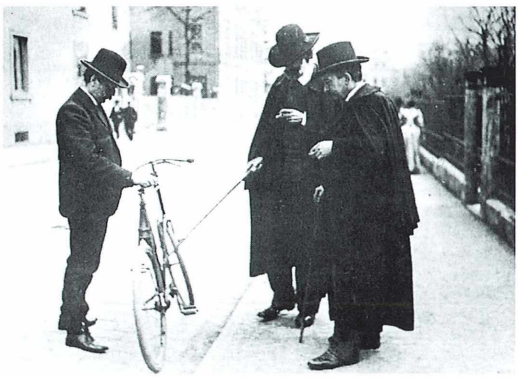


**Abb. 6: Alles Technische fand Abbes Aufmerksamkeit. Im Bild sehen wir ihn (Mitte) zusammen mit Otto Schott, wie sie das kettenlose Fahrrad von Paul Rudolph, dem Konstrukteur der weltberühmten Fotoobjektive *Planar* und *Tessar*, begutachten (aus: Evenett, 1996).**

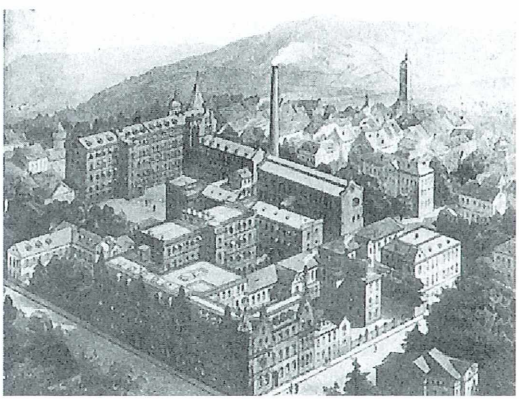


**Abb. 7: Das Zeiss-Werk in Jena um 1906 (aus: Stolz, 1993).**

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

dern auch aus der Sicht des Proletariersohnes. Das lokale wirtschaftliche Interesse und eine gemeinnützige Wirksamkeit seiner Betriebe haben für ihn Vorrang, bloßer Gelderwerb dürfe deshalb niemals die maßgebende Richtschnur der beiden Werke werden. Sie seien zu einer Art öffentlichem Gut geworden, dessen Erhaltung, Gedeihen und dauernde Sicherung folglich eine Sache von öffentlichem Interesse sei. Seinen stetig anwachsenden Besitz betrachtet er als anvertrautes Gut, das ihn in die Pflicht nimmt und an die Allgemeinheit zurückgehen muss. Doch wie? Zehn lange Jahre beschäftigt ihn das. Um einem Irrtum vorzubeugen sei aber betont, daß Abbe die kapitalistische Marktwirtschaft und die bürgerlichen Verhältnisse zwar als höchst reformbedürftig, aber für die einzig mögliche Gesellschaftsordnung des Industriezeitalters und das Unternehmertum als eine unverzichtbare Einrichtung ansah.
Zunächst hat er die Idee, die Universität als Erben einzusetzen, was aber rechtlich nicht möglich ist. 1886 beginnt er schließlich mit Rückerstattung, indem er der Universität Jena eine ansehnliche jährliche Stiftung vermacht und deren baldige beträchtliche Erhöhung ankündigt. Ihm ist aber bewusst, dass sein soziales Gewissen eine grundsätzliche Entscheidung verlangt. Schließlich wählt er die Form einer Stiftung als juristischer Person bei staatlicher Überwachung, um den Bestand der Werke zu sichern. Abbe entschied sich mit Bedacht für diese Rechtsform und setzte damit zugleich ein Beispiel für eine Form von Kapitaleigentum, das weit in die Zukunft greifen sollte.
Nach jahrelangem, beharrlichem Zureden Abbes verzichtet auch Roderich Zeiss gegen eine großzügige Abfindung auf seinen Anteil an den beiden Firmen Carl Zeiss und Schott & Gen. zu Gunsten der Stiftung.

### *Literaturhinweise*

Siehe 2. Teil im nächsten MIKROKOSMOS-Heft

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

## Nachricht

# *Sonnenschutz in Glasperlen*

Die Verwendung von Glas ist vielfältig und absolut unabdingbar in der Herstellung optischer Geräte. Der Mikroskopiker schätzt gutes Glas im Linsensystem seines Mikroskops, Astronomen brauchen es für ihre Teleskope, der Optiker macht daraus Brillen, und ohne Fensterglas wäre das Leben sehr viel trister. Ein neuer Anwendungsbereich wurde nun von der Kosmetikindustrie entwickelt.
Hochwirksamer Sonnenschutz, verpackt in unsichtbare, winzigste Glaskügelchen, ist der neueste Clou aus der Forschung von Merck, dem einzigen Unternehmen mit der weltweiten Lizenz für den Einsatz dieses Produkts. Die so genannten Eusolex®UV-Pearls™ lassen sich mit einer Creme auf die Haut auftragen. Ihr Vorteil: Da der UV-Filter in den Kügelchen bleibt, bietet er optimalen Schutz, ohne selbst in die Haut einzudringen. Daher eignen sich die verkapselten Lichtschutzfilter besonders für Allergiker oder Menschen mit empfindlicher Haut. Dank der Verkapselung lassen sich auch verschiedene, sonst untereinander nicht verträgliche UV-A und UV-B Filter in einer Creme kombinieren und beugen so Sonnenbrand, vorzeitiger Hautalterung und Hautkrebs durch Sonnenstrahlen vor. Die im Schnitt rund einen Mikrometer kleinen Glaskugeln sind transparent, druck- und riebfest.
Glaskügelchen auf der Haut – das klingt im ersten Moment befremdlich. Doch Glas ist für die Haut ein absolut neutraler Stoff. Siliziumglas (Silica) lassen wir täglich an oder in unseren Körper: Es findet sich als Additiv in Nahrungsmitteln und in der Kosmetik; Zahnpasta sei hier nur ein Beispiel. Siliziumglas ist chemisch, photochemisch und thermisch stabil.
Das Besondere an dem zur Verkapselung verwendeten Siliziumglas: Es wird bei Raumtemperatur hergestellt. Das ist ungewöhnlich, denn normales Glas entsteht in der Schmelze bei hohen Temperaturen von mehr als 1000 °C. Bei diesen Bedingungen würden die winzigen Lichtschutzfilter jedoch längst zerstört. Merck hat den Dreh heraus, wie man die hohen Temperaturen umgeht.

Redaktion MIKROKOSMOS

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


# Die Purpur-Rotalge Porphyridium purpureum – Gehäuftes Auftreten an Bäumen im Jahre 2001

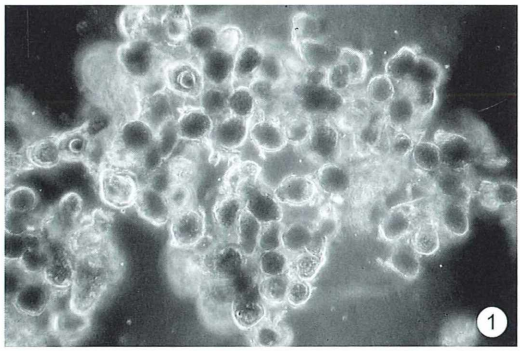
Ernst-August Schlichting, Manfred Tauscher und Klaus Wöldecke

**Rotalgen leben hauptsächlich im Meer. Nur wenige Arten findet man im Plankton der Binnengewässer oder aerophytisch und euterrestrisch lebend. Zu diesen zählt die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* (Bory) Ross in Drews & Ross 1965, die im Jahre 2001 eine vorher noch nicht beobachtete Vermehrung an Baumrinden zeigte, die über den Winter bis zum Sommer anhielt.**

Die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* (syn. *Porphyridium cruentum*) bildet amorphe Gallertlager, die je nach Untergrund schwarzrot bis karminrot erscheinen (Abb. 1). Die Einzelzellen, die kugelig, zum Teil aber auch polygonal geformt sind, zeigen sich braunrot bis rot gefärbt (Abb. 2). Die rote Farbe der Chloroplasten wird durch eingelagerte Karotinoide und durch den für Rotalgen spezifischen Farbstoff Phycoerythrin bedingt. Die Chloroplasten zeigen asteroide Formen mit spitzen Ausläufern zur Zellwand und einem Pyrenoid in der Mitte. Der Zellkern liegt in einem Ausschnitt des Chloroplasten nahe der Zellwand. Die Zellen sind 7–12 µm groß. Ihre Fortpflanzung geschieht durch Zellteilung oder nackte Monosporen.
Die Purpur-Rotalge findet man üblicherweise ganzjährig an feuchten, schattigen Stellen auf der Erde, an feuchtem Gemäuer und am Fuß von Baumstämmen, vorzugsweise in Gewässernähe.

## Beobachtungen im Jahre 2001

Im Jahre 2001 konnten wir an vielen verschiedenen Fundorten, hauptsächlich in Südniedersachsen, aber auch im Wendland, auf Usedom und in Bayern, eine Massenvermehrung von *Porphyridium* an der Rinde einer Vielzahl verschiedener Bäume feststellen (siehe Titelbild). Dieser Algenbewuchs, der weitgehend die gleiche karminrote Färbung aufwies und zum Teil ganze Baumstämme rot erscheinen ließ, blieb auch über den Winter 2001/2002 erhalten. Nach übereinstimmender Aussage einer großen Zahl von Naturbeobachtern, denen wir an dieser Stelle für Hinweise auf Vorkommen und zeitliches Auftreten danken, konnte dieses Phänomen in früheren Jahren in dieser Deutlichkeit nicht wahrgenommen werden.



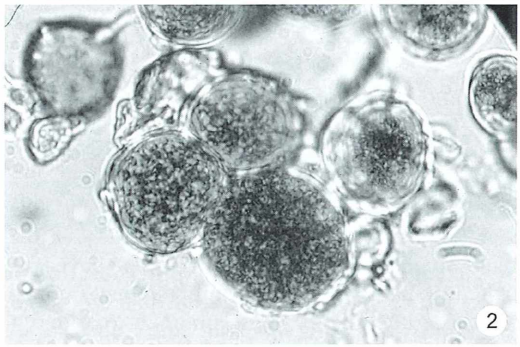




**Abb. 1: *Porphyridium purpureum*, Gallertlager, Dunkelfeld, 250×. – Abb. 2: *P. purpureum*, Zellhaufen, Hellfeld, 800×.**

Copyright © 2003 Elsevier GmbH. All rights reserved. http://www.elsevier.de/

Den ersten Hinweis gaben im Februar 2001 junge Eschen nahe der Elzer Saale (Landkreis Hildesheim), deren Stämme am Fuß etwa 35–40 cm hoch mit *Porphyridium* bewachsen waren. Weitere Beobachtungen zeigten über das Jahr 2001 zum Teil großflächigen Bewuchs der Stämme bis hin zur Baumkrone an folgenden Spezies: *Acer campestre* (Feldahorn), *Alnus glutinosa* (Schwarzerle), *Fraxinus excelsior* (Esche), *Malus domestica* (Apfel), *Platanus x hybrida* (Platane), *Populus tremula* (Zitterpappel), *Salix caprea* (Salweide), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder), *Sorbus aucuparia* (Eberesche), *Syringa vulgaris* (Gemeiner Flieder) und *Tilia platyphyllos* (Sommerlinde).

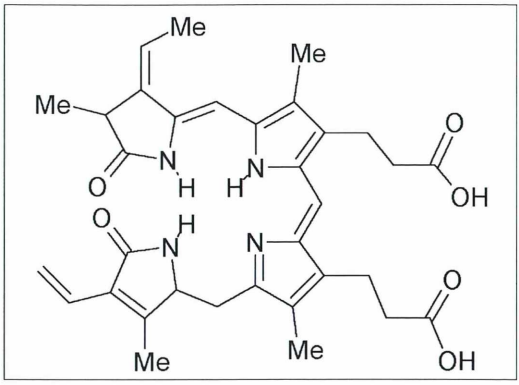



**Abb. 3: Chemische Formel von Phycoerythrobilin.**

## Bestimmung

Zur Bestimmung wurden die Rindenproben zunächst angefeuchtet und die Rotalgen nach etwa 15 bis 20 Minuten mit einem Pinsel abgewaschen. Die mikroskopische Untersuchung geschah im Hell- und Dunkelfeld sowie im Phasenkontrast mit Vergrößerungen von 500- bis 1000fach. In einigen Proben war *Porphyridium* vergesellschaftet mit *Desmococcus olivaceus*, einer an Rinden häufig auftretenden Grünalge. Während diese chlorophyllhaltigen Grünalgen im Fluoreszenzmikroskop die übliche Rotfärbung ihrer Chloroplasten zeigten, gab *P. purpureum* erwartungsgemäß keine Fluoreszenz, da ihr Farbstoff Phycoerythrin (Abb. 3) als offenkettiges Tetrapyrrolderivat nicht wie das Porphin-Ringsystem (Abb. 4) im Chlorophyll durch UV-Licht angeregt werden kann.

Wurden die Algen im trockenen Zustand von den Rinden abgebürstet und auf dem Objektträger in Wasser aufgenommen, konnte man das Quellen der Gallertlager über eine Zeit von 20 bis 30 Minuten deutlich beobachten.

Nach unseren Beobachtungen kommt der *Porphyridium*-Bewuchs an Bäumen nicht nur an feuchten Standorten, zum Beispiel an Fluss- und Bachläufen vor, sondern auch an trockenen Stellen. Offenbar genügt den Rotalgen, ebenso wie vielen Rinden bewohnenden Grünalgen, die Feuchtigkeit der Luft, um auch regenarme und heiße Perioden zu überstehen.

Es würde uns interessieren, ob auch in anderen Gegenden Deutschlands, beziehungsweise Mitteleuropas ähnliche Beobachtungen gemacht wurden. Über entsprechende Nachrichten würden wir uns sehr freuen.

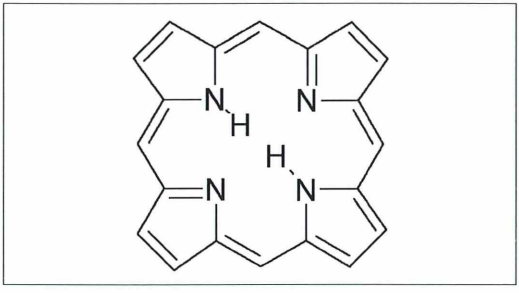



**Abb. 4: Strukturformel von Porphin.**

## Dank

Herrn Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts, Herrn Prof. Dr. Hartmut Laatsch, Institut für Organische Chemie Universität Göttingen, für die Erstellung der Formelbilder.

## Literaturhinweise

Ettl, H., Gärtner, G.: Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1995.

Van den Hoek, C., Jahns, H. M., Mann, D. G.: Algen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1993.

Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen. 9. Aufl. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart 2002.

*Verfasser:* Ernst-August Schlichting, Triftstrasse 16, D-31036 Eime; Dipl.-Chemiker Dr. Manfred Tauscher, An der Beeke 21, D-31028 Gronau; Apotheker Klaus Wöldecke, Gabelsbergerstraße 17, D-30163 Hannover, alle Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover

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





# Ein „Ufo"? Bestimmungshilfe erwünscht!

Peter Hippe

Auch nach achtundzwanzig Jahren Hobby-Mikroskopie sehe ich fast täglich Dinge, die ich vorher noch nie gesehen habe. Das unterscheidet die Mikroskopie vom Fernsehen. Meine Entdeckerfreude wird allerdings immer dann ganz schnell getrübt, wenn es mir nicht gelingt, die Objekte zu bestimmen oder wenigstens vage zuzuordnen. Einen solchen Fall möchte ich hier vorstellen.

## Das Objekt

Man könnte es für eine mittels Nanotechniken hergestellte TV-Bildröhre halten (Abb. 1). Die maximale Breite schwankt von 16 bis 23 µm. Das Hinterende ist immer etwa 2,5 µm breit und 8 µm lang. Die stark dreidimensionale Ausdehnung erschwert leider das Fokussieren zu einer bildwirksamen Darstellung. Neben dieser überwiegend vorkommenden Form fanden sich noch runde Varianten mit bis zu vier Auswüchsen (Abb. 2). Auch im Phasenkontrast erscheinen die Objekte leer, lassen sich aber infolge starker Halo nur schlecht abbilden. Beste Ergebnisse brachte noch das Hellfeld mit leicht schräger Beleuchtung.
Selbst unter Berücksichtigung der Zufälligkeiten zusammenpipettierter Frischpräperate fiel daneben eine Häufung bohnenförmiger oder ovaler Zellen auf, die bis etwa 18 × 9 µm groß waren (Abb. 3). Ihr Inhalt besteht aus farblosen Partikeln; Chloroplasten sind nicht vorhanden.

## Das System

Abbildung 4 zeigt die beiden beschriebenen Objekte in Verbindung. Nur in wenigen Einzelfällen fand ich Zellinhalte in beiden Partnern, wobei offensichtlich ein Austausch derselben stattfand (Abb. 5 und 6). Eine Fließrichtung konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen, da die Partikelbewegungen sehr langsam erfolgen, unter ständigem Wechsel der Fokusebenen der einzelnen Partikel. Eine Ab- oder Zunahme der Zellinhalte war auch nach Beobachtungszeiten von über 30 Minuten nicht eindeutig zu erkennen. Da die bohnenförmigen Zellen nie leer zu finden waren, kann man schließen, dass der Partikelfluss zu diesen hin erfolgt. Auch den Trennvorgang konnte ich nicht beobachten.

## Der Fundort und Allgemeines

Die Objekte stammen aus einem Wasseransatz von Laubmoosbüscheln aus dem Bodenbewuchs eines niederbayrischen Mischwaldes. Seit längerer Zeit befasse ich mich mit derartigen Moosansätzen mit Moosen aus unterschiedlichen Biotopen. Ich bin immer wieder über die darin enthaltene Artenvielfalt erstaunt. Am

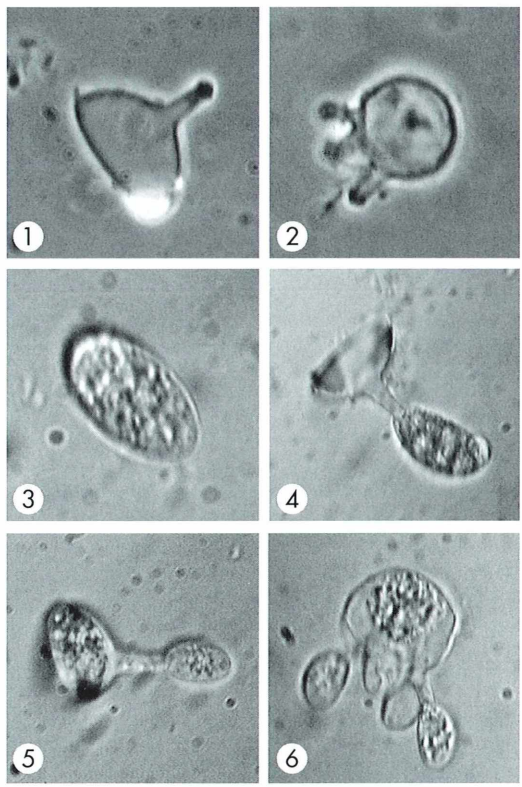



**Abb. 1: Das fragliche Objekt in der häufigsten Form: Wie eine TV-Bildröhre. – Abb. 2: Die seltenere runde Form, hier mit drei Auswüchsen. – Abb. 3: Ovale Zelle mit farblosen Partikeln. – Abb. 4: Beide fraglichen Objekte in Verbindung. – Abb. 5 und 6: Die Objekte beim Austausch von Zellinhalten.**

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

ergiebigsten erweisen sich dabei Moose von offenen Flächen wie Rasenanlagen. Offensichtlich ist der freie Eintrag aus der Luft und dem Regen entscheidend. Die Moose werden in gedeckelten Klarsichtdosen 2 bis 3 cm hoch mit Leitungswasser befüllt und sind so auch nach bis zu sechs Monaten Standzeit noch interessant. Voraussetzung dafür ist ein kühler, heller Stadort. Dabei zeigt sich, dass einzelne Arten während gewisser Zeiträume dominieren und dann wieder verschwinden. Die beschriebenen Objekte fanden sich etwa zehn Wochen lang reichlich.

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

# Buchbesprechungen

**O'Hare, M.: Warum fallen schlafende Vögel nicht vom Baum? Wunderbare Alltagsrätsel.**
2. Auflage der deutschen Taschenbuchausgabe, Piper Verlag, München 2002, 247 Seiten, € 8,90, ISBN 3-492-23594-8.

Mit der Suche nach Antworten auf die großen Rätsel der Welt beschäftigen sich weltweit Heerscharen von Wissenschaftlern: Was ist Leben? Wie entstand das Universum? Die ständig wachsende Zahl von Antworten versuchen Veröffentlichungen in zahllosen Fachzeitschriften zu geben. Doch wissen sie, warum der Himmel blau ist? Oder ist ihnen auch schon einmal aufgefallen, dass Schafe immer nur in gerader Linie vor einem Auto her und nie zur Seite weglaufen? Und wieso eigentlich stinken Abfalltonnen, egal was drin ist, immer gleich? Diesen kleinen Rätseln unseres Alltags widmet sich das vorliegende Buch, dessen Herausgeber Redakteur des Wissenschaftsjournals *New Scientist* ist. Hier sammelt er die skurrilsten und hintergründigsten Fragen und Antworten der *Letzten Seite* des berühmten englischen Journals. In dieser Rubrik können Leser um die Erklärung rätselhafter Erscheinungen im Alltag bitten und erhalten Antworten von anderen Lesern. Doch bei der Lektüre sei ihnen Vorsicht geboten: Denn die kleinen Rätsel und deren Beantwortung machen so neugierig, dass es ihnen schwer fallen wird, das Buch wieder aus der Hand zu legen. Und spätestens beim nächsten Schluckauf werden sie wieder daran erinnert, denn auch der Klärung dieses Phänomens geht das äußerst erfrischende Werk nach.
Als „unterhaltsame Lektüre für all jene, die das Staunen über die kleinen Dinge des Alltags noch nicht verlernt haben" (*Die Welt*) sei dieses Taschenbuch auch den MIKROKOSMOS-Lesern empfohlen.

Susanne Lummer, Berlin

**Martin, K.: Ökologie der Biozönosen.**
Springer Verlag, Heidelberg 2002, 325 Seiten, 135 Schwarzweiß-Abbildungen und Grafiken, kartoniert, € 24,95, ISBN 3-540-42769-4.

Die *Ökologie der Biozönosen* behandelt zunächst einzelne Interaktionen zwischen Organismen und stellt dann zunehmend komplexere Zusammenhänge und Hypothesen vor. Im Einzelnen werden in neun Kapiteln folgende ökologische Aspekte dargelegt: Phytophagie, Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Phytophagen, Prädation, Interspezifische Konkurrenz, Mutualismus, Intraspezifische Interaktionen, Struktur von Biozönosen, Interaktionen in Biozönosen, Kontrolle der trophischen Ebenen: Modelle und Wirklichkeit. Eine Einführung und das Resümee runden den Inhalt ab. Es werden sowohl Grundlagen als auch aktuelle Forschungsergebnisse vorgestellt, wobei die Einbeziehung von Fallbeispielen und gut gelungenen ergänzenden Abbildungen den Text auflockern und leicht verständlich machen. Die Übersichtlichkeit wird gefördert durch Hervorhebung der Kernaussagen, Fettdruck der zentralen Begriffe und eine kurze Zusammenfassung am Ende jeden Kapitels. Im Glossar können Fachbegriffe nachgeschlagen werden und das umfangreiche Literaturverzeichnis erlaubt eine Vertiefung des Stoffes anhand aktueller Spezialliteratur. Wer sich dafür interessiert, wie das Vorkommen und die Häufigkeit von Arten in Lebensgemeinschaften beispielsweise durch Konkurrenz und Räuber-Beute-Beziehungen beeinflusst wird, dem sei dieses Buch von K. Martin wärmstens empfohlen.

Renate Radek, Berlin

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


# Evolution und Stratigraphie der marinen Diatomeen in Kreide und Paläogen (Alttertiär)

Gerhard Göke

**Bei stratigraphisch-paläontologischen Untersuchungen werden Diatomeen nur selten berücksichtigt. Die in den letzten Jahrzehnten in den USA, Japan, Russland und anderen europäischen Ländern bearbeiteten fossilen Diatomeenfloren lassen jedoch erkennen, dass es zahlreiche kurzlebige Gattungen und Arten gibt, und dass auch das Gesamtbild der Diatomeenflora zur Lösung biostratigraphischer Probleme herangezogen werden kann. In diesem Zusammenhang ist auch die Evolution der Diatomeen von Bedeutung. In groben Umrissen weisen die bisherigen Arbeiten auf folgende Entwicklungstendenz der marinen Diatomeen hin: Vom Jura bis zum tiefen Paläozän (Alttertiär) kommen nur zentrische Gattungen vor, von denen viele noch rezent sind. Im höheren Paläozän und im Untereozän treten die ersten pennaten Diatomeen auf. Die Gattungen mit echter Raphe werden vom Obereozän an häufig und erleben im Neogen den ersten Höhepunkt ihrer Entwicklung.**

Nach einer bei Diatomisten weit verbreiteten Meinung sind die ältesten fossilen Diatomeen aus der Kreidezeit bekannt. Die ältesten fossilen Diatomeen in meiner Sammlung stammen jedoch aus dem unteren Jura, aus dem Lias zeta von Wasseralfingen in Württemberg. Es handelt sich hierbei um recht gut erhaltene Schalen von *Coscinodiscus* (Abb. 1) und *Stephanopyxis* (= *Pyxidicula* Ehrenberg 1833). Sie sind mit etwa 150 Millionen Jahren fast doppelt so alt wie die Kreide-Diatomeen. Solche Funde sind zwar selten, aber nicht ungewöhnlich. Bereits 1896 beschrieb Rothpletz fossile Diatomeen aus dem Lias von Bad Boll. Er nannte sie *Pyxidicula bollensis* und *P. liasica*.

## Diatomeen der Unterkreide

1932 beschrieben Forti und Schulz zehn Diatomeen aus einer Phosphoritknolle des Gault aus der Gegend von Hannover. 1949 fand Jousé Diatomeen und Silicoflagellaten im Albien des Nord-Urals. Funde von Diatomeen in den Schichten der unteren Kreide sind recht selten und am wahrscheinlichsten in den Phosphoritknollen oder Koprolithen dieser Schichten möglich.

## Diatomeen der Oberkreide

Aus der oberen Kreide wurden zahlreiche Diatomeen beschrieben. Wiesner (1936) fand sie im Turon der Tschechoslowakei, Deflandre (1941) im Turon von Frankreich. 55 Arten beschrieb Schulz (1935) aus dem Senon der Danziger Bucht. Im Turon von Rilmerich/Westfalen fand Franke eine Kieselalge, die von Müller (1911) als *Actinoclava frankei* beschrieben wurde. Eine der reichsten Diatomeenfloren der Kreidezeit wurde aus dem Campan von West-Sibirien entlang der östlichen Schleife des Urals bekannt (u. a. Jousé 1948/49, Krotov 1957, Stribkova 1961, Strelnikova 1964/65); insgesamt 32 Gattungen mit 145 Arten und Varietäten (siehe Tabelle 1).

1927 und 1932 beschrieb Hanna die ersten Diatomeen aus der oberen Kreide (Maastrichtian) von Kalifornien. Eine ausführliche Bearbeitung dieser aus dem Moreno Shale im Fresno County (Panoche Hills) stammenden fossilen Diatomeenflora erfolgte 1946 durch Long, Fuge und Smith. Insgesamt sind mindestens 50 Gattungen bekannt. Es handelt sich hier um einen für die Erforschung der Evolution von Diatomeen und Silicoflagellaten wichtigen und im Gegensatz zu den Vorkommen in West-Sibirien leicht zugänglichen Fundort. Auffallend ist die große Zahl der von der Kreidezeit bis heute un-

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

**Tabelle 1: Diatomeengattungen aus der Oberkreide (Campan) von West-Sibirien, Anzahl der nachgewiesenen Arten in Klammern.**

| | |
|---|---|
| *Actinodictyon* (2) | *Monopsia* (1) |
| *Actinoptychus* (5) | *Odontotropis* (3) |
| *Anaulus* (1) | *Pseudopodosira* (6) |
| *Arachnoidiscus* (1) | *Pseudopyxilla* (3) |
| *Aulacodiscus* (2) | *Pterotheca* (8) |
| *Biddulphia* (7) | *Rhaphoneis* (1) |
| *Coscinodiscus* (9) | *Rhizosolenia* (1) |
| *Craspedodiscus* (1) | *Rutilaria* (2) |
| *Eunotogramma* (6) | *Skeletonema* (2) |
| *Gladius* (4) | *Sceptroneis* (2) |
| *Glyphodiscus* (1) | *Stephanopyxis* (12) |
| *Goniothecium* (2) | *Stictodiscus* (1) |
| *Hemiaulus* (20) | *Syndetocystis* (1) |
| *Hyalodiscus* (3) | *Triceratium* (21) |
| *Lepidodiscus* (2) | *Truania* (1) |
| *Melosira* (4) | *Tschestnowia* (1) |

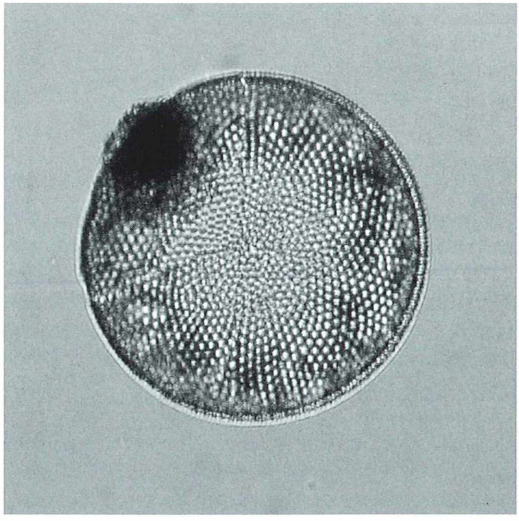


**Abb. 1: *Coscinodiscus* spec. Lias zeta, Wasseralfingen/Württemberg. Durchmesser 0,22 mm. Achromat 20×/0,40; Projektiv 4.5×; Interferenzkontrast nach Pluta.**

verändert durchlaufenden Gattungen. Daneben gibt es aber auch viele Gattungen, die nur eine kurze Zeit gelebt haben und dann nachkommenlos ausgestorben sind. Sie sind wichtige Leitformen. Der Moreno Shale enthält neben den Diatomeen auch gut erhaltene Skelette von Radiolarien. Für die Altersbestimmung mariner Diatomite sind die Silicoflagellaten die besten Leitfossilien.

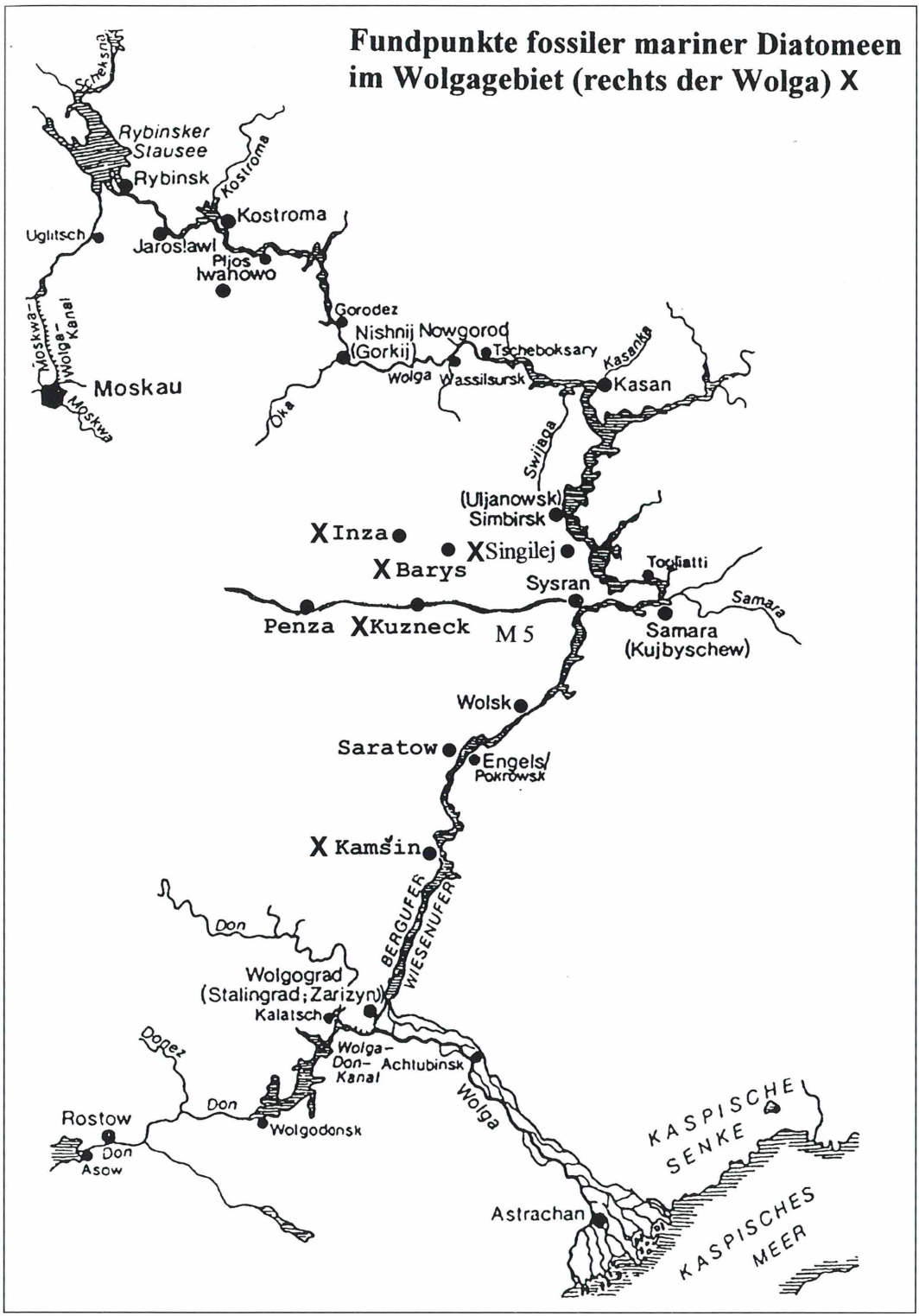
## *Diatomeen des Paläogens (Paläozän bis Oligozän)*

Im Paläozän des Limfjordgebietes (Dänemark), im Eozän Norddeutschlands, im westbaltischen Eozän und im Paläozän/Untereozän des Wolga-, Ural- und Transuralgebietes kommen diatomeenführende Schichten teils in Form diatomeenreicher Basalttuffe, Tone, Mergel und Phosphorite, teils als sehr reine Diatomite vor. Aus anderen Teilen der Welt sind nach meiner Kenntnis keine paläozänen oder untereozänen Diatomite bekannt.

Das Paläozän des Limfjordgebietes (Fur-Formation) ist petrographisch durch zahlreiche Tuffitlagen gekennzeichnet, aus deren Anzahl man auf über 130 Ausbrüche eines subaerischen Vulkanismus schließen kann. Die Inseln Mors und Fur im westlichen Limfjordgebiet haben malerische Steilküsten. Im Hanklint oder Fladeklint erreichen sie mit 60 m ihre größte Höhe. Sie bestehen im Wesentlichen aus einem hellgrauen bis gelblichweißen Diatomeenmergel (Moler), der mit Lagen von grauem festen Zementstein und dunklen basaltischen Tuffen abwechselt. Dieses viele Quadratkilometer große Gebiet ist unter dem Namen Molerformation bekannt und als eines der größten Diatomeenlager der Welt berühmt. Mergel und Zementstein sind besonders reich an Diatomeen, während die Basalttuffe nur wenige Schalen enthalten. Dieser Erscheinung liegt die Entstehungsgeschichte der einzelnen Lagen zugrunde. Jede Tuffschicht ist das Ergebnis einer langdauernden Sedimentation. Für die Dauer der Eruption muss der Absatz an Kieselorganismen geringer sein als während der langen Ruhepause. Hinzu kommt, dass während der Eruption der Kieselsäuregehalt des Meerwassers ansteigt und so die Voraussetzung für die spätere optimale Entwicklung der Diatomeen geschaffen wird. Alle großen Diatomeenlager der Welt sind nach oder während eines submarinen Vulkanismus entstanden.

Die Diatomeenflora der Molerformation wurde beispielsweise von Heiberg (1863), Kitton

**Abb. 2: Die Fundorte fossiler mariner Diatomeen im Wolgagebiet (rechts der Wolga) sind ► auf der Karte mit x markiert.**


Fundpunkte fossiler mariner Diatomeen
im Wolgagebiet (rechts der Wolga) X
Scheksna
Rybinsker
Stausee
Rybinsk
Kostroma
Kostroma
Uglitsch
Jaroslawl
Pijos
Iwanowo
Moskwa-
Wolga-Kanal
Moskau
Moskwa
Gorodez
Nishnij Nowgorod
(Gorkij)
Tscheboksary
Kasanka
Wolga
Wassilsursk
Kasan
Oka
Swijaga
(Uljanowsk)
Simbirsk
X Inza
X Singilej
X Barys
Togliatti
Sysran
Samara
Penza
X Kuzneck
M 5
Samara
(Kujbyschew)
Wolsk
Saratow
Engels/
Pokrowsk
X Kamšin
Don
BERGUFER
WIESENUFER
Wolgograd
(Stalingrad; Zarizyn)
Kalatsch
Wolga-
Don-
Kanal
Achtubinsk
Wolga
Donez
Don
Rostow
Don
Asow
Wolgodonsk
KASPISCHE
SENKE
Astrachan
KASPISCHES
MEER

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

(1870/71), Grunow (1866) und Benda (1972) beschrieben. Früher rechnete man die Molerformation zum tiefsten Untereozän (= tieferes Ypresium). Heute ist man nach den Arbeiten von Petersen und Surlyk (1983) der Auffassung, dass diese Schichten etwas älter sind und zum höheren Paläozän gehören. Sie gaben ihnen den Namen Fur-Formation. Auf die Diatomeen des Londontons (Untereozän 2), den Tarras von Fehmarn (oberes Ypresium?) und das Steilufer von Heiligenhafen (Obereozän?) hat Göke 1972 Hinweise gegeben.

Im Wolgagebiet Russlands zwischem Simbirsk (Uljanowsk/Novouljanowsk), Saratow und Wolgograd gibt es am rechten Wolgaufer zahlreiche in der Literatur beschriebene paläozäne bis untereozäne Diatomite, deren Fundortbezeichnungen bei den Diatomisten oft zur Verwirrung geführt haben. Man muss sie vor dem historischen Hintergrund ihrer Entdeckung betrachten. Weiße hat 1855 über einen Polierschiefer von Beklemischewo im damaligen Gouvernement Simbirsk berichtet, dessen fossile marine Diatomeenflora jener gleicht, die Witt 1866 von Archangelsk-Kurojedowo, ebenfalls im Gouvernement Simbirsk, beschrieben und abgebildet hat. Beide Fundorte sucht man heute auf der aktuellen Landkarte vergeblich. Simbirsk wurde im 16. Jahrhundert gegründet und war einmal eine bedeutende Handelsstadt. Sie liegt an beiden Ufern des Kujbyschewer Stausees. Hier wurde 1870 der Revolutionsführer Lenin geboren, der eigentlich Wladimir Iljitsch Uljanow hieß. Deshalb wurde Simbirsk nach seinem Tode 1924 in Uljanowsk umbenannt. 20 km von hier entfernt, am rechten Ufer des Stausees liegt Nowouljanowsk. In der Gegend gibt es reiche Mergel- und Kreidevorkommen, aus denen Zement hergestellt wird. Im ehemaligen Gouvernement Simbirsk hat sich viel verändert und man darf sich nicht wundern, dass man die alten Diatomeen-Fundorte nicht mehr findet. 1905 beschrieb Josef Pantocsek, ein begeisterter Diatomist und Leiter des ungarischen Staatskrankenhauses in Pozsoni den „Bacillarientuff von Ananino im Gouvernement Simbirsk" und die „Polycistinentuffe von Kusnetzk im Gouvernement Saratow". Beide Proben erhielt er von Tschestnoff aus Saratow. Pantocsek erkannte bereits das hohe Alter der beiden Vorkommen. Er stellte Kusnetzk in die Trias und Ananino in die Kreide. Aufgrund des Vorkommens einiger Silicoflagellaten geht man heute davon aus, dass beide Vorkommen paläozänes Alter haben. Kusnetzk ist wahrscheinlich das älteste bekannte Diatomeenvorkommen im Paläogen (tiefstes Paläozän). Das von mir untersuchte Material stammt aus den Sammlungen Cheneviere, Pantocsek und Witt. Ananino ist auf der aktuellen Landkarte nicht zu finden. Kusnetzk (heute Kuzneck) liegt zwischen Saratow und Uljanowsk nahe der Stadt Penza an der M 5. Andere in der Literatur genannte und in alten Sammlungen zu findende Fundorte paläozäner Tone, Mergel und Diatomite sind Insa (= Inza), Barysch (= Baryš) und Sengilei (= Sengilej oder Singilej). Inza und Baryš liegen zwischen Uljanowsk und Penza (Abb. 2). Sengilej liegt am rechten Ufer des Kujbyschewer Stausees. Auch hier wird aus dem Mergel Zement hergestellt. Bei Deflandre (1950) heißt ein Fundort Singhiliewski und ist wahrscheinlich identisch mit Sengilej. Die paläogenen Schichten rechts der Wolga zwischen Uljanowsk im Norden und Wolgograd im Süden werden in der Literatur auch als Saratow-Formation bezeichnet.

Der französische Diatomist E. Cheneviere hat 1934 die fossilen Diatomeen von Kamichev (Russie Centrale) beschrieben und abgebildet. Kamichev, auf manchen Präparaten auch richtig als Kamyschin bezeichnet, wird häufig in der Diatomeenliteratur genannt. Zum Beispiel von Hustedt im *Atlas der Diatomeenkunde*.

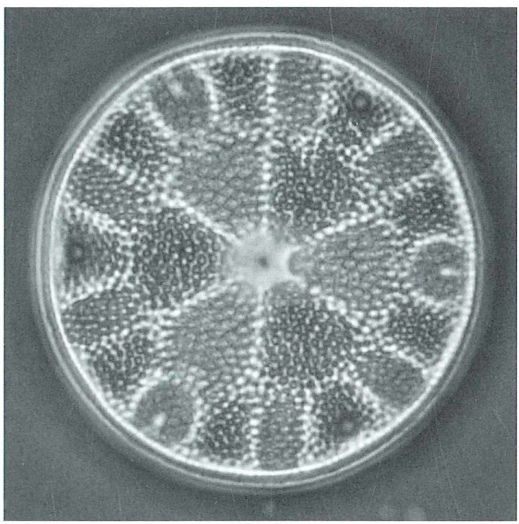


**Abb. 3: *Glorioptychus callidus*. Obere Kreide (Maastrichtian), Panoche Hills Calif., USA. Durchmesser 0,050 mm. Achromat 40×/0,65; Projektiv 4,5×; Phasenkontrast.**

© Elsevier

Deshalb soll hier etwas näher auf diesen Fundort eingegangen werden. Kamyschin oder Kamyšin liegt am rechten Ufer der Wolga und ist mit über 120 000 Einwohnern die größte Stadt zwischen Saratow und Wolgograd. Sie wurde 1667 gegründet und hieß bis 1780 Dmitrijewskij. Kamysch heißt übersetzt Binse oder Schilf, die es hier reichlich gegeben haben soll. Sieben km vor der Stadt gibt es die so genannten Kamyschkiner Ohren, Felsen aus einer Schichtenfolge tertiärer Sedimente. Möglicherweise stammen von dort oder aus der Nähe die beschriebenen Diatomeen (Abb. 4). Die Karte zeigt die auf der rechten Seite der Wolga liegenden und in der Literatur genannten Fundorte paläozäner bis untereozäner Diatomite.

Südlich von Kamyschin, am rechten Ufer des Wolgograder Stausees liegt auf einer Länge von 80 km die moderne Großstadt Wolgograd, die bis 1925 Zarizyn und danach bis 1960 Stalingrad hieß. Deshalb steht auf manchen Diatomeenpräparaten Kamyschin, Kreis Stalingrad.

Hanna (1927) hat die älteste paläogene Diatomeenflora Nordamerikas im unteren Kreyenhagen Shale, einer obereozänen bis oligozänen Schichtenfolge sieben Meilen nördlich von Coalinga im Fresno County Kaliforniens nachgewiesen. Hierzu gehören auch die aus dem Kellog Shale und der Markley Formation bekannt gewordenen Diatomite. Die Fundstelle liegt im Mount Diablo Gebiet (Fresno Co.) und gehört ebenfalls zum Obereozän (Narizian). Kanaya (1957) hat ihre Diatomeenflora bearbeitet.

Im karibischen Raum ist der von Witt und Truan (1888) bearbeitete obereozäne Diatomoradiolarit von Jeremie/Haiti mit seinen vielen *Stictodiscus*-Arten von großem Interesse. Die Gattung *Stictodiscus* erlebte im Obereozän den höchsten Punkt ihrer Entwicklung. Die berühmtesten Fundstellen befinden sich im Osten der 430 Quadratkilometer großen Insel Barbados. Hier treten an vielen Stellen die von Schomburgk entdeckten und von Ehrenberg bereits 1875 bearbeiteten obereozänen Radiolarienmergel zutage. Am Mount Hillaby und Bissex Hill kommt ein fast weißer Mergel vor, der überwiegend Radiolarien und nur wenige Diatomeen enthält. Hingegen findet man bei Springfield, Spring Head, Cambridge, College Hill und New Castle weiße Diatomite beziehungsweise diatomeenreiche Mergel, in denen die Radiolarien zugunsten der Diatomeen zurücktreten (Göke, 1979). Viele bis dahin unbekannte Barbados-Diatomeen hat der Engländer Greville unter dem Titel *Descriptions of new and rare Diatoms* in den *Transactions of the Microscopical Society of London* in mehreren Beiträgen von 1865 bis 1866 vorgestellt. Seine interessanten Arbeiten wurden vom Verlag J. Cramer in Lehre als zusammenfassender Nachdruck herausgebracht. An dieser Stelle muss auch die Arbeit von Hanna und Brigger (1964) über seltene Barbados-Diatomeen besonders erwähnt werden.

Das für die Erforschung der phylogenetischen Entwicklung der Diatomeen bedeutendste Vorkommen fossiler mariner Diatomeen liegt nahe der Stadt Oamaru auf der Südinsel Neuseelands. Sie gehören zur obereozänen Waiareka Volkanic Formation. Die Untersuchung der hier vorkommenden Diatomeen begann 1873 (Göke, 1978). In den Jahren 1886 bis 1887 veröffentlichten die Engländer Grove und Sturt ihre Bilder von den in Cormacks Siding gefundenen Diatomeen. Ihre Liste enthält 283 Formen, von denen 107 neue Arten und Varietäten darstellen. Einen zusammenfassenden Bericht über alle bis dahin bekannten Oamaru-Diatomeen gab de Latour im Jahre 1888. Die umfangreichste und für die Bestimmung der Oamaru-Diatomeen wichtigste Arbeit mit 145 Tafeln ist die von Desikachary und Sreelatha (1989), die auch ein sehr umfangreiches Literaturverzeichnis enthält.

Diatomeenführende Tone und Mergel, die dem höchsten Paläogen (Oligozän) zugerechnet werden, sind in Ziegeleigruben Niederösterreichs nachgewiesen worden.

## Die stratigraphische Verbreitung der Diatomeen in Kreide und Paläogen

Die Gattung *Trinacria* kommt bereits in der Oberkreide vor. Im Paläozän und Untereozän erlebt sie mit vielen Arten den Höhepunkt ihrer Entwicklung. Im Obereozän gibt es nur noch drei Arten. An der Wende Paläogen/Neogen stirbt die Gattung aus. Deshalb können die Trinacrien bei der stratigraphischen Einordnung der Diatomite als Leitformen verwendet werden (Tabelle 2). Eine ganze Reihe von weiteren Gattungen kommt nur in Kreide und Paläogen vor. Sie sind für diese Schichten typisch. Hierzu gehören unter anderem *Brightwellia, Craspedoporus, Entogonia, Eunotogramma, Hemiaulus, Monopsia, Kittonia* und *Lepidodiscus*. Andere Gattungen erleben im Paläogen mit vielen Arten

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

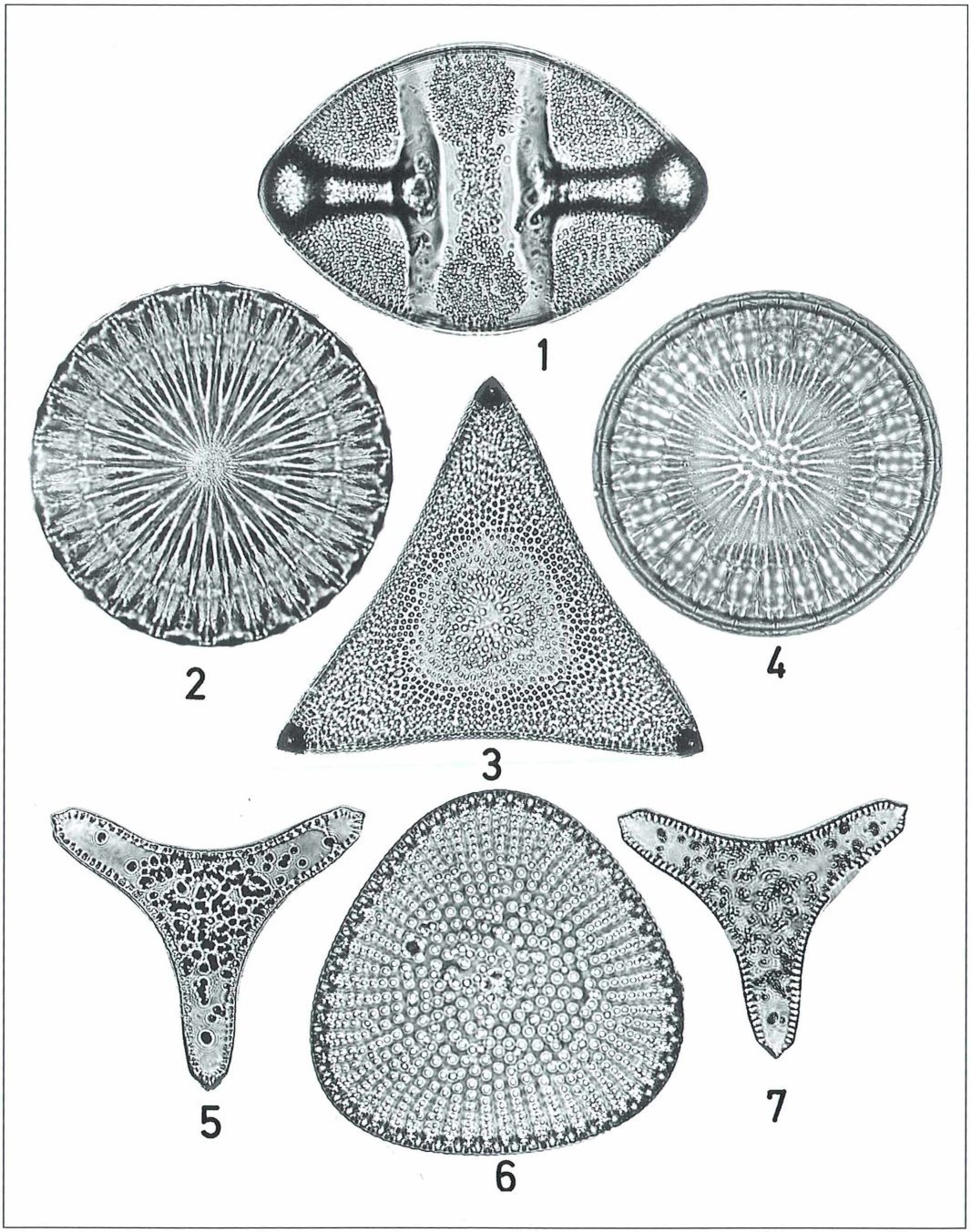



**Abb. 4: Fossile Diatomeen aus dem Paläozän und Untereozän des Wolga-Gebietes. 1 *Kittonia granulata*, Untereozän, Kamyschin/Wolga; 2 *Wittia insignis*, Paläozän, Ananino/Simbirsk; 3 *Triceratium (Trinacria?) splendidum*, Untereozän, Kamyschin; 4 *Lepidodiscus elegans*, Paläozän (auch Oberkreide), Ananino/Simbirsk; 5 und 7 *Trinacria simulacrum* var. *grossepunctata*, Untereozän, Kamyschin/Wolga; 6 *Stictodiscus kamischevensis*, Untereozän, Kamyschin/Wolga.**

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

# MIKROKOSMOS

Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von
Klaus Hausmann (Berlin)

91. Jahrgang · 2002

URBAN & FISCHER

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

**Impressum**
**Herausgeber:** Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin, Telefon: 030/83 85 64 75, Telefax: 030/83 85 64 77, e-mail: hausmann@zedat.fu-berlin.de; Redaktionsassistentin: Dr. Renate Radek, Telefon: 030/83 85 63 73, e-mail: rradek@zedat.fu-berlin.de
**Verlag:** Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena.
Telefon: 03641/626-3, Fax: 03641/62 65 00; e-mail: journals@urbanfischer.de
**Anzeigenannahme und -verwaltung:** Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Anzeigenleitung: Sabine Schröter, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena,Telefon: 03641/62 64 45, Fax: 03641/62 64 21.
Anzeigenverwaltung: Media-Service Tischler GmbH, Postfach 30 17 70, D - 10747 Berlin, Telefon: 030/801 10 18, Fax: 030/801 66 61. Zur Zeit gilt die Anzeigen-Preisliste vom 1. 1. 2000.
**Abo-Service und Vertrieb:** Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Zeitschriftenvertrieb: Barbara Dressler, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena, Telefon: 03641/62 64 44, Fax: 03641/62 64 43.
**Bezugshinweise:** Das Abonnement gilt bis auf Widerruf oder wird auf Wunsch befristet. Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 31. 10. eines Jahres abbestellt wird.
**Erscheinungsweise (2002):** 1 Jahrgang mit 6 Heften.
**Abo-Preise (2002):** € 65,–*; Einzelheftpreis: € 13,–*; Vorzugspreis für Schüler, Azubis und Studenten: € 40,40*. *Unverbindlich empfohlene Preise. Alle Preise zzgl. Versandkosten. Preisänderungen vorbehalten.
Folgende Kreditkarten werden zur Zahlung akzeptiert: Visa / Eurocard / Mastercard / American Express (bitte Kartennummer und Gültigkeitsdauer angeben).
**Bankverbindung:** Deutsche Bank Jena, Konto-Nr. 390 76 56, BLZ 820 700 00 und Postbank Leipzig, Konto-Nr. 149 249 903, BLZ 860 100 90.
**Copyright:** Die Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, insbesondere die Einspielung, Verbreitung oder Wiedergabe in elektronischer Form (online/offline), bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlags.
**Satz:** SATZREPROSERVICE GmbH Jena, Talstraße 84, D - 07743 Jena.
**Druck:** Gulde-Druck GmbH, Hechinger Str. 264, D - 72072 Tübingen.
Diese Zeitschrift wird ab Band 85, Heft 1 (1996) auf elementar chlorfreiem, pH-Wert neutralem, alterungsbeständigem Papier gedruckt.
Printed in Germany

Mitglied der Deutschen Fachpresse

Deutsche Fachpresse

© 2002 Urban & Fischer Verlag

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

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


## Verfasserverzeichnis

**Berenzen, A., Müller, M. C.:** Asexuelle Fortpflanzung bei Anneliden (Ringelwürmern). 3. Teil: Regeneration des Nervensystems am Beispiel von *Eurythoe complanata* 108
**Bigorajski, P.:** *Lacinularia flosculosa* – Ein koloniebildendes Rädertier 145
**Brantner, K.:** *Leptophrys vorax* – Eine Cysten bildende Amöbe 257
**Bremer, H.:** Limnische Planktonbilder – Ökologische Indikatoren ohne Grenzen 65

**Cann, D. P., Pruna, P.:** Die Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopie (XVM) 183

**Deckart, K. E.:** Sonnenschliff und Feuerwerk 15
**Diebold, S. M.:** Oberflächenmorphologie von Arzneistoffpartikeln – Ein optisch evaluierbares Kriterium für die Auflösungsgeschwindigkeit 36

**Elsässer, H.-P.:** Beobachtungen zur mikroskopischen Anatomie der Apfelsinenschale 225
**Etzold, H.:** Simultanfärbung von Pflanzenschnitten mit Fuchsin, Chrysoidin und Astrablau 316

**Finch, O.-D.:** Parasitoide in Eikokons spinnenfressender Spinnen 155

**Göke, G.:** Nelson- und Köhlerbeleuchtung und davon abgeleitete Beleuchtungsverfahren 175
**Göke, G.:** Das Auge als letztes Glied der mikroskopischen Abbildungskette 269
**Göke, G.:** Einsatz neuer Leuchtdioden (LEDs) in der Mikroskopie 307
**Göke, G.:** Evolution und Stratigraphie der marinen Diatomeen in Kreide und Paläogen (Alttertiär) 347
**Günkel, N. G.:** Unter falschem Namen bis in All 203
**Günther, G.:** Hardware und Software für Mikroskopiker – Die Adaptation der Nikon Coolpix 990 und die Anwendung aktueller Programme zur Bildbearbeitung 231
**Günkel, N. G.:** Unter falschem Namen bis in All 203
**Günther, G.:** Gläschen im Schlauch 297

**Haas, M.:** Beobachtungen zur Biologie des Süßwasserpolypen *Hydra viridissima*. 1. Teil: Allgemeine Einführung 218
**Haas, M.:** Beobachtungen zur Biologie des Süßwasserpolypen *Hydra viridissima*. 2. Teil: Praktische Anleitungen, Verhalten und Beutefang 299
**Haas, M.:** Beobachtungen zur Biologie des Süßwasserpolypen *Hydra viridissima*. 3. Teil: Reaktionen auf Reize und Vermehrung 361
**Hasenpusch, W., Zaiß, T.:** Der Schulp der Sepia – Ein Bionik-Objekt 291
**Hauk, A.:** Digitalisieren von Dia- und Negativmaterial mit einem Filmscanner – Der hybride Weg 369
**Hausmann, K.:** Ein Fall für den Hammer – Wie seinerzeit Carl Zeiss mit mangelhaft gefertigten Mikroskopen zu verfahren wusste 167
**Hendel, R.:** Lateinische Grundlagenwerke – Richtig zitiert 99
**Henkel, K.:** Suche und Behebung von Fehlern im Strahlengang. 1. Teil: Ungleichmäßige Ausleuchtung und Fremdkörper 47
**Henkel, K.:** Suche und Behebung von Fehlern im Strahlengang. 2. Teil: Reinigungsprozeduren 79
**Henkel, K.:** Hot Spot – Ein heißes Thema 159
**Henkel, K.:** Die Carl-Zeiss-Stiftung – Ihre Geschichte und Gegenwart. 1. Teil. 335
**Hippe, P.:** Zur Bewegung von Diatomeen 170
**Hippe, P.:** „Und flechten sollst du dein Leben lang" – Warum die Schwingalgen, *Oscillatoria*, schwingen 209
**Hoc, S.:** Experimente und mikroskopische Beobachtungen zur Mineralogie des Schwefels 193
**Hoc, S.:** Farbeffekte bei farblosen Stärkekörner 281

**Jacob, W.:** Fadenalgen in schwefelsauren Tagebaurestseen 129

**Kreutz, M.:** *Metacystis lagenula* – Ein Leben im Verborgenen 17
**Kreutz, M.:** *Collotheca atrachoides* – Ein im Benthos lebendes Rädertier 93
**Kühn, S., Schnepf, E.:** *Glaucocystis* – Modell für die Evolution der Chloroplasten und Wirt parasitischer Oomyceten. 2. Teil: Die Oomyceten 87

**Lummer, S.:** Von den Geheimnissen der gefährlichen Nasentierchen 321
**Lüthje, E.:** Mikro-Einsteiger: Blätter, Stärke und Lugol – Was hat das Blatt am Baum zu tun? 55
**Lüthje, E.:** Strand mit Vieren – Ein Gras im Kräftespiel der Gene 102

**Mayer, P., Kreutz, M.:** *Tropidoatractus acuminatus* – Ein Ciliat mit vielen Formenvarianten 163
**Miedaner, M.:** Die heiligen Feuer des Antonius – der Mutterkornpilz *Claviceps purpurea* 135
**Müller, M. C., Berenzen, A.:** Asexuelle Fortpflanzung bei Anneliden (Ringelwürmern). 3. Teil: Regeneration des Nervensystems am Beispiel von *Eurythoe complanata* 108
**Müller, M. C.:** Von der Doliolaria-Larve zum Haarstern – Die frühe Entwicklung von *Antedon* 329

**Pfannenstiel, H.-D.:** Fortpflanzung und Keimzell-Bildung bei Meeresborstenwürmern – Ein Thema mit Variationen 1
**Pruna, P., Cann, D. P.:** Die Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopie (XVM) 183

**Richter, W. M.:** Algenbeobachtungen auf der Ostsee 211

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

**Schlichting, E.-A., Tauscher, M., Wöldecke, K.:** Die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* – Gehäuftes Auftreten an Bäumen im Jahre 2001 343
**Schnepf, E.:** *Glaucocystis* – Modell für die Evolution der Chloroplasten und Wirt parasitischer Oomyceten. 1. Teil: Alge und Cyanellen 9
**Schnepf, E., Kühn, S.:** *Glaucocystis* – Modell für die Evolution der Chloroplasten und Wirt parasitischer Oomyceten. 2. Teil: Die Oomyceten 87
**Schnepf, E.:** Spiralrisse – Ohne Torsionskräfte entstanden 197
**Schnepf, E.:** Transferzellen und ihre Darstellung in Septalnektarien 285
**Schnepf, E.:** Die Kieselzellen in Epidermen von *Tradescantia* und ihre Entwicklung: Programmierter Zelltod 377
**Schrodt, J.:** Die Herstellung von Gesteinsdünnschliffen mit einer Kombinationsmaschine. 1. Teil 25
**Schrodt, J.:** Die Herstellung von Gesteinsdünnschliffen mit einer Kombinationsmaschine. 2. Teil 115
**Schubert, V., Schwertner, M., Schwertner, D.:** Das digitaloptische Mikroskop – Wichtige Innovation zur dreidimensionalen Mikroskopie 261
**Schwertner, M., Schwertner, D., Schubert, V.:** Das digitaloptische Mikroskop – Wichtige Innovation zur dreidimensionalen Mikroskopie 261
**Stanek, J.:** Anschleifen von Einzellergehäusen unter ständiger Sichtkontrolle 241

**Tauscher, M., Schlichting, E.-A., Wöldecke, K.:** Die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* – Gehäuftes Auftreten an Bäumen im Jahre 2001 343
**Thormann, F.:** *Zea mais* – Der Mais 41
**Thormann, F.:** Wie schleift man Mikrofossilien? 152

**Wöldecke, K., Schlichting, E.-A., Tauscher, M.:** Die Purpur-Rotalge *Porphyridium purpureum* – Gehäuftes Auftreten an Bäumen im Jahre 2001 343
**Wolf, R.:** Lichtmikroskopie jenseits der konventionellen Auflösungsgrenze – Neue Markierungs- und Bildbearbeitungsverfahren in der Zellbiologie 199
**Wolf, R.:** Anschleifen von Einzellergehäusen unter ständiger Sichtkontrolle 241

**Zaiß, T., Hasenpusch, W.:** Der Schulp der Sepia – Ein Bionik-Objekt 291

## *Kurze Mitteilungen*

**Hippe, P.:** Noch ein „Torfgespenst": Erneuter Fund der Amöbe *Gymnophrys cometa* 169

**Jäntsch, W.:** Dauerpräparate mit Glyzeringelatine – Eine Variante der Deckglas-Schaumstoff-Methode ohne Eindeckgerät 266

**Lenzenweger, R.:** Algen mit Kristallschmuck 280
**Lenzenweger, R.:** Ein seltener Abwasserpilz 289
**Linskens, H. F.:** Auf- und Abbau des Golgi-Apparates 45
**Linskens, H. F.:** Mesokosmos-Studien 52
**Linskens, H. F.:** Flagellaten fressen Bakterien 174
**Linskens, H. F.:** Die Lichtpinzette 181
**Linskens, H. F.:** Fixierung von Weinbeeren 185
**Linskens, H. F.:** Textur des gebeizten Tabakblattes 198
**Linskens, H. F.:** Schutz vor Gefressenwerden oder induzierte Verteidigung 267
**Linskens, H. F.:** Neues vom Suberin 311
**Linskens, H. F.:** Konservierung von fädigen Blaualgen 312
**Lüthje, E.:** *Calamagrostis* x bio-mathematica 196
**Lummer, S.:** Zellen oder keine Zellen 327

**Magstadt, H. G.:** Kaffee-Kristalle sichtbar gemacht 8

**Rüegger-Deschenaux, J.:** Die 100-Jahr-Feier der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich und die Mikroskope-Sammlung des Ehepaars Albert und Margreth Mahler-Lee 326

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


## Sachregister


Abbe, Ernst 335
Abberation, chromatische 275
Abberation, sphärische 271
Abbildungen, stereoskopische 265
*Abies veitchii* 57
Abwasserpilz 289
*Acer campestre* 344
Ackerfuchsschwanz 142
Acta Biohistorica 217
Aerophytisch 343
*Aeschynanthus speciosus* 58
Akkomodation 269
Akrosom 7
Aktinfilamente 375
Algen, symbiontische 364
Algenbeobachtungen 211
Alkaloide 142
Allophycocyanin 11
*Alnus glutinosa* 344
*Aloe* 285
– *bulbillifera* 288
Alttertiär 347
Amazonas 66
*Ammocalamagrostis baltica* 104
Ammoniten 292
*Ammophila arenaria* 102
Amöben 238, 260
*Amphileptus irregularis* 203, 204
Amphipoda 284
*Anabaena* 71, 214
*Anchistropus* 224
Anhydrit 193
Anneliden 108
Anneliden, Nervensystem 108
Anschleifen 241
*Antedon* 329
– *petasus* 333
Antheridien 140
Anthozoa 220
Antiklinen 287
*Antodiscina floreatus* 353
Apfel 344
Apfelsinenschale 225
*Aphanizomenon baltica* 214
Apoplast 285
Apoptose 377
Aragonit 293
*Artemia salina* 299
*Artemia*-Larven 361
Arzneistoffpartikel, Oberflächenmorphologie 36
Ascogon 140
Ascorbinsäure 197
Ascospore 141
Ascus 141
Asparagales 285
Assimilationsstärke 56
*Asterionella formosa* 69
Asteroida 329
Astigmatismus 271
Astrablau 316
Aufbau des Auges 271
Aufhellen in Chloralhydrat 318
Auflösungsgeschwindigkeit 36
Auflösungsgrenze, konventionelle 199
Aufwuchsuntersuchungen 297
Auge 269
Augenfehler 278
Augenkrankheiten 278
Ausleuchtung, ungleichmäßige 47
*Autolytus* 3
Autosporen 9, 87
Autotomie 108
Auxospore 66
*Avena sativa* 142

Bakterioplankton 65
Baldachinspinnen 155
*Bambusina brebissonii* 75
Bastardstrandhafer 104
Beschaffung, *Hydra* 299
Beutefang, *Hydra* 303, 304
Bewegung, Diatomeen 170
Bewegungsmuster, *Hydra* 301
Bildbearbeitungsverfahren 199
Bildverarbeitung 231
Biohistoricum 217
Bio-mathematica 196
Bionik 291
Blätter 55
Blattquerschnitte 102
Blaualgen 209, 312, 327
Blaualgen, giftige 211
Blinder Fleck 272
Botenstoffe 1
Braunwassertümpel 93
Brechkraft 269
*Brightwellia* 351
– *coronata* 353
Brillenträgerokular 278
Buche 57
*Burkilla dissolvens* 151

*Caenomorpha* 93
*Calamagrostis epigeios* 102, 196
Callose 313
*Calothrix* 72
*Calyptotricha pleuronemoides* 17
*Canna indica* 283
Carl-Zeiss-Stiftung 335
Carotinoide 11
Caspary'sche Streifen 312
*Ceratium* 71
– *tripos* 214
Chinaman's Creek 328
Chloralhydrat 318
*Chlorella* 70, 220
*Chlorhormidium subtile* 130
Chlorophyll a 11
Chlorophyllgehalt 213
Chloroplasten 55, 343
Chloroplastenevolution 87
Chromatophoren 9
Chromoplasten 227
Chroococcales 71
Chrysoidin 316
*Citrus sinensis* 225
*Cladophora* 66
*Claviceps purpurea* 135
*Clivia* 285
Cnidaria 220
Cnidocyten 223
*Coelastrum microporum* 73
*Coleochaete* 66
– *scutata* 69
*Collodictyon triciliatum* 207
*Collotheca atrochoides* 93
– *trilobata* 93
*Colpidium striatum* 207
Commelinacee 377
Conchagen 293
Conodonten 152
Cornea 271
Corpus vitreum 272
*Coscinodiscus* 347
*Craspedoporus* 351
Crinoida 329
*Ctenocephalides felis* 159
Cubozoa 220
Cyanellen 9
Cyanobacteriales 71
Cyanobakterien 9, 212, 312, 327
*Cyanocyta korschikoffiana* 13
*Cyanophora paradoxa* 11, 13
Cyanophyceae 312
Cyclooctaschwefel 194
*Cyclops strenuus* 76
*Cynops pyrrhogaster* 373
Cysten 257
Cystid 331
Cytoskelett 315

*Dactyliosolen fragilissimus* 214
Dauerpräparate 266
Decabrachia 291
Deckglas-Schaumstoff-Methode 266
Depression, *Hydra* 366
Desmidiaceen 72
*Desmococcus olivaeus* 344
Desmonemen 224, 304
Diachrome 265
Dias 369
*Diatoma vulgare* 66
Diatomeen 69, 347
Diatomeen, Bewegung 170
*Didinium nasutum* 85, 321

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

Digitalisieren 369
Digitalkamera 62
*Dileptus amphileptus margaritifer* 203
– *anatinus* 204
– *anser* 203, 204
– *beersi* 203, 204
– *cygnus* 203, 204
– *gigas* var. *varsaviensis* 203
– *jonesi* 203, 204
– *margaritifer* 203, 204
– *mucronatus* 204
– *multinucleatus* 204
– *viridis* 204
– *visscheri* 204
Dioptrien 269
Dohrn, Anton 341
Doliolaria 331
Doliolaria Larve 329
Dorvilleidae 1
Dotter 4
*Drepanocladus fluitans* 134
Drüsenzellen, entodermale 222
Dunkelfeldmikroskopie 276
Dünnschliffe 115, 152
Durchschlagkapseln 304

Eau de Javelle 317
Eberesche 344
Echinodermata 329
Echinoida 329
Efeu 57
Ei 1
Eikokons 155
Einzellergehäuse 241
Ektoderm 221
Elaeozyten 4
*Eleocharis* 52
*Elodea* 285
*Elymus arenarius* 104
Encystierung 321
Endokarp 225
Entoderm 221
*Entogonia* 351
Epidermen 377
Epiphyton 52
Epithelmuskelzellen 221
Epithelzellen 221
Epoxy-Harz 152
Ergotismus 135
– convulsivus 135
– gangraenosus 135
Ernährung, *Hydra* 303
*Ero furcata* 155
*Erythoë complanata* 108
Esche 344
*Eucharis grandiflora* 287
Eudorina 71
*Euglena* 94
*Eunice virirdis* 3
Eunicidae 3
*Eunotogramma* 351
Euplankton 65
*Eutreptriella* 214
Evolution 347
Evolution der Chloroplasten 9
Exokarp 225
Extrusomen 321

*Fabricia sabella* 6
Fadenalgen 129
*Fagus sylvatica* 57
Farbeffekte 281
Farbensehen 274
Fecal pellets 76
Feldahorn 344
Feuerbauchmolch 373
Filmscanner 369
Filopodien 257
Flagellaten 174
Flieder 57, 59
Fluoreszenzmikroskopie 276
Folia Biohistorica 217
Foraminiferen 241
Fortpflanzung, asexuelle 108
Fovea centralis 272
*Fragilaria crotonensis* 69
Fragmentation 108
*Fraxinus excelsior* 344
Fremdkörper im Strahlengang 48
Fruchtfleisch 225
*Frullania dilatata* 215
Fuchsin 316
Fusome 5

Gabbro 25
*Gasteria* 285
– *joubertii* 287
– *trigona* 288
Gastrula 221
Gefäßbündel 229
Gelber Fleck 272
Gelbgrünalgen 280
*Gelis rufogaster* 156
Gemeiner Flieder 344
*Gentiana cruciata* 216
Gesteinsdünnschliffe 25, 115
Gewürze 210
Gips 193
*Gladiolus* 285
Glaskörper 272
Glasperlen 342
*Glaucocystis* 87
– *nostochinearum* 9, 89
Glaucocystophyta 11
*Gloeotrichia echnulata* 72
– *pisum* 72
*Glorioptychus callidus* 350
Glutinanten 224
Glyzeringelatine 266
Golgi-Apparat 45
Gramineen 142
Granit 124
Gras 102
*Grovea pedalis* 353
Grünalgen 69, 344
Grünewald, Matthias 137
*Gymnophrys cometa* 169

Haarstern 329
Habituation 361
Haeckel, Ernst 340
Hautalterung 342
Hautkrebs 342
*Haworthia* 285
*Hedera helix* 57
*Hemiaulus* 351
Herbstlaub 61
*Heterocapsa rotundata* 214
*Heterococcus* 133
*Hexamita* 94
*Hippeastrum* 285
Histologie 208
Hochmoortümpel 75
Hoden 364
Hohltier 220
Holothuroida 329
*Hordeum vulgare* 142
Hornhaut 271
*Hosta* 285
Hot Spot 159
Hoyer'sches Gemisch 225
Huminsäuren 72
Humusgewässer 72
*Hyacinthus* 285
Hydathoden 285
*Hydra viridissima* 218, 299, 361
*Hydramoeba hydroxena* 224
*Hydrodictyon* 72
– *reticulatum* 73
Hydrodynamik 36
Hymenium 141
Hypokotyl 208
Hypostom 219, 305

Ignis sacer 135
*Ilex* 59
– *aquafolium* 59
Imaging 201
Immersionsölreste 51
Indikatoren, ökologische 65
Infektionscyste 87
Infektionshyphe 87
Infochemikalien 267
Inkrement 275
Isenheimer Altar 137
Isorhizen 224, 304

Jodjodkalilösung 55
Kaffee-Kristalle 8
Kalkspatkristalle 280
Kalktuff 280
Kalmare 291
Kameraadapter 231
Kameras, digitale 231

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


Kapuzinerkresse 56
Karotinoide 343
Katzenfloh 159
Kautschuk 193
Kavationen 37
Keimzell-Bildung 1
*Keratella cochlearis* 94
*Kerona polyporum* 223
Kieselalgen 68
Kieselzellen 377
*Kittonia* 351
– *granulata* 352
Klarwasserstadium 77
Klebkapseln 304
*Klebsormidium* 129
– *subtile* 130
Kleinenberg, Nikolaus 222
Kleptokniden 224
Klinozoisit-Granit 124
Knäulgras 142
Knochengewebe 262
Knospung 362
Knospungsaktivität 364
Kohlenhydrat 55
Köhler-Beleuchtung 175
Kommensalen 329
Komplexaugen 284
Konfokales Laser-Scanning-Mikroskop 200
Konidien 141
Konsekutivzwitter 4
Kopffüßer 218, 291
Koprolithen 347
Korkeiche 312
Korkschichten 317
Kraken 218
Kreide 347
Kreuzenzian 216
Kribbelkrankheit 135
Kristalle 229
Kugelspinnen 155

Labyrinth, basales 289
*Lacinularia flosculosa* 145
*Lagenidium* 89
Lampenbürstenchromosomen 373
Land-Reitgras 102
Längsaberration, chromatische 281
Längsteilung, *Hydra* 365
Laser Mikrodissektions System 359
Laubblatt 55
LED-Ringleuchten 309
LEDs 307
Leeuwenhoek, Antoni van 218, 362
Leguminosen 285
Leitauge 277
*Lepidodiscus* 351
– *elegans* 352
*Leptophrys vorax* 257
Leuchtdioden 307
*Leucobryum* 377
Lias zeta 347
Licht-Pinzette 181
Lichtwellen, stehende 201
Liguster 59
Ligusterblatt 56
*Ligustrum ovalifolium* 59
Linsenputzen 47
Löwenzahn 208
LSD 143
Lugol'sche Lösung 55, 287
*Lymnaea* 224
Lyniphiidae 155

Macula lutea 272
Macula-Degeneration 278
*Maculinea rebeli* 216
Made in Germany 335
Mahler-Lee 326
Mais 41
*Malus domestica* 344
Markierungsverfahren 199
Mastax 146
*Mastogloia barbadensis* 355
– *splendida* 355
Mazeration 70
Meeresborstenwürmer 1
*Melosira* 74, 76
– *granulata* 66
Mendel, Gregor 102
Mesogloea 221
Mesokarp 225
Mesokosmos 52
Mesozoikum 220
Messerborsten 1
*Metacystis lagenula* 17
*Metopus* 93
*Micrasterias* 238
– *alata* 74
– *crenata* 75
– *crux-melitensis* 75
– *radiata* 74
– *rotata* 74
*Microcystis* 65, 71, 212
*Microsperma pachyderma* 130
*Microspora tumidula* 130
*Microstomum lineare* 223
Migmatit 25
Mikrofossilien 152
Mikrographische Gesellschaft Wien 106
Mikroskop, digitaloptisches 261
Mikroskop, Reinigung 79
Mikroskope-Sammlung 326
Mikroskopie, dreidimensionale 261
Mikroskopiertreffen 195
Mikro-Ufo 345
Mimetidae 155
*Mniobia symbiotica* 215
Mollusken 291
Mondphase 1
Monokotylen 285
*Monopsia* 351
– *mammose* 353
Monotelie 1
Moostuff 280
*Mouches volantes* 272
*Mougeotiopsis calosperma* 130
Mucocysten 321
Murein-Sacculus 9
Muschelkollagene 293
Mutterkornpilz 135
Mycotoxikosen 142
*Myrmica schencki* 216

Nahfeldmikroskopie 200
Nährmuskelzellen, entodermale 222
Nahrungsaufnahme 174, 321
Nahrungsaufnahme, *Hydra* 304
Nahrungspyramide 77
Nährzellen 4
Nanokristalle 201
Nasentierchen 321
Nasselariden 85
Naupliuslarven 299
Nautiliden 291
*Navicula* 70
– *grovei* 355
– *inelegans* 355
– *interlineata* 355
– *oamaruensis* 355
– *sparsipunctata* 355
Necrophagen 94
Negativmaterial 369
Nektarien 285
Nelson-Beleuchtung 175
Nematocyten 223
Nereidae 1
Nervensystem 108
Nervenzellen 222
Nervus opticus 272
Nesselkapseln 321
Nesseltiere 220
Nesselzellen 220, 223
Netzhaut 272
Niederlausitz 129
Nikon Coolpix 990 231
*Nitzschia* 170
*Nodularia spumigena* 212
– – var. *litorea* 212
– – var. *vacuolata* 212
*Nostoc linckia* 312
*Nuclearia* 257

Oberschlundganglion 109
Octobrachia 291
Okulartypen 82
*Olea europaea* 57
Olive 57
Ölzellen 4

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

*Oocystis* 13
Oogenese 1
Oomyceten 9, 87
Ophiuroida 329
*Ophryotrocha puerilis* 1
Ortsbewegung, *Hydra* 302
*Oscillaria* 71
– *limosa* 71
*Oscillatoria* 209
Ostiolum 141
Ostsee 211

Paläogen 347
Paläozän 352
Palolo-Würmer 3
Palöozän 347
*Pandorina* 72
Pantoffeltierchen 85, 321
*Paramecium aurelium* 207
– *caudatum* 85, 321, 374
Paraphysen 141
Parapodien 1
Parasitoide 155
Parfokalität 270
*Parthenocissus tricuspidata* 57
PAS 288
*Paulinella chromatophora* 13
*Pediastrum* 72
– *duplex* 73
Penetranten 224
Pentacrinoid 331
*Peperomia 58*
Peptidoglycan-Wand 9
Perikarp 225
Periodsäure-Schiff-Reaktion 288
Periphyton 52, 65
Perithecium 141
*Phacus 94*
Phagocytose 174
Phellem 312
Pheromone 1
Phloem 285
Phosphoritknollen 347
Phototaxis 301
Phycobilisomen 11
Phycocyane 11
Phycocyanin 11
Phycoerythrin 343
Phycoerythrobilin 344
Phytoplankton 52, 65
Pilze, saprophytische 289
*Pinnularia opulenta 233*
Planetarien 202
Plankton, limnisches 65
Plasmodesmen 285
Platane 344
*Platanus x hybrida* 344
*Platynereis dumerili* 1
Poesie 305
Polychaeta 1
Polymerschaum 262
Polyp 361
Polypenlaus 223
*Populus tremula* 344
Porphin 344
*Porphyridium cruentum* 343
– *purpureum* 343
Protistenbilder 305
Protrusionen 37
Punctum coecum 272
Purpur-Rotalge 343
Pyrenoid 11, 343
Pyrit 193
*Pythiella* 89
*Pyxidicola bollensis* 347
– *liasica* 347

Qualitätsstandard 167
Quecke 142
Quekett Microscopical Club 340
*Quercus suber* 312

Rädertier 145
Radiolarien 241, 262
Radiolarienschalen 236
Radiolarien-Skelette 241
Ramsden'scher Kreis 276
Regeneration 108
Reinigungsmittel 317
Retina 272
Rheinbergbeleuchtung 275
Rhodobakterien 93
Riesenamöbe 230
Ringelwürmer 108
Rio Negro 72
Rio Salimoes 72
Rosickyit 193
Rotalgen 11
Rotatorien 20, 215
Royal Microscopical Society 340
Rutheniumrot 288

*Saccharomyces cerevisiae* 46
Sägen von Gesteinsproben 115
Salinenkrebs 299
*Salix caprea* 344
Salweide 344
Salzdrüsen 285
Salzwasserorganismen 305
*Sambucus nigra* 344
Samen 1
Saprobie 67
*Sapromyces reinschii* 290
Satelliten-Aufnahme 213
*Scenedesmus* 72
– *quadricaudata* 73
– *subspicatus* 267
Schablonenversuche 61
Schamblume 58
Schiff'sches Reagenz 289
Schlangenstern 329
Schlauchalgen 280
Schlemm'scher Kanal 278
Schlupfwespe 156
Schott 335
Schraubenalgen 280
Schulp 291
Schwarzer Holunder 344
Schwarzerle 344
Schwefel 193
Schwingalgen 209
Scyphozoa 220
Secale cereale 142
Secale cornutum 139
Secale luxurians 139
Seegurke 329
Seeigel 329
Seelilie 329
Seen, norddeutsche 66
Seestern 329
Sehen, binokulares 277
Sehen, räumliches 277
Selbstzerlegung 108
Sepia 291
Septalnektarien 285
Siemens, Werner von 335
Silizium 70
Simultanfärbung 316
Sinterquellen 280
*Skujapelta nuda* 13
Sommerlinde 344
Sonnenbrand 342
Sonnenschliff 15
Sonnenschutz 342
*Sorbus aucuparia* 344
Spaltöffnungen 44, 225
Spatially Modulated Fluorescence Excitation 201
Spektrale Präzisionsdistanz-Mikroskopie 200
Spenoiden 194
Spermatogenese 1
Spermien 364
*Spermosira litorea* 212
*Sphacelia segetum* 139, 141
*Sphagnum* 75, 377
Spindeltrichocysten 321
Spinnen 155
Spinnenfresser 155
Spiralrisse 197
*Spirogyra* 280
*Spirogyra*-Faden 238
Sporangien 290
*Spumella* 174
Squalen 292
Stäbchen 272
Stammzellen, interstitiale 222
Stärke 55
Stärkekörner 281
Stärkenachweis 55
Statigraphie 347
*Staurastrum furcigerum* 74
Stechpalme 59
Stenotelen 224, 304
*Stephanoceros fimbriatus* 215

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


*Stephanodiscus* 76
– *hantzschii* 69
*Stephanopyxis* 347
Stereopsis 277
*Stictodiscus* 351
– *kamischevensis* 352
Stolone 3
Stolonisation 108
Strandhafer 102
Strandroggen 104
*Stratiotes* 72
Strichzeichnungen 236
Stromata 141
*Sturtiella elegans* 353
Suberin 311
Subitaneier 146
Sumpfried 52
Süßwasserorganismen 305
Süßwasserpolyp 218, 299
Syllidae 1
Symplast 285
*Syringa* 56
– *vulgaris* 57, 59, 344

Tabak 198
*Tabellaria fenestrata* 74
Tagebaurestseen 129
Tarieren 292
Täuschungen, optische 268
Textur 198
*Theosinthe* 41
Theridiidae 155
*Thrips physapus* 139
Thukydides 136
Tiefenschärfe 234
*Tilia platyphyllus* 344
Tintenfische 291
*Tomopteris helgolandica* 4
Tonwertkorrektur 375
Toxicysten 321
*Tradescantia* 377
– *pebrina* 314
– *albiflora* 314
– *spathacea* 313, 314
*Tradescantia*-Blätter 313
Transferzellen 285
Traumatotaxis 313
Trembley, Abraham 218
*Triceratium (Trinacria?) splendidum* 352
– *lautourianum* 353
*Trichodina pediculus* 224
– *simulacrum* var. *grossepunctata* 352
*Triticale* 142
– *aestivum* 142
Trochophora-Larve 1
*Tropaeolum majus* 56
Trophie 67
*Tropidoatractus acuminatus* 163
*Trypsacum* 41

*Ulothrix zonata* 129
Untereozän 347
Unterer Jura 347
Urkeimzellen 5
*Utricularia* 52

*Vallisneria* 285
*Vaucheria* 280
Verbreitung, stratigraphische 355
Vergrößerungsdifferenz, chromatische 281
Verhalten, *Hydra* 300
Vermehrung, geschlechtliche 364
Vignettierungen 231
Volventen 224
*Volvox* 72
– *globator* 73
Wärmestrahlensperrfilter 279
Wasserschlauch 52
Weinbeeren, Fixierung 185
Weißwasserflüsse 74
Weltraumforschung 205
Wickelkapseln 304
Wilder Wein 57
*Wittia insignis* 352
Wohldenberg 195
Wundkorkzellen 313
Wurzelknöllchen 285

*Xanthidium mamillosum* 74
Xanthophyceae 280
Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopie 183

*Yucca* 285

Zapfen 272
*Zea mais* 41
Zeigerorganismen 65
Zeiss, Carl 167
Zelltod, programmierter 377
Zelltypen 221
Zellwände, cutinisierte 317
Zellwände, nicht cutinisierte 317
Zellwände, unverholzte 317
Zellwände, verholzte 317
Zieralgen 296
Zitieren von lateinischen Grundlagenwerken 99
Zitterpappel 344
Zoosporangium 87
Zuchtmethoden, *Hydra* 299
Zwergpfeffer 58
*Zygogonium* 130
– *ericetorum* 129, 130

© Elsevier 

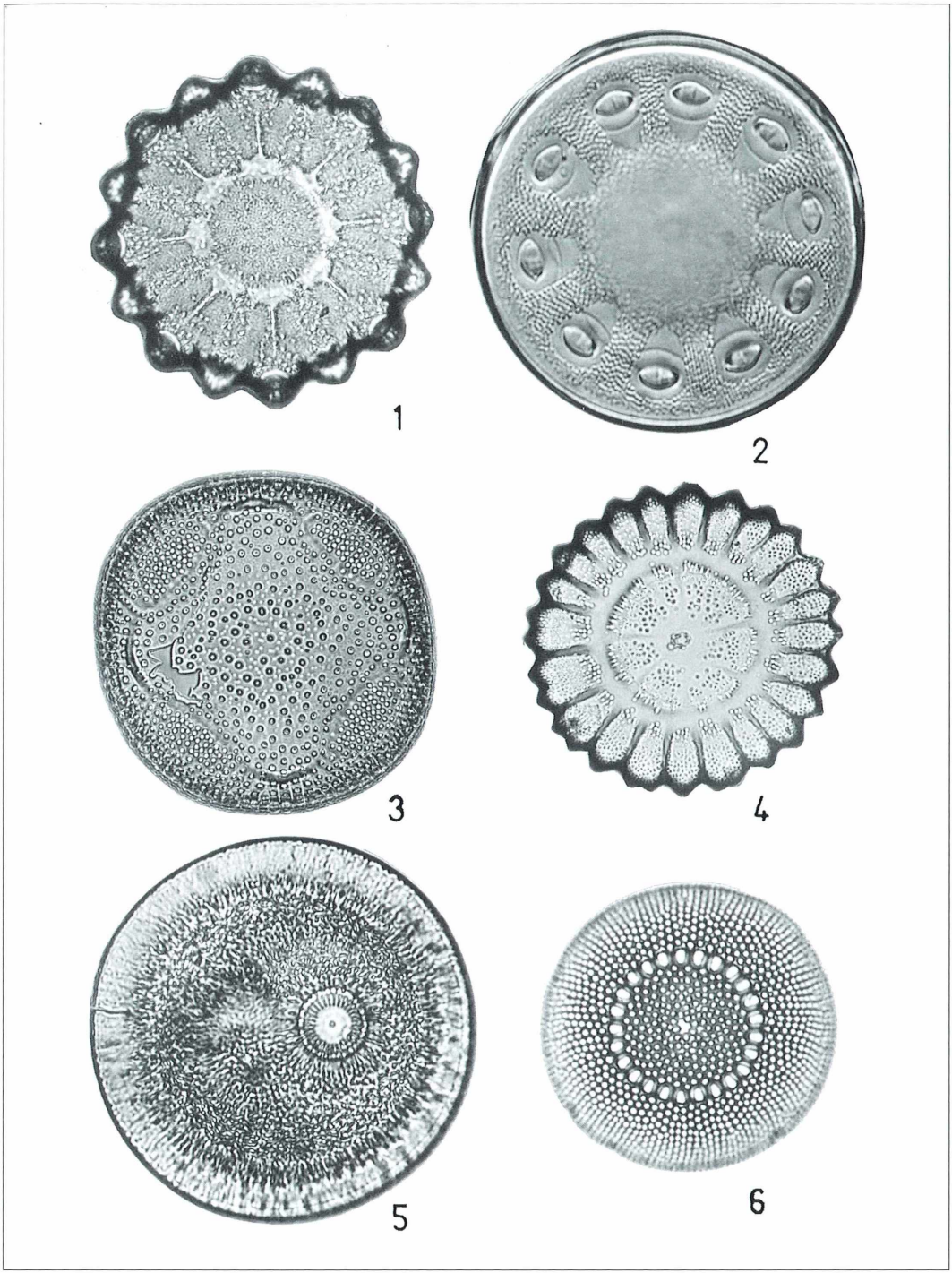



**Abb. 5: Fossile Diatomeen aus dem Obereozän von Oamaru. 1 *Grovea pedalis*, 2 *Sturtiella elegans*, 3 *Triceratium lautourianum*, 4 *Antodiscina floreatus*, 5 *Monopsia mammose* (auch in der Oberkreide), 6 *Brightwellia coronata*.**

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

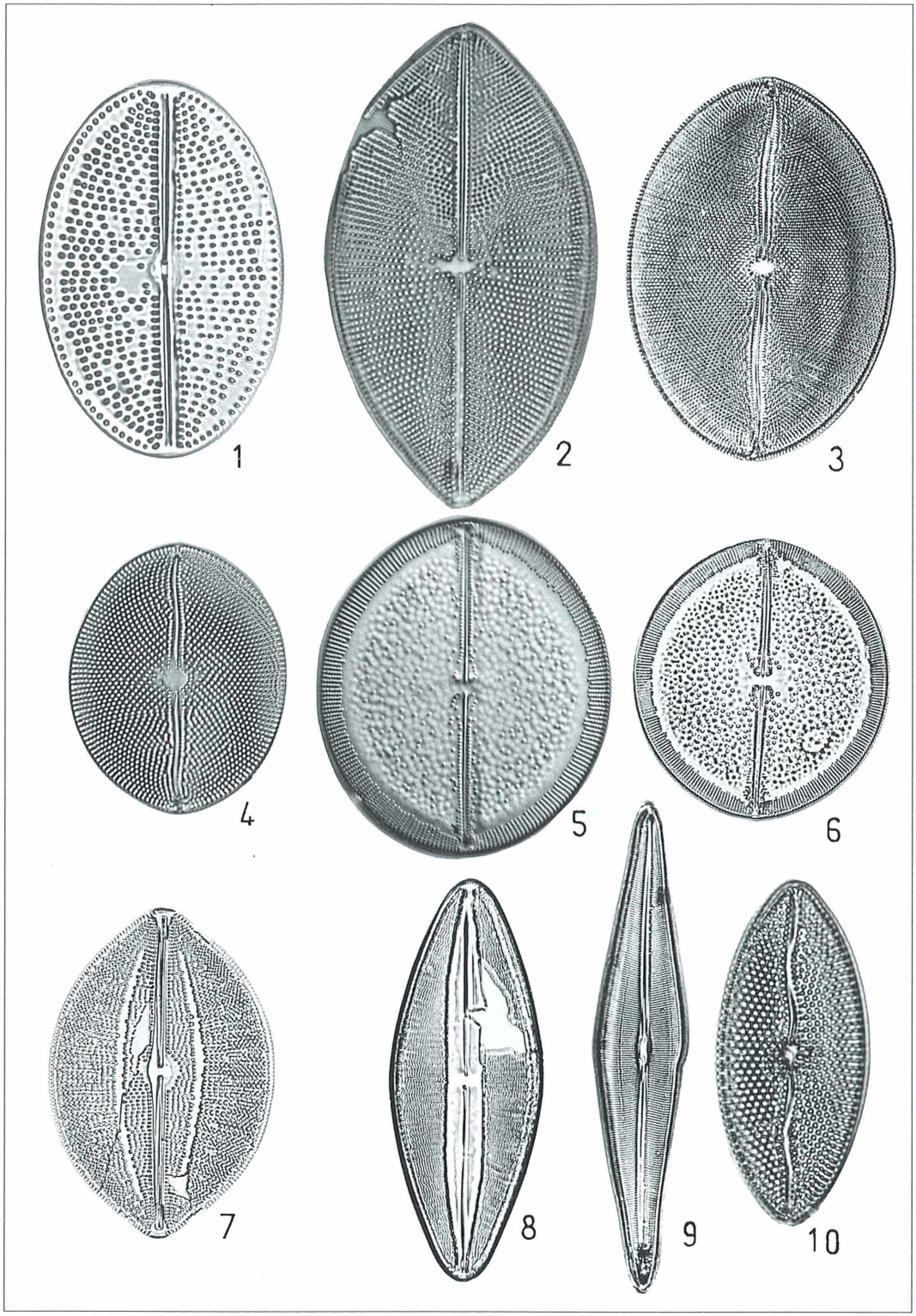


**Tabelle 2: Stratigraphische Verbreitung der Gattung *Trinacria*.**

| Gattung | Stratigraphische Verbreitung | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Trinacria* | Obere Kreide | Paläo-zän | Unter-eozän | Ober-eozän | Oligo-zän | Panoche Hills | Kurojedwo | Ananino | Wolgagebiet | Ural/Transural | Molerformation | Heiligenhaten | Oamaru | Barbados | Haiti |
| *T. deciusi* H. | ▬ | | | | | × | | | | | | | | | |
| *T. tristictia* H. | ▬ | | | | | × | | | | | | | | | |
| *T. interlineata* L. F. & S. | ▬ | | | | | × | | | | | | | | | |
| *T. nitescens* L. F. & S. | ▬ | | | | | × | | | | | | | | | |
| *T. aries* W. | ▬ | ▬ | | | | × | × | | | | | | | | |
| *T. mucronata* (Schm.) | ▬ | ▬ | | | | × | × | × | | | | | | | |
| *T. insipiens* W. | ▬ | ▬ | | | | × | × | × | | | | | | | |
| *T. exculpta* (Hbg.) | ▬ | ▬ | ▬ | ▬ | | | × | × | × | | × | | | | |
| *T. coronata* W. | | ▬ | | | | | × | | | | | | | | |
| *T. princeps* W. | | ▬ | | | | | × | | | | | | | | |
| *T. weissflogi* W. | | ▬ | | | | | × | × | | | | | | | |
| *T. grunowi* W. | | ▬ | | | | | × | × | | | | | | | |
| *T. grevillei* W. | | ▬ | ▬ | ▬ | | | × | × | | | | | | | |
| *T. pileolus* (Ehr.) | | ▬ | ▬ | ▬ | | | × | × | × | | × | | | | |
| *T. regina* Hbg. | | ▬ | ▬ | ▬ | ▬ | | × | × | × | × | × | | | | |
| *T. excavata* Hbg. | | ▬ | ▬ | ▬ | ▬ | | × | × | × | × | × | | × | | |
| *T. simulacrum* Gr. & St. | | | | ▬ | ▬ | | | | × | | | | × | | |
| var. *grossepunctata* Ch. | | | ▬ | ▬ | | | | | × | | | | | | |
| *T. wittii* A. Schm. | | | ▬ | ▬ | | | | | | | × | | | | |
| *T. kittoniana* Grun. | | | ▬ | ▬ | | | | | | | × | | | | |
| *T. heibergii* Kitt. | | | ▬ | ▬ | | | | | | | × | | | | |
| *T. ventricosa* Gr. & St. | | | | ▬ | ▬ | | | | | | | × | × | | |
| *T. subcapitata* (Grev.) | | | | ▬ | ▬ | | | | | | | | | × | |
| *T. jeremiae* T. & W. | | | | ▬ | ▬ | | | | | | | | | | × |

den Höhepunkt ihrer Entwicklung, kommen dann im nachfolgenden Neogen noch mit wenigen Arten, aber in den heutigen Meeren überhaupt nicht mehr vor. Sie starben im Neogen aus. Hierher gehört zum Beispiel die besonders im Obereozän artenreiche Gattung *Stictodiscus*. Wieder andere haben zwar im Paläogen ein Optimum ihrer Artenvielfalt erreicht, sind aber Durchläufer und auch heute noch artenreich vertreten. Hierher gehört zum Beispiel die Gattung *Triceratium*. Von *Coscinodiscus* wissen wir, dass diese Gattung sogar vom unteren Jura bis heute durchläuft (Tabelle 3).

Interessant sind die Gattungen, die nur an einem Fundort mit nur einer einzigen Art vertreten sind, wie *Grovea pedalis*, *Sturtiella elegans* und *Anthodiscina floreatus* (Abb. 5) im Obereozän von Oamaru. Ihre Entwicklung geriet möglicherweise in eine Sackgasse der Evolution. Diese Arten waren nur kurze Zeit lebensfähig.

Bemerkenswert ist das plötzliche gattungs- und artenreiche Auftreten der pennaten Diatomeen im höheren Paläogen, im obereozänen Diatomit von Oamaru/Neuseeland (Tabelle 4). Etwa 4% der Oamaru-Diatomeen sind pennate Formen. Schrader (1969) hat 125 Pennales aus 32 Gattungen festgestellt und 45 unsichere Arten aufgeführt. In allen anderen bekannten obereozänen Diatomiten, auch in den etwa gleich alten Vorkommen auf Barbados, ist der Anteil an pennaten Diatomeen bedeutend geringer. Man muss davon ausgehen, dass der Anfang ihrer phylogenetischen Entwicklung viel weiter zurückliegt, vielleicht sogar jenseits des Paläo-

◄ **Abb. 6: Fossile pennate Diatomeen aus dem Obereozän von Oamaru. 1 *Navicula sparsipunctata*, 2 *Navicula grovei*, 3 *Mastogloia splendida* (fragwürdige Bestimmung), 4 *Mastogloia barbadensis*, 5 und 6 *Navicula oamaruensis*, 7 *Navicula interlineata*, 8 *Navicula* spec., 9 *Navicula inelegans*, 10 *Mastogloia* spec.**

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

**Tabelle 3: Stratigraphische Verbreitung einiger Diatomeengattungen in Kreide und Paläogen.**

| Arten | Erdzeitalter | K | P | Eozän | | Oligozän | | Miozän | | | Pliozän | | | Pl | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | U | O | U | O | U | M | O | U | M | O | | |
| *Actinodictyon* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| *Benetorus* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Centroporus* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| *Chasea* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Eunotogramma* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| *Glorioptychus* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Haynaldia* | K–M | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| *Hendeya* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Horodiscus* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Huttonia* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| *Kentrodiscus* | K P | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| *Kittonia* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| *Lepidodiscus* | K E | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| *Mammidion* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Micrampulla* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Monopsia* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| *Odontotropis* | K–E | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| *Pseudopyxilla* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Pseudostictodiscus* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Rhaphidorphora* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Syphnetolethus* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Upothema* | K | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| *Meretrosulus* | K–O | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| *Pterotheca* | K–O | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| *Trinacria* | K–O | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| *Rattrayella* | K–M | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| *Cladogramma* | K–M | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| *Craspedodiscus* | K–M | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| *Eupodiscus* | K–M | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| *Porpeia* | K–M | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| *Anaulus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Auliscus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Endictya* | K–P | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| *Liradiscus* | K–P | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| *Terpsinoë* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Triceratium* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Actinoptychus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Arachnoidiscus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Aulacodiscus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Biddulphia* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Coscinodiscus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Hemiaulus* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Lithodesmium* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Melosira* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Podosira* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Stephanopyxis* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| *Xanthiopyxis* | K–R | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

K = Kreide, P = Paläozän, Pl = Pleistozän, R = Rezent, U = Unter-, M = Mittel-, O = Ober-.

**Tabelle 4: Pennate Diatomeen im obereozänen Diatomit von Oamaru.**

| | |
|---|---|
| *Amphora* | *Leptocaphos* |
| *Campyloneis* | *Mastogloia* |
| *Climacosphenia* | *Navicula* |
| *Cocconeis* | *Nitzschia* |
| *Cymatosira* | *Oestrupia* |
| *Dictyoneis* | *Opephora* |
| *Dimmerogramma* | *Plagiogramma* |
| *Drepanotheca* | *Pinnularia* |
| *Diploneis* | *Progonoia* |
| *Entopyla* | *Rhaphoneis* |
| *Fragillaria* | *Rhabdonema* |
| *Gephyra* | *Synedra* |
| *Grammatophora* | *Stauroneis* |
| *Helminthopsis* | *Tropidoneis* |
| *Lophotheca* | *Tubularia* |

zäns. Tabelle 4 enthält bekannte Gattungen (Biraphideae und Araphideae) aus dem Obereozän von Oamaru. Die meisten davon leben noch heute, wie zum Beispiel die besonders artenreiche Gattung *Navicula* (Abb. 6).

An der Wende Paläogen/Neogen sterben viele Diatomeengattungen und -arten aus. Dafür entwickeln sich zahlreiche neue Formen, die zum großen Teil heute noch leben, besonders in den vom kalten Wasser der Eiszeiten abgeschnittenen Meeren, wie dem Mittelmeer. Im Neogen war das Wasser der Meere bis in große Tiefen bedeutend wärmer als heute. Marine fossile Diatomeenvorkommen enthalten neben Radiolarien stets Silicoflagellaten. Letztere erlebten mit zahlreichen Arten in den warmen Meeren des Neogens den höchsten Punkt ihrer Entwicklung. In den heutigen Meeren kommen nur noch drei Arten lebend vor. Es ist eine optimale Entwicklung der pennaten Diatomeen zu beobachten. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass man im Paläogen keine Süßwasserablagerungen von Diatomeen findet. Es scheint so zu sein, dass sie erst im Neogen das Süßwasser erobert haben. Die großen Lager von Süßwasserdiatomiten entstanden hauptsächlich im Quartär, im Pleistozän und Holozän während der Abschmelzphasen in den Eiszeiten und in der Nacheiszeit.

### *Literaturhinweise*


Benda, L.: The diatoms of the Moler Formation of Denmark. Beiheft Nova Hedwigia *39*, 251–266 (1972).

Cheneviere, E.: Sur un depot fossile marine diatomées situe á Kamichev (Russia centrale). Bull. Soc. Franc. Microsc. *3* (1934).

Deflandre, G.: Sur la presence de Diatomées dans certain silex turoniens. Comp. Rend. Acad. Sc. *213*, 878–880 (1941).

Desikachary, T. V., Sreelatha, P. M.: Oamaru Diatoms. Verlag J. Cramer in der Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin 1989.

Forli, A., Schulz, P.: Erste Mitteilungen über Diatomeen aus dem hannoverschen Gault. Beiheft Bot. Cbl. *50*, Abt. 2, 241–246 (1932).

Grove, E., Sturt, G.: On a fossil marine diatomaceous deposit from Oamaru, Otago, New Zealand. J. Queckett micr. CL. Ser. *2,3*, 87–12 (1886/1887).

Grunow, A.: Moler aus Jütland. Hedwigia, Notizbl. Kryptogam stud. *5*, 10 (1866).

Göke, G.: Schöne und seltene Diatomeen. 1. Die ältesten fossilen Vorkommen. Mikrokosmos *67*, 235–240 (1978).

Göke, G.: Schöne und seltene Diatomeen. 2. Berühmte Fundstellen im Alttertiär Europas. Mikrokosmos *67*, 272–275 (1978).

Göke, G.: Schöne und seltene Diatomeen. 3. Die obereozänen Diatomite von Oamaru. Mikrokosmos *67*, 299–304 (1978).

Göke, G.: Schöne und seltene Diatomeen. 4. Marine Diatomite in Nordamerika, Haiti, Trinidad und Barbados. Mikrokosmos *68*, 155–159 (1979).

Göke, G.: Das Vorkommen von Diatomeen im europäischen Paläogen. Der Aufschluß *23*, 378–385 (1972).

Hanna, G. D.: Cretaceous diatoms from California. Occ. Pap. Calif. Acad. Sci. *13*, 5–40 (1927).

Hanna, G. D.: The lowest known tertiary diatoms in California. J. Paeolontology *1*, 103–126 (1927).

Hanna, G. D., Brigger, L.: Some fossil diatoms from Barbados. Occ. Pap. Calif. Acad. Sci. *45*, 1–27 (1964).

Heiberg, P. A.: Kritisk oversigt over de danske diatomeer. Selbstverlag (in lateinisch u. dänisch), Kopenhagen, 1863.

Kitton, F.: Diatomaceous deposits from Jutland. J. Quekett. Micr. Cl. 2, 98–99 und 168–171 (1870/71).

Kanaya, T.: Eocene diatom assemblages from the Kellog and Sidney Shales, Mt. Diablo Area. Calif. Sci. Repts. Tohoku Univ. Sendai, Japan 1957.

Latour de, H. A.: On the fossil marine diatomaceous deposit near Oamaru. Trans. New Zealand Inst. *21*, 293–311 (1888).

Long, J. A., Fuge, D. P., Smith, J.: Diatoms of the Moreno Shale. J. Paleontology*20*, 89–118 (1946).

Müller, O.: Diatomeenrest aus den Turonschichten der Kreide. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. *29*, 661–668 (1911).

Pantocsek, J.: Beiträge zur Kenntnis der fossilen Bacillarien Ungarns. Teil 1: Nagy-Tapolcsany Buchdruckerei Julius Platzko, Pozsony 1886. Teil 2: Nagy-Tapolcsany Buchdruckerei Julius Platzko, Pozsony 1889. Teil 3: Pozsony Buchdruckerei C. G. Wigand, Pozsony 1893. 2. Auflage im Selbstverlag, Berlin-Pozsoni 1903–1905.

Petersen, G. K., Sarlyk, F.: The Fur Formation. Bull. Geol. Soc. Denmark. *32*, 43–65 (1983).

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

Rothpletz, A.: Über die Flysch-Fucoiden und einige andere fossile Algen, sowie über liasische diatomeenführende Hornschwämme. Z. Dtsch. Geol. Ges. *48*, 1–50 (1896).
Schulz, P.: Diatomeen aus den senonen Schwammgesteinen der Danziger Bucht. Bot. Archiv *37*, 383–413, Leipzig (1935).
Stelnikova, N. J.: Diatoms of the Cretaceous Period. Beiheft 53 zur Nova Hedwigia 311–321 (1974).
Weiße, J. F.: Mikroskopische Analyse eines organischen Polierschiefers aus dem Gouvernement Simbirsk. Bull. Cl. Phys. Math. Acad. Imp. Sci. *13*, St. Petersburg (1855).
Witt, O.: Über den Polierschiefer von Archangelsk-Kurojedowo im Gouverment Simbirsk. Verh. Kais.-russ. Mineral. Ges., St. Petersburg 22 (1866).
Witt, O., Truan Y Luard, A.: Die Diatomeen der Polycistinen-Kreide von Jeremie in Hayti. Selbstverlag, Berlin 1888.

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

Nachricht

# Ausschreibung zum FLUKA-Wettbewerb für Mikrofotografie des Verbandes Deutscher Biologen e.V. 2003

Viele unserer Leser und Autoren besitzen Mikroskope und sind in der Lage brillante Mikrofotos anzufertigen. Haben Sie nicht Lust, an einem Wettbewerb für Mikrofotografie teilzunehmen? Der Verband Deutscher Biologen e.V. schreibt zum 19. Mal den internationalen Wettbewerb für mikrofotografische Arbeiten über Gegenstände der belebten und unbelebten Natur aus. Nachfolgend finden Sie den Text der Ausschreibung und die Teilnahmebedingungen, sowie eine Liste der Preisträger und ihrer Objekte von 2001.
Die zehn besten Arbeiten werden mit Geldpreisen ausgezeichnet.

## Wettbewerbsbedingungen

*Thema*: Objekte und Strukturen aus der belebten und unbelebten Welt. Der Wettbewerb bezieht sich ausschließlich auf Aufnahmen, die mit einem Lichtmikroskop oder einer Stereolupe gemacht wurden. Die Präparate brauchen nicht selbst hergestellt zu sein.

*Teilnahme*: Teilnehmen kann jeder biologisch Interessierte (Amateur oder Profi) aus dem europäischen Raum.

*Einsendeschluss*: 30. April 2003

*Einsendeanschrift*: OStR Eckart Klein, Fraunhoferstr. 9, D-30163 Hannover, Tel./Fax: 05 11/66 58 95

*Bildmaterial:* Jede Sendung darf drei Aufnahmen enthalten, und jeder Teilnehmer darf sich nur mit einer Sendung am Wettbewerb beteiligen. Das eingesandte Material sollte folgende Formate haben: Dias: 24 × 36 (gerahmt, ungeglast) bis 120 × 80 mm; Schwarz-Weiß-Abzüge (hochglänzend): bis 300 × 400 mm. Für die Kennzeichnung Ihres Bildmaterials verwenden Sie bitte die beigefügten Etiketten, die Sie lose Ihrer Sendung beilegen. Vergessen Sie nicht, auch die technischen Daten anzugeben: Vergrößerung = Maßstabszahl des Objektivs x Eigenvergrößerung des Okulars (evtl. × Tubusfaktor und × Kamerafaktor). Mikroskopier-Technik: Färbemittel, Hellfeld, Dunkelfeld, Auflicht, Polarisation, Phasenkontrast, Fluoreszenz oder andere. Die untere Zeilen der Etiketten bitte frei lassen.
*Haftung:* Wir verpflichten uns zur sorgfältigen Behandlung Ihres Bildmaterials. Eine Haftung für Aufnahmen, die beschädigt wurden, oder für Aufnahmen, die auf dem Versandweg verloren gingen, kann jedoch nicht übernommen werden.

*Eigentumsrechte*: Bitte schicken Sie nur Aufnahmen, die Sie selbst gemacht haben und an denen Sie alle Rechte besitzen. Wir setzen voraus, dass die eingesandten Aufnahmen nicht anderswo zur Veröffentlichung angeboten werden. Die prämierten Arbeiten (Preise 1 bis 10) gehen einschließlich der Negative bei Schwarz-Weiß-Abzügen in den Besitz von FLUKA-Chemie, Schweiz, über und verbleiben im FLUKA-Archiv. FLUKA erwirbt mit der Prämierung oder dem Ankauf alle Eigentumsrechte.

*Preise*: 550 € (1. Preis), 275 € (2. Preis), 150 € (3. Preis), 60 € (4.–10. Preis). Weitere besonders gute Aufnahmen, die nicht mit einem Preis bedacht werden, können von der Jury zum Ankauf vorgeschlagen werden. Für jede prämierte Arbeit (l.–10. Preis) gibt es zusätzlich eine Ehrenurkunde, für jede angekaufte Arbeit eine Sonderurkunde und 35 €.

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


Eine Aufnahme kann auch einen Preis gewinnen, wenn ein Teil der unten genannten Kriterien nicht erfüllt wird. Die Entscheidung der Jury ist unanfechtbar, der Rechtsweg ausgeschlossen.

*Jury*: Die Jury besteht aus Fachleuten, die die mikrofotografischen Aufnahmen nach folgenden Kriterien beurteilen: Ausreichende Kontrastierung, gleichmäßige Ausleuchtung, Gestaltung und Aussagekraft des Bildes, Übereinstimmung von Bildbezeichnung und Objekt, wissenschaftliche Relevanz. Der Jury gehören an: Prof. Dr. W. Braune (Jena), K. Brügmann (Hannover), Dr. A. Gebert (Lübeck), Dr. D. Gerlach (Erlangen), M. Kage (Weissenstein), E. Klein (Hannover), Dr. H. Krause (Bad Nenndorf) und Prof. Dr. H. Robenek (Münster).

*Versand*: Bitte verpacken Sie Ihre Aufnahmen so, dass sich das Verpackungsmaterial auch für die Rücksendung verwenden lässt. Einen ausgefüllten Adressenaufkleber legen Sie bitte Ihrer Sendung bei.

*Preisträger des FLUKA -Wettbewerbs 2001*

1. Preis: 1000 DM, Spike Walker, UK-Penkridge (England). Farbdia: *Taenia solium* (Bandwurm): Scolex mit Haken.

2. Preis: 500 DM, Hermann Hochmeier, A-3150 Wilhelmsburg. Farbdia: Melophyr (eine Quarzdruse).

3. Preis: 250 DM, Otto Larink, D-38092 Braunschweig. Farbdia: Auge einer Fischlarve aus der Nordsee.

4. Preis: 100 DM, Ulrich Drenhaus, CH-1723 Marty. Farbdia und Farbbild: Embryonale Hühnchenretina.

5. Preis: 100 DM, Barry Nattress, UK-Wakefield (England). Farbdia: *Daphnia curvirostra* (Süwasserkrebs).

6. Preis: 100 DM, R. Kretz, CH-1700 Fribourg. Farbdia: Unterseite des Kronblatts von *Amaryllis* spec.

7. Preis: 100 DM, Heinz Günter Beer, D-90522 Oberasbach. Farbdia: Zikade, in Bernstein eingeschlossen.

8. Preis: 100 DM, Luc Bouwens, B-1090 Brüssel. Farbdia: Bauchspeicheldrüse eines erwachsenen Menschen, Neubildung von Insulin-enthaltenden Zellen.

9. Preis: 100 DM, Rudolf Väth, D-89287 Bellenberg. Farbdia: *Micrasterias radiata* (lebend)

10. Preis: 100 DM, Christine Thunig, D-95440 Bayreuth. Farbdia: Kristallisation von Alkylpolyglucosiden.

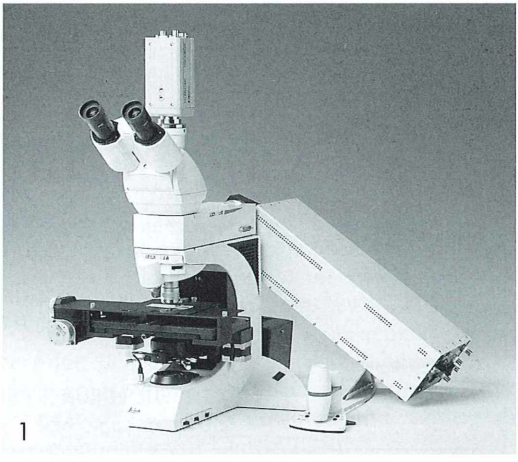
Redaktion MIKROKOSMOS

# Aus der Industrie

## Laser Mikrodissektions System von Leica

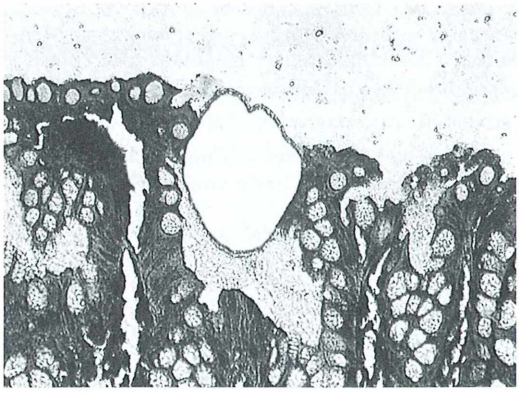
Die Laser Mikrodissektion mit dem Leica AS LMD (Abb. 1) ermöglicht das gezielte Herausschneiden von Zellgruppen, einzelnen Zellen oder sogar von Chromosomen aus histologischen Schnitten (Abb. 2). Es können Paraffinschnitte, Gefrierschnitte, Blutausstriche, Chromosomenpräparate sowie Zellkulturen für die Dissektion verwendet werden. Die herausgeschnittenen Fragmente können dann beispielsweise für molekulare oder biochemische Untersuchungen der DNA, RNA oder Proteine genutzt werden. Damit wird eine eindeutige Zuordnung der Analyseergebnisse zu bestimmten Strukturen möglich.

Das AS LMD gehört bereits zur dritten Generation von Geräten, die diese Untersuchung ermöglichen. Das Ausschneiden erfolgt mittels

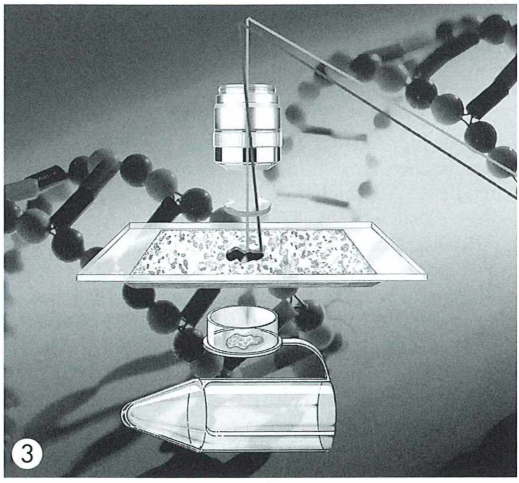


1

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



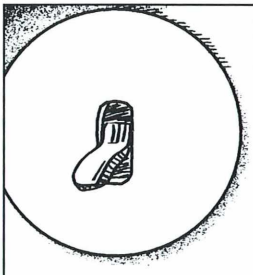
2



3

eines gepulsten UV-Lasers, dessen fokussierter Strahl entlang der Kontur des gewählten Areals geführt wird (Abb. 3). Da keine Erwärmung erfolgt und ohne mechanischen Kontakt gearbeitet wird, ist diese Methode sehr schonend und ohne Gefahr von Kontaminationen. Das Präparat wird zuvor auf eine dünne Kunststofffolie montiert, so dass der Transport der ausgeschnittenen Teilfläche in die Reaktionsgefäße allein durch die Schwerkraft erfolgen kann. Der lange Arbeitsabstand des Objektivs erlaubt eine direkte Überprüfung, ob sich das Dissektat tatsächlich im vorgesehenen Reaktionsgefäß befindet. Die Präzision des Schneidens ist optisch mit der gewählten Vergrößerung gekoppelt.
Alle Komponenten und Funktionen des Laser Dissektions Systems werden unter Rechnerkontrolle ausgeführt; die Bilder können digital gespeichert werden.

Redaktion MIKROKOSMOS

# Kopfschmerz - abschalten

Menschen mit Kopfschmerzen würden den quälenden Schmerz am liebsten abschalten. Und tatsächlich: Hilfe ist möglich. 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/


# Beobachtungen zur Biologie des Süßwasserpolypen Hydra viridissima. 3. Teil: Reaktionen auf Reize und Vermehrung

Matthias Haas

**Mit dem nun vorliegenden dritten Teil zur Biologie von *Hydra* schließt diese Serie ab. Es werden Versuche und Beobachtungen zu Reaktionen auf verschiedene Reize und zur geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Vermehrung beschrieben.**

Durch seine unspezialisierten Sinneszellen und das diffuse Nervennetz kann ein Polyp in begrenztem Umfang auf Außenreize reagieren.

## Chemische Reize

Hydren, die mehrere Tage gehungert haben, verharren mit lang gestrecktem Körper an ihrem Befestigungsort. Bringt man in eine Kultur solcher Tiere *Artemia*-Larven, so ist unmittelbar nach Zugabe der Futterorganismen eine gesteigerte Aktivität der Polypen zu beobachten; die Polypen beginnen mit heftigen Tentakelbewegungen. Hinsichtlich der Qualität der auslösenden Reize konnte ich eine interessante Feststellung machen. Wird nämlich ein Polyp, der längere Zeit in Regenwasser gehalten wurde, in filtriertes (!) Teichwasser überführt, zeigt er die gleichen Suchbewegungen. Bald geht das Tier dann zu den typischen Schlingbewegungen der Nahrungsaufnahme über. Hierbei werden die Tentakel ohne die Anwesenheit eines Beuteorganismus gebärdenhaft zum geöffneten Mund hin gekrümmt. Somit ist der Polyp in der Lage, chemische Reize zu registrieren und auf sie zu reagieren. Im genannten Beispiel wird das gesamte Fang- und Schlingverhalten ohne zusätzliche mechanische Reize allein auf chemischem Weg ausgelöst. Diese untergeordnete Bedeutung der mechanischen Reize beim Beutefang erklärt auch den weitgehend stereotypen Ablauf der Nahrungsaufnahme mit den unorientierten Tentakelbewegungen. Andererseits kann ein Polyp durch die Wahrnehmung chemischer Reize Beutetiere in einem Gewässer ohne direkten Kontakt mit ihnen auf längere Distanzen hinweg regelrecht wittern und seine Aktivität diesen Umweltgegebenheiten anpassen. Dies gleicht die beschränkten Möglichkeiten der Ortsbewegung ein Stück weit aus und verhindert unnötigen Energieverbrauch.

## Mechanische Reize

Die Reaktionen eines Polypen auf mechanische Reize stellen hauptsächlich Schutzreflexe dar. Sie bestehen in den meisten Fällen aus einer einfachen Kontraktion des gesamten Polypenkörpers. Hierbei ist es unerheblich, wo die Reizquelle lokalisiert ist. Dies zeigt sich im Experiment besonders deutlich, wenn mit einer feinen Borste verschiedene Körperstellen einer *Hydra* gereizt werden. Wird die Fußscheibe angestoßen, so nähert sich der Polyp der Reizquelle. Trotzdem lassen sich bei diesem einfachen Reiz-Reaktions-Schema gewisse Differenzierungen feststellen. Bei genauer Beobachtung wird deutlich, dass die Reaktion in Zusammenhang mit der Reizstärke steht. Wird die Reizstärke herabgesetzt, so geht die rasche, kontinuierliche Kontraktion zu einem langsamen, schrittweisen Zusammenziehen über, wobei die Kontraktionswelle mit zunehmender Entfernung von der Reizquelle abflacht. Daneben zeigt *Hydra* Formen eines sehr simplen Lernens, welches in der Ethologie als Habituation bezeichnet wird. Bei Dauerreizung erfolgt nämlich eine Gewöhnung mit abnehmender Kontraktionsbereitschaft. Eine solche Habituation ist auch bei jenem Polypen erfolgt, der sich an eine Wasserschnecke angeheftet hat. Diese *Hydra* hat sich an die Bewegungen der Schnecke gewöhnt und reagiert auf sie nicht mehr mit Kontraktion.

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

## Vermehrung

Ein weiterer Gesichtspunkt, der die Auseinandersetzung mit dem grünen Süßwasserpolypen interessant macht, ist seine Art der Vermehrung. Im Gegensatz zu den meisten anderen Vielzellern kann sich *Hydra viridissima* sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich vermehren.

## Ungeschlechtliche Vermehrung

In einer gut versorgten Laborkultur wird man die ungeschlechtliche Vermehrung in Form von Knospung beinahe ununterbrochen beobachten können. Erstmals wurde diese Lebensäußerung des Süßwasserpolypen von Antoni van Leeuwenhoek in dem im ersten Teil genannten Brief aus dem Jahr 1702 beschrieben. Leeuwenhoek schreibt dort (hier in der deutschen Übersetzung): [...] *an dessen Körpermitte* [...] *schien mit seinem Hinterteil ein weiteres, mikroskopisch kleines Tierchen festzuhängen.* [...] *Zu diesem Zeitpunkt hatte dieses mikroskopisch kleine Tierchen nur vier ganz kurze Fühler, aber nachdem sechzehn Stunden vergangen waren, sah ich, dass sein Körper und seine Fühler größer geworden waren, und wiederum vier Stunden später sah ich, dass es seine Mutter verlassen hatte.*
Nach diesen ersten Beobachtungen wurde die Knospung weiter erforscht, so dass man sie heute allgemein durch die folgende Definition beschreibt: Bei der Knospung werden besondere Zellkomplexe als Körperauswüchse (Knospen) mehr oder weniger weitgehend abgeschnürt und zu Tochterindividuen.

## Verlauf der Knospung

Der dynamische Knospungsvorgang lässt sich in einzelne Phasen unterteilen. Bei meiner Tätigkeit habe ich an Hand von Lebendbeobachtungen und einer fotografischen Dokumentation (Abb. 1) das Knospungsschema von Neuwirth-Schmidt (1990) modifiziert und auf Grund morphologischer und physiologischer Feststellungen auf fünf Schritte reduziert (Abb. 2).
Die Knospung beginnt damit, dass sich die Körperwand in der Mitte des Polypenrumpfes erst kegelförmig und dann zylindrisch aus-

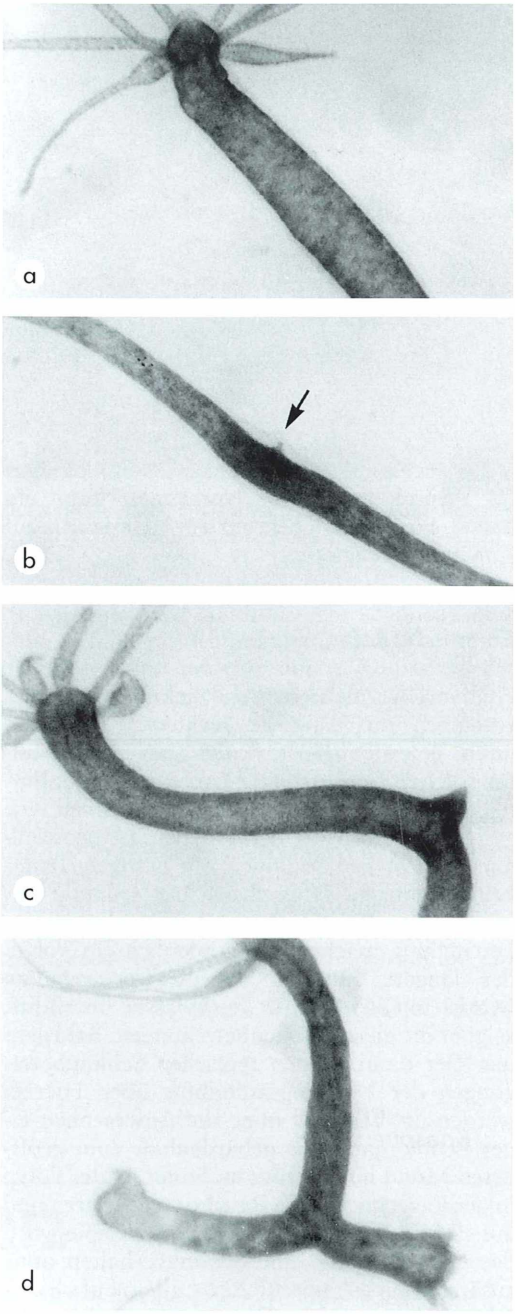



**Abb. 1: Knospungsverlauf.**
**Die Versuche wurden mit völlig knospenfreien Tieren begonnen (a 0 Stunden) und zeigen die Bildung einer Knospe (Pfeil) im zeitlichen Ablauf. Zeit nach Versuchsbeginn: b 10 Stunden, c 13 Stunden, d 19 Stunden.**

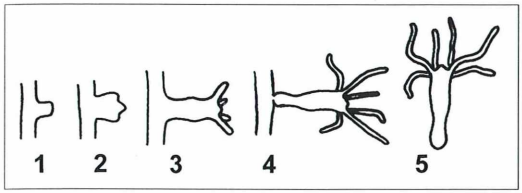



**Abb. 2: Knospungsverlauf im Schema (nach Neuwirth-Schmidt, 1990).**

beult. Anschließend verdickt sich die Ausstülpung, während sich an ihrem freien Ende das Hypostom ausdifferenziert. Auch die Anlagen der Tentakel sind schon erkennbar. Die Ausdünnung des Ektoderms an der Spitze lässt auf den Durchbruch der Mundöffnung schließen. In der dritten Phase sind die Tentakel in ihrer definitiven Anzahl angelegt. Der Gastralraum der länglich gewordenen Knospe kommuniziert mit dem des Muttertieres. Außerdem sind erste Streckungen und Kontraktionen zu beobachten, welche aber noch weitgehend synchron zum Muttertier ablaufen. Die nächste Phase ist durch eigenständige Bewegungen und Reaktionen des Tochterpolypen gekennzeichnet. Mit Hilfe der weiter gewachsenen Tentakel kann die Knospe schon selbst Beute fangen. Gleichzeitig prägt sich die Fußscheibe aus, wodurch die Knospe ihren Gastralraum von dem der Mutter separiert. Schließlich ist die Fußscheibe des Tochterpolypen vollständig entwickelt und die Knospe löst sich durch eine purzelbaumartige Bewegung vom Muttertier, um als junger Polyp ein selbstständiges Leben zu führen.

### *Versuche zur Populationsentwicklung und Knospungsrate*

Gerade bei der Knospung bietet sich die Möglichkeit statistischer Untersuchungen. Zunächst lässt sich dabei feststellen, dass sich die Anzahl der Polypen einer Kultur bei Idealbedingungen (Zimmertemperatur, sauberes Wasser, große Besiedlungsfläche, reichliche Fütterung) innerhalb von zwei Wochen mehr als verzehnfacht (Abb. 3).
Da auch die Knospentiere ein bis drei Tage nach der Ablösung eigene Tochterpolypen bilden, zeigt die Wachstumskurve einen exponentiellen Anstieg. Bei der Verteilung der Knospen-

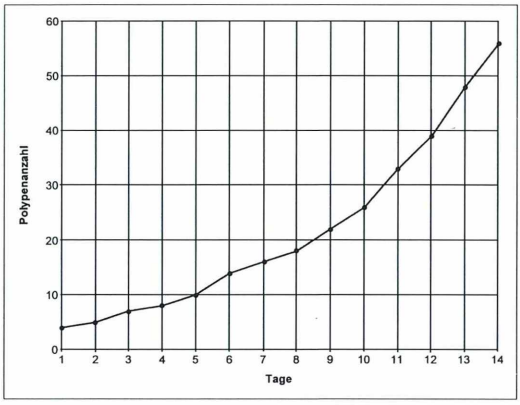



**Abb. 3: Populationswachstum einer Polypenkultur bei Idealbedingungen.**

zahl in einer solchen Kultur fällt auf, dass ein Großteil der Tiere zwar keine Knospen besitzt, manche Polypen hingegen nicht nur eine, sondern zwei Knospen gleichzeitig bilden (Abb. 4). Drei Knospen stellen hierbei eine Ausnahme dar. Geht man von der Annahme aus, dass die Knospenbildung für den Polypen einen hohen Energieaufwand bedeutet, so lässt sich vermuten, dass die Knospungsaktivität von der Nahrungsmenge beeinflusst wird.
Um diese Hypothese zu prüfen, habe ich verschiedene Polypen einzeln in kleinen Schnappdeckelgläsern gehalten und täglich jeweils mit der gleichen Anzahl von Beutetieren gefüttert. Die Knospungsaktivität habe ich durch das

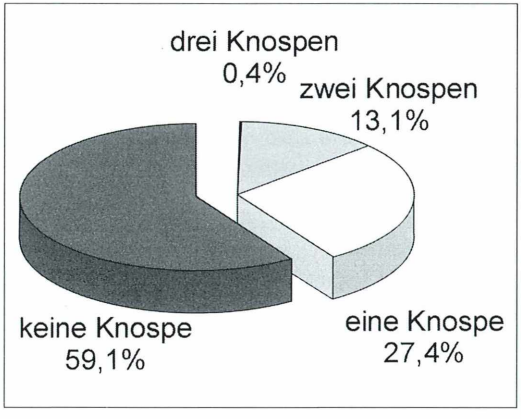



**Abb. 4: Knospenzahl pro Tier. Insgesamt 259 Polypen einer Kultur wurden ausgezählt.**

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

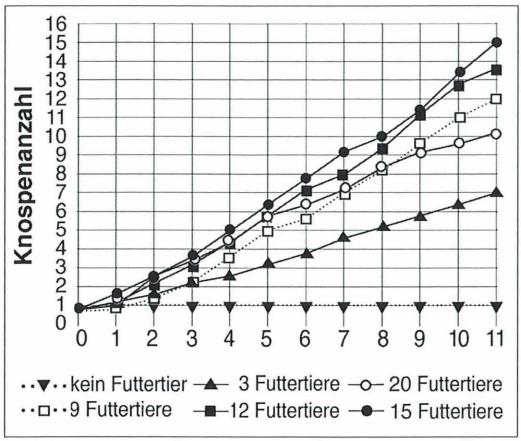



**Abb. 5: Knospungsaktivität von *Hydra* in Abhängigkeit von der Nahrung.**

oben beschriebene, fünfstufige Schema (siehe Abb. 2) quantifiziert. Meine Versuche haben gezeigt, dass die Steigung der linearen Knospungskurven der Tiere mit der Futtermenge größer wird, wodurch sich die obige Vermutung zur Nahrungsabhängigkeit der Knospung bestätigt (Abb. 5). Die Grafik lässt aber auch erkennen, dass es eine Obergrenze des Knospungspotentials gibt. Darüber hinaus konnte ich bei der Auswertung des Versuchs feststellen, dass für die steigende Knospungsrate ein Anstieg der durchschnittlichen Anzahl der gleichzeitig gebildeten Knospen an einem Tier verantwortlich ist. Während sich die Entwicklungszeit einer Knospe stets im Bereich von etwa 75 Stunden bewegt, steigt die durchschnittliche Knospenzahl von 1,41 gleichzeitigen Knospen (bei drei Futtertieren/Tag) bis auf 2,75 Knospen (bei 15 Futtertieren/Tag). Weiterhin konnte ich ermitteln, dass die Knospungsaktivität auch in Beziehung zum Kulturmedium steht. Wird ein Polyp in anderes Wasser gesetzt, so zeigt er zunächst eine niedrigere Knospungsrate; erst nach vier bis fünf Tagen hat er sich auf die veränderten Bedingungen eingestellt und seine Knospungsrate erreicht wieder ihren Normalwert. Aus diesen Beobachtungen konnte ich den Schluss ziehen, dass die Knospungsrate als Indikator für das Wohlbefinden einer Polypenkultur angesehen werden kann und somit auch Rückschlüsse auf den physiologischen Zustand eines einzelnen Polypen zulässt.

### *Geschlechtliche Vermehrung*

Weitaus seltener gehen die Polypen in eine Phase der geschlechtlichen Vermehrung über. Als deren auslösende Faktoren können zum Beispiel Veränderungen der Kulturlösung oder der Nahrungsversorgung betrachtet werden. In meiner Kultur entwickelte ein Großteil der Polypen nach plötzlicher Einstellung der täglichen Fütterung innerhalb von zwei Tagen Eianlagen. *Hydra viridissima* ist, wie oben erwähnt, ein Zwitter. Bei vielen Polypen einer Kultur sind zwei bis vier konische Hoden im oberen Körperdrittel über längere Zeiträume hinweg zu beobachten. In ihnen entwickeln sich die Spermien, die sich an der Hodenspitze sammeln und schrittweise ins Wasser entleert werden. Von der Sexualphase im engeren Sinne kann man deswegen erst bei Ausbildung der Eianlage sprechen. Sie tritt als weißlich-trübe Verdickung des Ektoderms in Erscheinung, die innerhalb von drei bis acht Tagen kugelförmige Gestalt annimmt (Abb. 6).
Im Ei sind symbiontische Algen zu erkennen. Das Ei wird von Spermien befruchtet. Vor der Ablösung vom Polypenkörper bildet sich noch eine schützende Hülle um das Ei. Oft beginnt die Eibildung, wenn der Polyp gerade eine Knospe bildet. Durch Einzelbeobachtungen kam ich zu dem Ergebnis, dass die ungeschlechtliche Vermehrung dann parallel zur Eibildung weiterläuft (Abb. 7)
Sie ist aber um etwa 50 % reduziert, was zeigt, dass ein Polyp zur Eibildung einen Großteil seiner verfügbaren Ressourcen verwendet. Erst

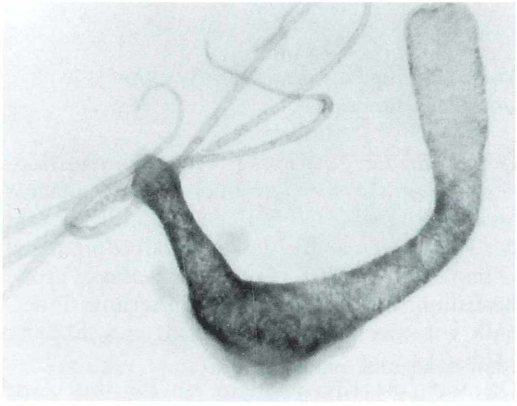


**Abb. 6: *Hydra viridissima* mit Hoden und Eianlage. Vergr. 40fach.**

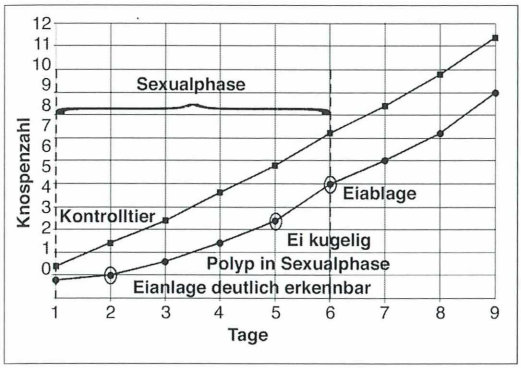



**Abb. 7: Knospungsaktivität während der sexuellen Vermehrung.**

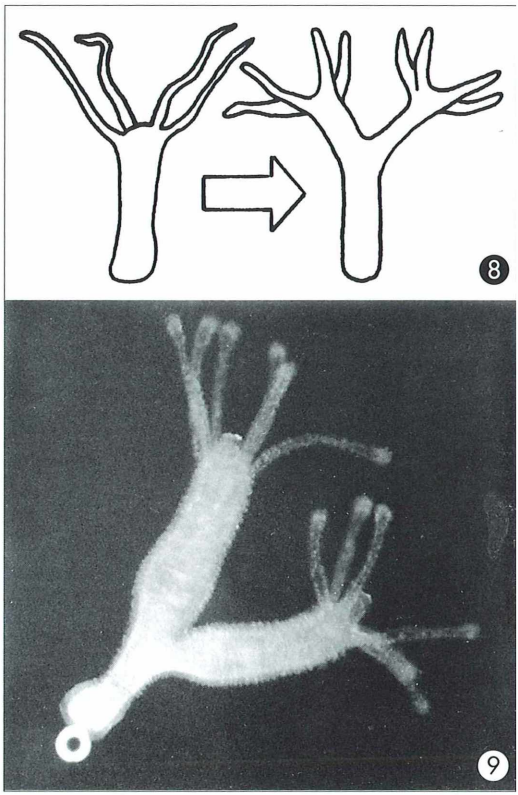


**Abb. 8: Schematischer Verlauf einer Längsteilung von *Hydra*. – Abb. 9: Experimentelle Längsteilung durch einen Rasierklingenschnitt am Mundfeld eines Polypen. Nach einem Tag haben sich aus dem gespaltenen Vorderkörper zwei voll entwickelte Tentakelkronen ausgebildet. Vergr. 40fach.**

wenn das Ei voll entwickelt ist, steigt die Knospungsrate wieder. Im Hinblick auf die geringe Nachkommenzahl erscheint die energieaufwändige Eibildung zunächst ineffektiv. Die sexuelle Fortpflanzung spielt aber für das langfristige Überleben der Polypen eine entscheidende Rolle. Nur die widerstandsfähigen Eier können die Kälteperioden des Winters beziehungsweise eventuelle Trockenperioden im Sommer überdauern und den Polypen neue Lebensräume eröffnen.

### *Längsteilung*

Eine Sonderrolle bei der Vermehrung nimmt die so genannte Längsteilung ein (Abb. 8). Sie wird von Steche (1911) folgendermaßen beschrieben: *Die Tiere spalten sich dabei* [bei der Längsteilung] *allmählich von vorn nach hinten und trennen sich endlich als zwei normale Tiere voneinander.* Dieser Vorgang kann sich über mehrere Wochen hinziehen. Dadurch ist es schwierig, die induzierenden Faktoren der Längsteilung zu ermitteln. Hinzu kommt, dass dieses Phänomen nur sehr selten vorkommt. Nach den Beobachtungen in meiner Polypenkultur ist der Anteil der Hydren, die sich der Länge nach teilen, im Promillebereich anzusiedeln. Somit kann es sich bei der Längsteilung nicht um eine gängige Praxis der ungeschlechtlichen Vermehrung handeln. Vielmehr bin ich zu dem Ergebnis gekommen, dass es sich bei ihr um einen Nebeneffekt der Regeneration bei Verletzungen im Bereich des Mundfelds handelt. Diese können einem Polypen durch besonders große Beutetiere zugefügt werden. Experimentell kann dies durch einen längsseitigen Rasierklingenschnitt am Mundfeld eines gut ernährten Polyen nachvollzogen werden. Schon nach 24 Stunden haben sich aus der gespaltenen Körperröhre zwei voll entwickelte Tentakelkronen gebildet (Abb. 9).

Ein solcher doppelköpfiger Polyp zeigt keinerlei Veränderungen hinsichtlich seiner Lebensäußerungen (Knospung, Beutefang etc.). Bei guter Ernährung schreitet aber die Trennung der beiden Teile in Form von Längsteilung immer weiter voran, so dass nach einiger Zeit, wie oben beschrieben, zwei Hydren entstanden sind.

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



### *Depression*

Bei meinen ersten Versuchen, *Hydra viridissima* zu kultivieren, musste ich immer wieder beobachten, dass die Polypen in meinem Zuchtgefäß innerhalb weniger Tage zugrunde gingen. Erst allmählich konnte ich diese Depressionsperioden, wie sie Steche (1911) genannt hat, auf ein Minimum reduzieren. Da ich feststellte, dass die Depression stets einen koordinierten Ablauf zeigt und über ein bloßes Absterben der Polypen weit hinausgeht, habe ich mich mit ihr näher befasst. Steche (1911) definiert die Depression der Polypen folgendermaßen: *Man versteht darunter die Erscheinung, dass sich in einer Kultur ohne sichtbaren äußeren Anlass plötzlich ein Nachlassen aller Lebensfunktionen erkennen lässt.* Meine Erfahrungen haben gezeigt, dass es einige Umweltfaktoren gibt, die den Eintritt in eine Depressionsphase begünstigen. Zu ihnen zählt eine schlagartige Verschlechterung der Lebensbedingungen, wie etwa eine plötzliche Temperaturveränderung, oder das Umsetzen in das durch seine Zusammensetzung oft schädliche Leitungswasser. Aber auch schon die Verwendung von Wasser aus einem anderen Gewässer induziert oft eine Depression. Daneben sind es nicht selten auch graduelle Veränderungen, wie eine zunehmende Verschmutzung oder eine Temperaturerhöhung über 24 °C, welche die normalen Lebensäußerungen von *Hydra viridissima* empfindlich stören. Zwar weist neben Steche auch Wesenberg-Lund (1939) kurz auf die Depression hin, beide beziehen sich aber weder im Speziellen auf *Hydra viridissima*, noch dokumentieren und interpretieren sie deren Ablauf. Neuere Autoren gehen in ihren Werken überhaupt nicht mehr auf diese Thematik ein.

Bei meiner Arbeit habe ich den Depressionsverlauf einzelner *Hydra viridissima*-Individuen in Tuschezeichnungen dargestellt (Abb. 10) und daraus ein archetypisches Depressionsmodell abgeleitet (Abb. 11). Dieses Schema unterteilt die Depression eines grünen Polypen in vier Phasen: Die reduktive Phase, die indifferente Phase und schließlich entweder die agonistische oder die regenerative Phase. In der Reduktionsphase werden die Tentakel verkürzt und verdickt. Der Polypenrumpf streckt und kontrahiert sich zwar noch, aber die Nahrungsaufnahme ist eingestellt. In der darauf folgenden Indifferenzphase werden die Tentakel vollständig resorbiert und deren symbiontische Algen gelangen in den Gastralraum. Der Polyp ist nun stäbchenförmig verkleinert und löst sich vom Substrat. Es findet jedoch noch eine Expansionsreaktion auf Lichtreize hin statt. An dieser Stelle der Depression besteht durch Verbesserung der Umweltbedingungen noch die Möglichkeit zum Übergang in eine rehabilitative Phase. Geschieht dies nicht, geht der Polyp zur agonistischen Phase über, kugelt sich völlig ab, zeigt keinerlei Reaktionen mehr und zerfällt schließlich. Bewirken hingegen verbesserte Lebensbedingungen eine Regeneration, streckt sich der Polyp wieder in die Länge und bildet einen Mundkegel mit Tentakeln aus. Bis er wieder zur Nahrungsaufnahme fähig ist, geben die Entodermzellen einen Teil ihrer symbiontischen Algen in den Gastralraum ab, die dort als dunkelgrüne Anhäufungen mikroskopisch sichtbar sind. Von Zeit zu Zeit werden Pakete dieser Algen durch die Mundöffnung ausgestoßen. Aus diesen Erscheinungen habe ich den Schluss gezogen, dass *Hydra viridissima* seine Symbionten verdaut, um Nährstoffe für die Regeneration zu gewinnen. Die Dauer des letalen Depressionsvorgangs variiert je nach Schädi-

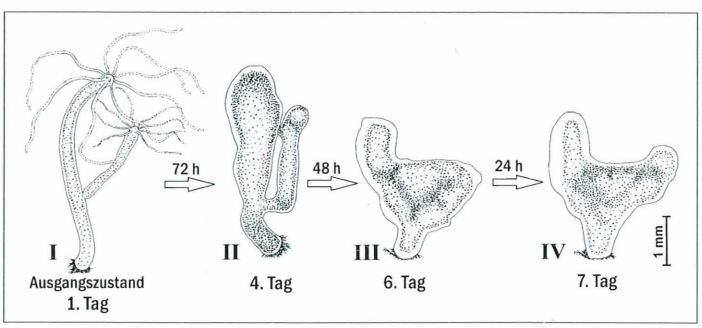



**Abb. 10: Beobachteter Depressionsverlauf eines Polyps mit Knospe.**

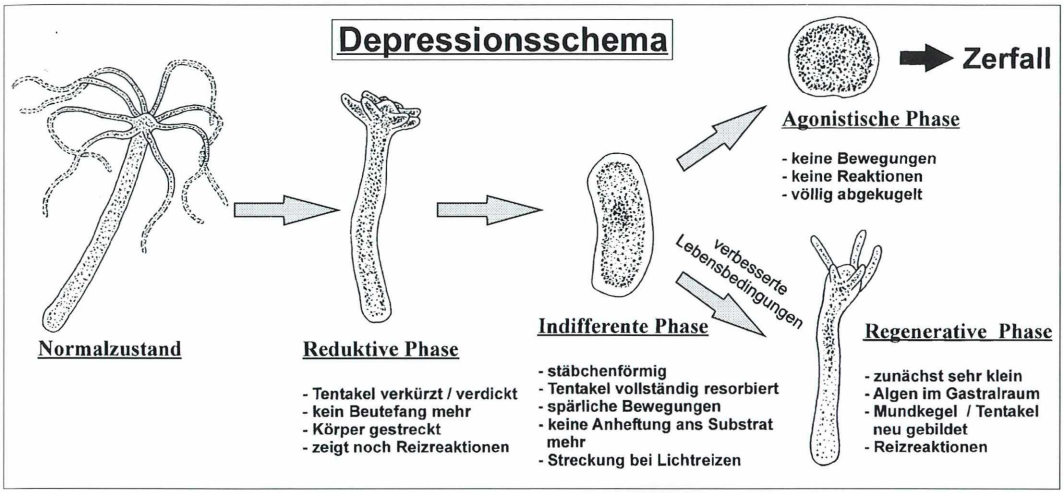



**Abb. 11: Das Depressionsschema zeigt die verschiedenen Phasen des degenerativen Körperumbaus bis zum völligen Zerfall, beziehungsweise die Möglichkeit einer Regeneration bei verbesserten Umweltbedingungen.**

gungspotenz der Ursachen zwischen einigen Stunden und vierzehn Tagen.

Bemerkenswert ist meine Beobachtung, dass von der Depression ältere Polypen mit Knospen und junge Tiere, die sich gerade erst vom Muttertier abgelöst haben, gleichermaßen betroffen sind. Somit ist die Depression und der auf sie folgende Tod auf keinerlei endogene Alterungserscheinungen, sondern ausschließlich auf verschlechterte Umweltbedingungen zurückzuführen. Dieser Sachverhalt unterstützt Tardents (1988) Theorie von der potentiellen Unsterblichkeit der Süßwasserpolypen.

Bei der Fragestellung, welche Vorteile es für den Polypen hat, dass die Depression auf die beschriebene Weise und nicht anders abläuft, spielen meiner Meinung nach verschiedene Aspekte eine Rolle. Als erstes hat die Verkleinerung der Körperoberfläche durch Resorption der Tentakel eine eindeutige Schutzfunktion gegenüber den schädigenden Einflüssen. Kommt es etwa im Sommer vorübergehend zu hohen Temperaturen, so kann der Polyp diese überdauern, indem er sich abkugelt und dadurch versucht, seine Regenerationsfähigkeit möglichst lange zu erhalten.

In bestimmten Fällen kann ich mir vorstellen, dass es sich für einen Polypen als nützlich erweist, sich in der Indifferenzphase der Depression vom Substrat zu lösen. Dadurch kann er passiv an bessere Standorte gelangen, zum Beispiel durch Strömung oder auch im Gefieder von Vögeln. Bei länger andauernder oder gravierender Verschlechterung der Lebensbedingungen ist ein Polyp aber nicht mehr in der Lage, eine Depression zu überleben. Im Herbst etwa verläuft die Depression zwangsläufig letal.

## *Nachwort*

Bei meiner Arbeit mit *Hydra viridissima* habe ich versucht, mich der Lebensweise dieses Tieres an Hand von Naturbeobachtungen anzunähern. Durch sie konnte ich einen unmittelbaren und direkten Einblick in die interessanten und komplexen Lebensäußerungen des grünen Süßwasserpolypen gewinnen. Ich hoffe, dass meine oben dargestellten Ergebnisse ein Stück weit diese Faszination der Auseinandersetzung mit dem Süßwasserpolypen vermitteln konnten. Denn die Beschäftigung mit dem lebenden Organismus ist ja das eigentliche Ziel der Biologie als Lehre vom Leben. Abschließend möchte ich Abraham Trembley als Urvater der *Hydra*-Forschung mit einer Sentenz zitieren, die diese Zielsetzung der Biologie besonders akzentuiert. Trembley (1744) postuliert in seinem Werk kurz und prägnant: *La Nature doit être expliquée par la Nature*. Übersetzt bedeutet dies: Die Natur muss durch die Natur erklärt werden.

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

### *Literaturhinweise*

Neuwirth-Schmidt, M.: *Hydra*. Beobachtungen und Versuche. Mikrokosmos 79, 243-249 (1990).
Steche, O.: *Hydra* und die Hydroiden. Monographien einheimischer Tiere, Band III. Verlag Dr. Werner Klinkhardt, Leipzig 1911.
Tardent, P.: *Hydra*. Veröffentlichungen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Orell Füssli, Zürich 1988.
Trembley, A.: Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre des polypes d'eau douce à bras en forme de cornes. Leiden 1744.
Wesenberg-Lund, C.: Biologie der Süßwassertiere. Wirbellose Tiere. Verlag Julius Springer, Wien 1939.

*Verfasser:* Matthias Haas, Johann-Flierl-Str. 4, D-91564 Neuendettelsau, Tel.: 098 74/42 67, e-mail: Ph.Haas@t-online.de

# Neue Medien

**Bereiter-Hahn, J., und Peters, W. S.: Die Zelle: Innere Grenzen, Membranen und Transport, CD-ROM.**
Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, und IWF Wissen und Medien gGmbH, Göttingen, € 34,95, ISBN 3-494-01309-8.

Dies ist die dritte CD aus der Serie *Die Zelle*. Konzipiert wurde dieses Lehrprogramm im Wesentlichen für Schüler der gymnasialen Oberstufe und Biologiestudenten, aber auch für interessierte Laien. Ein hervorragendes Begleitheft illustriert und erläutert den Inhalt der CD; doch auch ohne Studium dieser Anleitung kann man leicht durch die selbsterklärenden digitalen Seiten wandern und lernen.
Die Membransysteme eukaryotischer Zellen werden über Bilder, Filme, 2D- und 3D-Animationen, Grafiken und Interaktionen in Aufbau und Funktionsweise eindrücklich dargestellt. Die verschiedenen Module können selbst zusammengestellt werden. Weiterhin ermöglicht eine Navigationsleiste beispielsweise den Einstieg in den Kompass (Zugang zu allen Kapiteln), den Index mit einer Stichwortliste, das Glossar oder das Linkfenster, welches Verknüpfungen zu verwandten Internetseiten anbietet. In einem Quiz können die erworbenen Kenntnisse überprüft werden.
Erläutert werden typische Pflanzen- und Tierzellen, Grundfunktionen von Membranen, Membranaufbau, verschiedene Funktionen der Plasmamembran (Volumenregulation, Barriere- und Transportfunktion, Diffusion und Osmose, Pumpfunktion, Signalverarbeitung), Zelloberflächen, Zellverbindungen, verschiedene innere Membransysteme (Golgi-Apparat, Endoplasmatisches Retikulum) und zellbiologische Untersuchungsmethoden.
Diese CD ist eine schöne Ergänzung zu entsprechenden Büchern und erweitert auf jeden Fall den Vorstellungshorizont der (sub-) mikroskopisch kleinen Membranstrukturen und ihren Funktionen.

Renate Radek, Berlin

## *Mikroskopie-Forum*

Unser Leser und Autor Klaus Henkel wies uns auf ein sehr gutes Forum für Mikroskopie hin. Auf der Eingangsseite von www.mikroskopie.de gibt es einen Verweis auf dieses Diskussions-Forum. Im Vergleich zu früher vorgestellten Foren ist hier die Aktualität sehr groß, der tägliche Andrang stark, und durch die einfache Gestaltung ist der Seitenaufbau sehr schnell. Viele Anfänger lassen sich beraten und über http://f25.parsimony.net/forum62175/ kann man sich schnell die neuesten Beiträge anzeigen lassen. Danke für diesen guten Tipp.

Redaktion MIKROKOSMOS

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


# Digitalisieren von Dia- und Negativmaterial mit einem Filmscanner – Der hybride Weg

Arthur Hauck

**Sicherlich wird es Ihnen ähnlich ergehen: Ihr Archiv befindet sich in Leitzordnern, angefüllt mit Negativhüllen (aus Pergamin), und es umfasst mittlerweile eine stattliche Anzahl von Bildern. Hier tummeln sich SW-Materialien neben Negativ- und an erster Stelle wohl Diapositiv-Material. Irgendwann einmal oder – falls Sie zu den ordentlichen Menschen gehören sollten – sofort nach der Entwicklung, haben Sie die Negative oder Dias thematisch geordnet in ihrem Ordner abgelegt und entsprechend beschriftet. Bei Bedarf blättern Sie die Ordner durch, auf der Suche nach dem Bild, das sich in Ihrer Erinnerung als geeignet abzeichnet. Den wenigen Abzügen geht es nicht besser: Sie liegen mehr oder minder geordnet in einem Karton oder einer Schreibtischschublade. Immer wenn nach einer Aufnahme gefragt wird, beginnt das hektische Suchen im Ordner oder Ablagearchiv.**

Benötigen Sie das Bildmaterial fürs Internet oder für die Veröffentlichung in gedruckter Form, steht die nächste Hürde an: Viele Verlage bevorzugen digitalisiertes Bildmaterial, um es schneller in den Produktionsprozess einspeisen zu können.

## Mikroarchiv

Auf die Frage, warum Sie im Zeitalter der digitalen Fotografie noch der analogen anhängen, werden Sie weitgehend dieselben Argumente anführen wie ich: Sie besitzen eine mikrofotografische Einrichtung, mit der Sie umzugehen gelernt haben, mit der Sie sich auskennen. Auch mit den Aufnahmematerialien haben Sie Erfahrungen gesammelt und wissen um ihre Stärken und Schwächen. Die meisten dieser Materialien sind in ihrem Auflösungsvermögen zur Zeit noch jeder digitalen Kamera bis 5 Mio. Pixel überlegen. Die Umstellungsprobleme, die beim Wechsel zur digitalen Mikrofotografie zu befürchten sind, die nicht unerhebliche Einarbeitungszeit in die neue Aufnahmetechnik sowie der Kostenfaktor tragen weiterhin dazu bei, dass viele Mikrofotografen (wie andere Fotografen auch) der analogen Fotografie die Stange halten, obwohl sie auf die Vorteile der digitalen Bildbearbeitung und Bildspeicherung nur schweren Herzens verzichten.

## Der hybride Weg – Analog aufnehmen und digital bearbeiten/speichern

Kein Entweder-oder, sondern ein Mittelweg ist der „hybride Weg". Die vorhandenen oder weiterhin auf analogem Material aufgenommenen Bilder werden mit Hilfe eines Filmscanners neu eingelesen und digitalisiert; sie stehen dann der weiteren digitalen Verarbeitung und Bildspeicherung zur Verfügung. Seitdem die Fotoindustrie Filmscanner zu einem erschwinglichen Preis bei hervorragender Auflösung anbietet, wird dieser Mittelweg immer attraktiver.
Der folgende Artikel beschäftigt sich mit dem Verfahren und den Möglichkeiten der Digitalisierung analog aufgenommener Bilder über Film- oder Diascanner, aufgezeigt an den Möglichkeiten eines preislich und von der Ausstattung her sehr interessanten Gerätes für den semi-professionellen Einsatz: Den neuen Umax PowerLook 270 Plus (Abb. 1).
Der oben aufgezeigte Mittelweg des Digitalisierens analogen Materials setzt einen Dia- beziehungsweise Filmscanner voraus. Entsprechende Geräte, die mit 2700 bis 4000 ppi auflösen, werden mittlerweile für 650 bis 1500 Euro angeboten. Hiermit lassen sich unkomprimierte Bilddateien erzeugen, die zwischen 15 und 50 MB umfassen, komprimiert im JPEG-Format jedoch auf 2–8 MB zusammenschnurren. Steht

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

**Abb. 1: Der Umax PowerLook 270 Plus.**

das Bild erst als digitale Bilddatei zur Verfügung, können alle Vorteile der digitalen Bildbearbeitung und der Speicherung auf allen denkbaren Medien (Festplatte, Zip, Magneto-optische Laufwerke, CD-ROM oder DVD) genutzt werden. Die gewichtigsten Vorteile der digitalen Technik sind die vielfältigen Möglichkeiten der Bildbearbeitung: Angefangen von der Farbbeeinflussung, der Kontraststeigerung bis hin zur Entfernung von Bildfehlern (Fusseln, Kratzern bzw. Fingerabdrücken).
Unter der entsprechenden Software (Corel Photo-Paint, Paint Shop u. a.) ragt Adobes Photoshop – mittlerweile in der Version 7 – aufgrund der Übersichtlichkeit und des Funktionsumfangs unangefochten heraus. Nur der für Privatanwender horrende Preis schreckt ab, doch liegen vielen Scannern (wie auch beim Umax) Light-Versionen dieser Software bei. Die analogen Filmmaterialien dienen bei diesem hybriden Weg als Mastervorlagen, die getrennt von den digitalisierten Dateien als Sicherung aufbewahrt werden können, da unter entsprechenden Bedingungen aufbewahrt, ihre gute Haltbarkeit bekannt ist, während die der meisten neuen Speichermedien noch nicht gesichert ist. Einen Spitzenplatz in Hinblick Datensicherheit und Haltbarkeit nehmen die magneto-optischen Medien, kurz MO genannt, ein, die eine Haltbarkeit von rund 30 Jahren haben sollen. Deren Laufwerke (z. B. Fujitsu, Olympus oder Philips) sind jedoch von den CD-ROM-Brennern regelrecht überrollt worden, so dass sie im privaten Bereich nur noch ein Schattendasein fristen. Bei den CD-ROMs als Datenspeicher sollte man schon kritischer sein und bei selbst gebrannten Rohlingen für knapp einen halben Euro keine allzu lange Lebensdauer und Datensicherheit erwarten. Es empfiehlt sich hier, alle drei bis fünf Jahre ein Neubrennen der wichtigen Dateidateien vorzunehmen.

## *Wie funktioniert das Digitalisieren eines Dias?*

Vereinfacht ausgedrückt funktioniert ein Diascanner (synonym zu Negativscanner) wie eine digitale Kamera, die die Kleinbildvorlage – eben ein Negativ oder Diapositiv – hoch aufgelöst als Pixeldatei ausgibt. Der Scanner besitzt dazu eine Optik und einen CCD- (Charged Coupled Device-) Zeilensensor, der die Vorlage, beleuchtet von einer Kaltkathodenlampe, schrittweise abtastet. Dies geschieht, indem das Bild, eingelegt in einem Filmhalter, über einen Motor gesteuert am Zeilensensorfeld vorbeigleitet und die Informationen abgelesen werden. Vor dem Einscannen ist es, anders als bei einem Aufsichtsvorlagen-Scanner, daher notwendig, die Schärfenebene einzustellen, da die Vorlagen ja – in engen Grenzen zwar – voneinander im Fokus abweichen. Weiterhin muss der Fokus an einer Stelle des Bildes gesetzt werden, die genügend Details aufweist, um eine Schärfeeinstellung überhaupt vornehmen zu können: Ein strahlend blauer Himmel ist dazu kaum geeignet, eher eine Stelle mit einem Laternenmast oder Fensterrahmen. Übertragen auf die Verhältnisse bei mikroskopischen Aufnahmen: Um ein Pantoffeltier scharf zu stellen, setzt man den Fokus am besten auf die Mitte des Tieres und nicht auf das schwach strukturierte wässrige Milieu.

## *Der Ablauf des Einscannens im Detail*

Der Negativ- oder Diastreifen, notfalls auch einzelne Negative oder Diapositive, werden in einen Filmhalter eingelegt. Dem Scanner beigelegt sind Filmhalter für vier glasgerahmte Dias, vier (papiergerahmte) Dias und sechs Negative beziehungsweise ungerahmte Diapositive. Die Materialien werden mit der Emulsionsschicht nach oben eingelegt und durch Schließen einer Abdeckung festgeklemmt. Zuvor ist auf deren Staubfreiheit zu achten, denn der hochauflösende Scan bringt jedes noch so kleine Staubkorn an den Tag. Die Filmstreifen werden anschließend in einen Einfuhrschacht eingeführt und den weiteren Einleseprozess steuert die Scan-Software, die von Scanner zu Scanner

leicht variiert. Sehr verbreitet und allgemein hochgeschätzt ist die Software von LaserSoft Imaging „SilverFast", die zurzeit in der Version 5.5 vorliegt. Genaugenommen handelt es sich bei SilverFast um keine eigenständige Software, sondern um ein Plug-In beziehungsweise einen Twain-Treiber, der aus einem Bildbearbeitungsprogramm heraus gestartet wird und mit diesem zusammenarbeitet. Die Scansoftware steuert nun die Bildauswahl, das Einlesen und die Speicherung der Daten. Dabei ist bereits vor dem Einscannen eine Bearbeitung möglich.

Negative werden positiv eingelesen und ein ausgeklügeltes Farbmanagement ermöglicht die Farbkorrektur. Das hört sich alles viel komplizierter an, als es in Wirklichkeit ist, stellt die Software doch auch standardisierte Vorgehensweisen bereit, die für die allermeisten Situationen probate Korrekturlösungen bieten. Zunächst erstellt man von allen Bildern des Filmhalters einen Übersichtsscan, wählt ein Bild aus und stellt es im Prescan – einer Art Voransicht mit verminderter Auflösung – zur weiteren Begutachtung dar (Abb. 2). Bevor der eigentliche Scan gestartet werden kann, müssen noch die Scanauflösung, die Farbcharakteristik des verwendeten Materials, der Fokus und der gewünschte Bildausschnitt festgelegt werden. Weiterhin kann ein seitenverkehrt eingelegtes Bild gedreht werden (90°, 180°, 270°). Auch die Schärfe des Bildes kann manuell optimiert werden (Abb. 3).

Da man vorher nie weiß, wie groß das endgültige Bild sein soll, ist es angeraten, immer mit der maximalen Auflösung einzuscannen, auch wenn die riesigen Bilddateien einen anfangs um

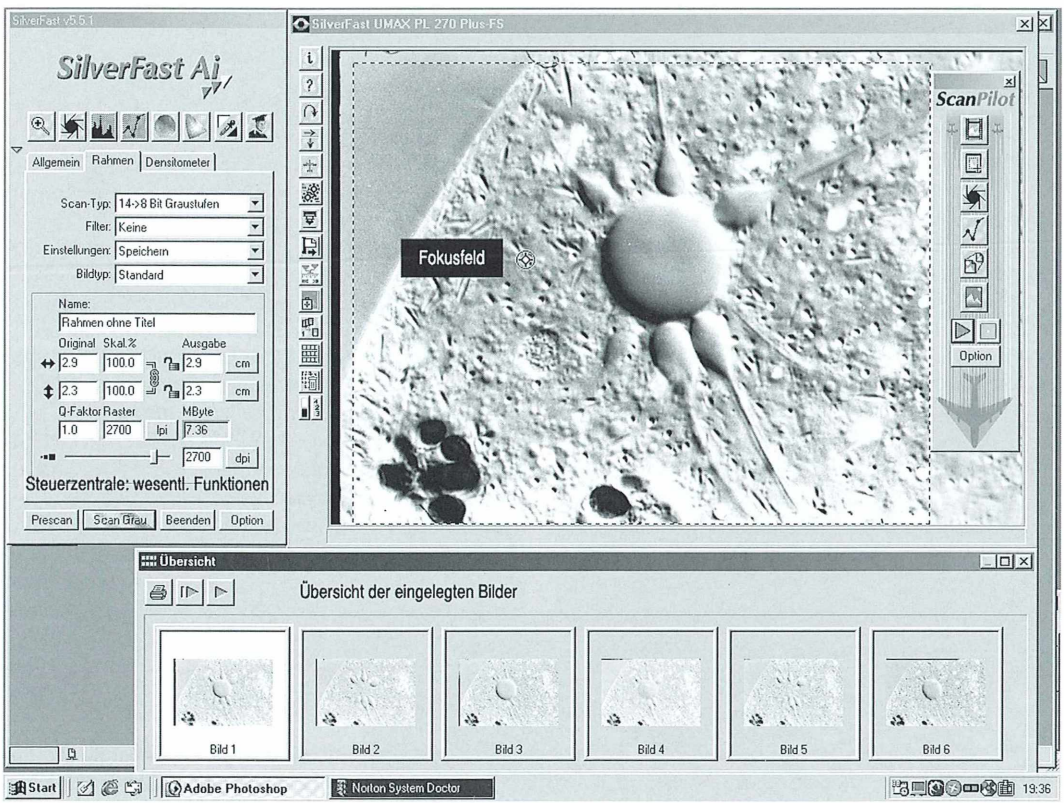



**Abb. 2: Der Screenshoot zeigt die Bedienelemente und das Erscheinungsbild von SilverFast auf dem Bildschirm: Links die Steuerzentrale, darunter angeordnet NegaFix (eine Datensammlung der geläufigsten Negativfilm-Profile), das Übersichtsfeld mit dem Überblick über die Bilder im Filmrahmen und das eigentliche Bildfeld mit dem eingescannten Bild im Prescan. Der rechts im Bild angeordnete Scanpilot stellt eine Strukturierungshilfe zum Scanablauf bereit.**

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

die Aufnahmefähigkeit der Festplatte bangen lassen. Anders als bei einer Aufsichtvorlage eines Flachbettscanners liegt die Bildinformation bei einem Kleinbild auf kleiner Fläche dicht gepackt vor. Diese dicht gepackten Bildpunkte gilt es auszunutzen, da sie bei einer anschließenden Nachvergrößerung gespreitet werden. Liegt dann die Anzahl der Bildpunkte deutlich weiter vom Auflösungsvermögen des Ausgabemediums, beispielsweise eines Fotodruckers, entfernt, entstehen die gefürchteten pixeligen Bilder.

Der Zusammenhang von Bildauflösung und Punktdichte soll an einem Beispiel vor Augen geführt werden: Ein KB-Negativ (Bildgröße 3,6 cm × 2,4 cm ) wurde mit der Auflösung von 2700 dpi eingescannt. Soll das Bild mit einem Fotodrucker in bester Qualität ausgegeben werden, so kann man es bis auf die Bilddichte von 300 dpi vergrößern. Dies entspricht der 9fachen Vergrößerung: 32,4 cm × 21,6 cm. Sind Kratzer oder Staubkörner auf der Filmoberfläche vorhanden und im Prescan bereits zu erkennen, kann der Umax-Scanner mit einer weiteren Besonderheit aufwarten: Die Clear Image-Technik (ICE-Technik). Über eine versetzt angebrachte Infrarotlichtquelle werden zwei Infrarotscans zur Ermittlung dieser störenden Bilddetails erzeugt. Im Zuge eines anschließenden Rechenvorgangs werden diese Bildfehler herausgerechnet. Das geht erstaunlich gut, allerdings funktioniert dieses Verfahren nur bei Farbnegativ- beziehungsweise Diamaterialien und benötigt bei maximaler Auflösung – in Abhängigkeit von der Rechenleistung des Computers – circa 2 (AMD 1400 MHz - CPU ) bis 30 Minuten (AMD K2 -350 MHz), während ein normaler Scan bei 2700 ppi circa 35 Sekunden dauert. Das Ergebnis dieser Rechenleistung überzeugt in den meisten Fällen, nur eine etwas geringere Schärfe muss in Kauf genommen werden (Abb. 4). Das Clear-Image-Verfahren ist eine empfehlenswerte Einrichtung, die vor allem dann unersetzlich ist, wenn das störende, zu entfernende Bilddetail mit einem wichtigen, strukturreichen Bildbereich zusammenfällt und die manuelle, nachträgliche Bildkorrektur über das Bildbearbeitungsprogramm mit seiner Funktion Stempel nur mit größter Mühe zu realisieren wäre. Der Stempel ist eines der erstaunlichsten Werkzeuge der digitalen Dunkelkammer, das Bildfehler nicht nur einfach ausschneidet und mehr oder weniger geschickt übermalt, sondern durch weitestgehend ähnliche Umgebungsmuster ersetzt (Abb. 5). Der Stempel leiht sich an einer nahegelegenen Stelle die benötigte Bildstruktur aus, um sie dort, wo retuschiert werden soll, wieder abzulegen.

## *Die konkrete Anwendung bei Mikroaufnahmen*

Zunächst können wir SW-Aufnahmen und Farbaufnahmen (in der Mehrzahl auf Diapositivmaterial) in der Mikrofotografie unterscheiden. Die SW-Materialien sind in der Regel niedrigempfindliche Emulsionen mit einer hervorragenden Auflösung und Wiedergabe der Bilddetails in Grautönen. In speziellen Fällen (z. B. Genetik bei der Darstellung von Chromosomen) kamen/kommen auch orthochromatische Emulsionen zum Einsatz, die selbst geringste Kontraste noch darstellen können.

Das Einscannen von SW-Materialien führt zu Bilddateien, die einen geringeren Umfang haben, da die Informationsmenge, die zum Aufbau einer SW-Bildes notwendig ist, geringer ausfällt.

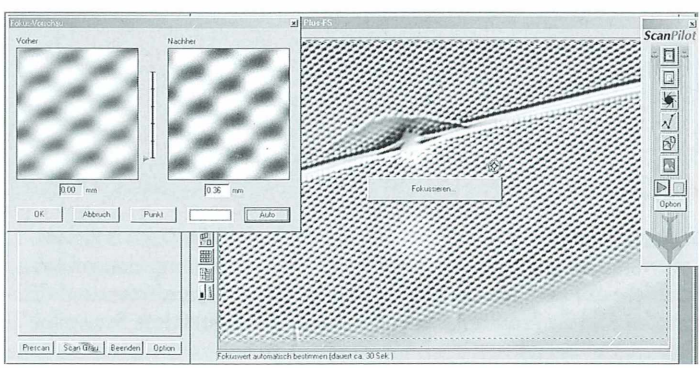



**Abb. 3: Das Bild zeigt, wie die Scansoftware SilverFast bei einem variabel gesetzten Fokus über die manuelle Einstellung der Schärfe in manchen Fällen noch etwas mehr Schärfe aus der Vorlage herauszuholen vermag.**

Beim Einscannen von Mikroskopaufnahmen wird ein weiterer Vorteil des Scanners deutlich: Der Fokusbereich ist variabel und kann beliebig im Bild gesetzt werden. Darüber hinaus kann der Bildausschnitt, der dem Fokusfeld entspricht, vergrößert und manuell der Fokus bestimmt werden – in kritischer Kontrolle mit dem Ergebnis der Einstellung. Um farbegetreue Scans zu ermöglichen, sollte der Scanner mit dem beigelegten IT 8-Farbkalibrierungsdia geeicht wer-

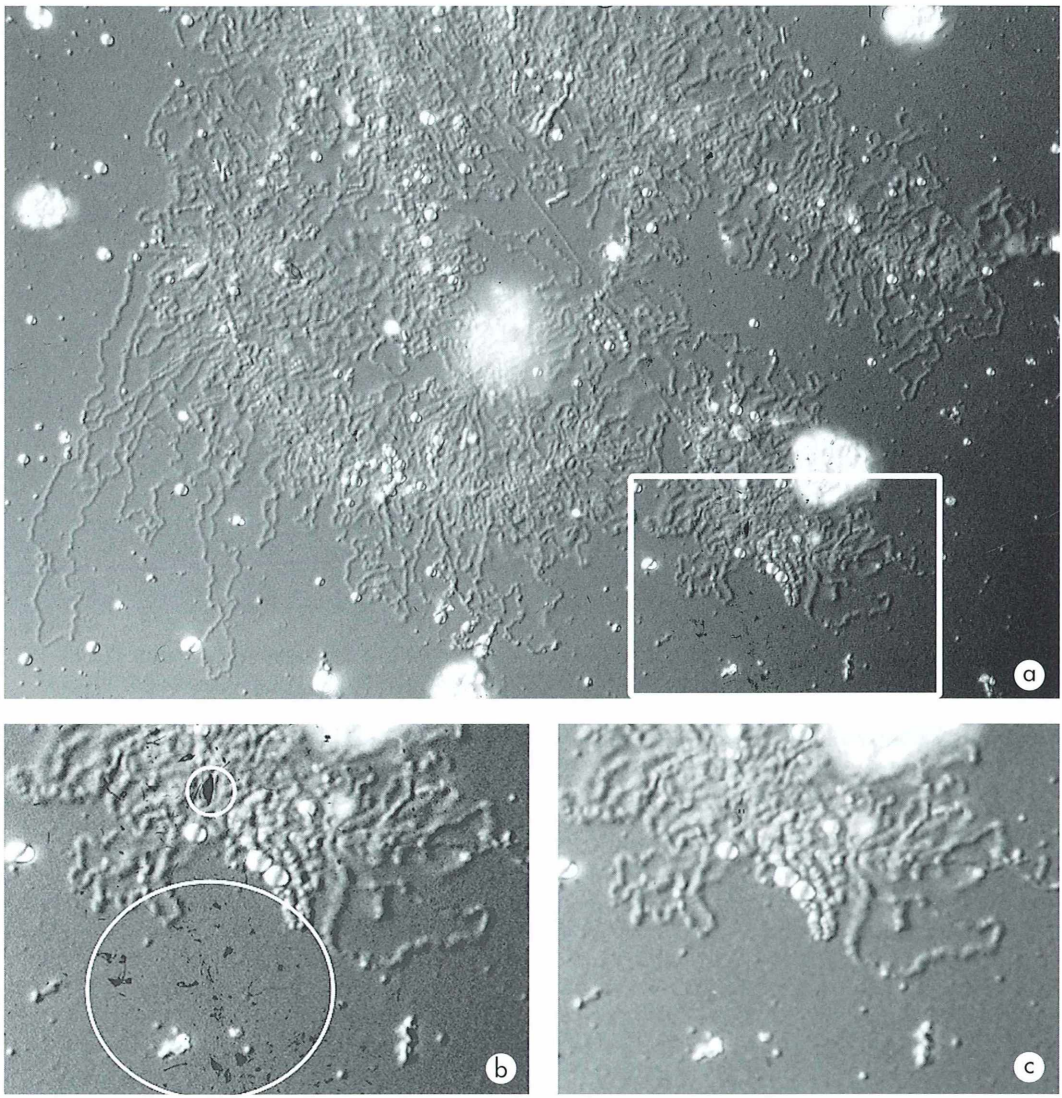



**Abb. 4: Die Abbildung von Lampenbürstenchromosomen aus den Oocyten des Japanischen Feuerbauchmolchs (*Cynops pyrrhogaster*) stammt von einem Dia, das leider einige Kratzer auf der Filmoberfläche davongetragen hat (Abb. 4a). Die Abbildungen 4 b und c zeigen den in der Übersichtsaufnahme (Abb. 4a) markierten Ausschnitt. Abbildung 4b enthält noch die Kratzer; in Abbildung 4c wurde die ICE-Technik zur Kratzerentfernung eingesetzt. Alle Kratzer sind verschwunden und bis auf eine etwas geringere Schärfe ist das Bild einwandfrei. Die kleineren Kratzer im großen Kreis wären sicherlich mit der manuellen Bildbearbeitung zu korrigieren gewesen, doch der Kratzer im kleinen Kreis, der in einem Bereich voller Bilddetails liegt, wäre nur mit größten Anstrengungen zu entfernen gewesen.**

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

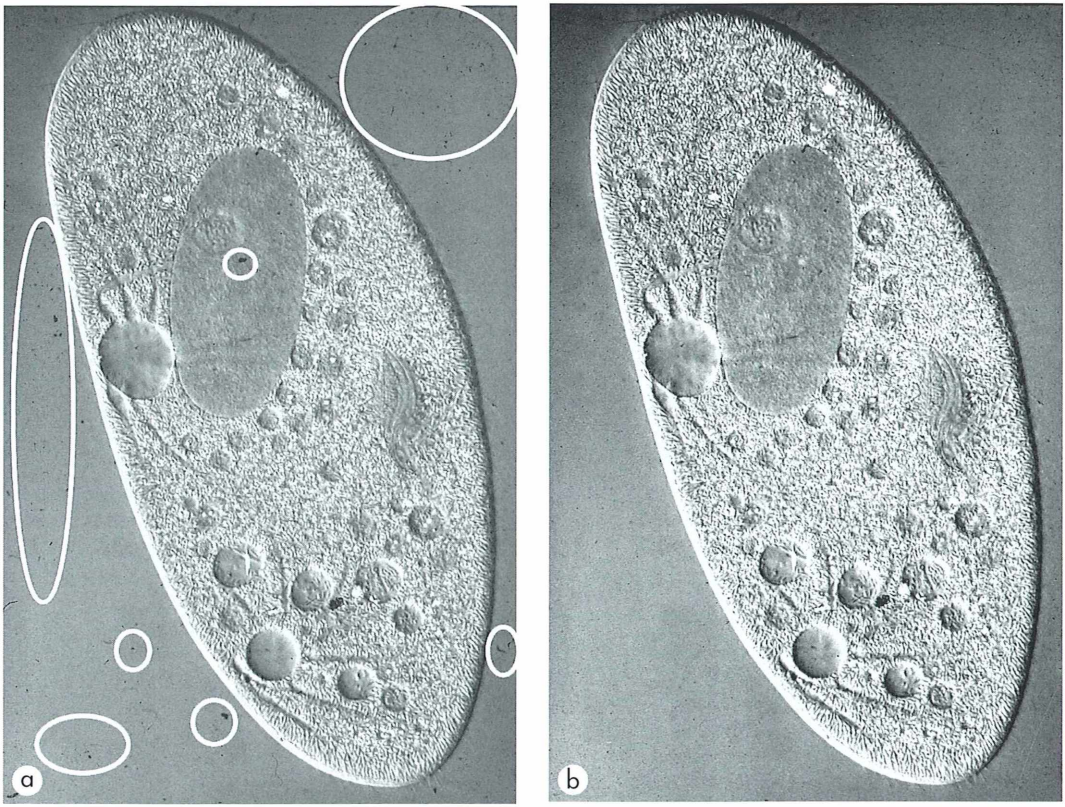



**Abb. 5: Ein Beispiel für die Korrekturmöglichkeit Stempeln einer Bildbearbeitungssoftware: Die im linken Bild (Abb. 5a) markierten Bereiche einer DIK-Aufnahme von *Paramecium caudatum* enthalten Flecken oder Staubkörner, die sich bei dem geglasten Dia auf dem Glas und auf der Filmoberfläche abgelagert hatten. Mithilfe der Funktion Stempeln wurden diese Bereiche korrigiert (Abb. 6b).**

den. Bei der verwendeten Farbtiefe von 36 Bit (42 Bit Software enhanced) sind pro Farbkanal (Rot, Gelb und Blau) 4096 Abstufungen realisierbar. Eine automatische Tonwertkorrektur kann beispielsweise bei der Umwandlung von Farbbildern in Schwarzweißbilder Helligkeit und Kontrast vorteilhaft verbessern (Abb. 6).

## *Resumee*

Der hybride Weg ist derzeit als der goldene Mittelweg anzusehen – zumindest für all jene Mikrofotografen, die der analogen Mikrofotografie (vorerst noch) treu bleiben werden – und hierfür gibt es jede Menge gute Gründe.
Unter diesen wiegt der Gesichtspunkt, eine (analoge) mikrofotografische Ausrüstung zu besitzen und die Anschaffungskosten einer qualitativ ebenso hochwertigen digitalen Einrichtung absolut am schwersten. Der hybride Weg eröffnet dennoch alle Möglichkeiten der digitalen Bildbearbeitung (bis hin zur Manipulation) und auch die verschiedenen Archivierungsoptionen (Speichern auf Zip, MO, Festplatte, DVD oder CD-ROM) sind ein weiterer Pluspunkt. Sollten Sie dennoch einmal einen Abzug auf Papierbild – eventuell als Poster – wünschen, optimieren Sie zunächst das Bild hinsichtlich Kontrast, Farbwiedergabe und bestimmen den Ausschnitt. Sie geben dann Ihre Bilddateien auf CD-ROM dem Labor. Bei einer Auflösung von 2700 × 2700 ppi sind Vergrößerungen bis über DIN A 4 hinaus pixelfrei möglich.
Die Ausgabe für den Scanner, die zwischen 600 und 1000 Euro liegt, amortisiert sich schnell,

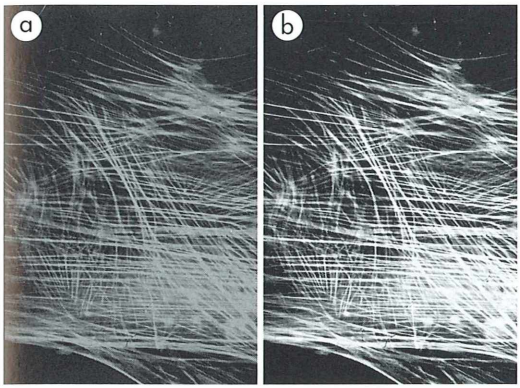



**Abb. 6: Die Möglichkeiten der automatischen Tonwertkorrektur belegen die beiden Aufnahmen von Aktinfilamenten in einer Zelle des Kaninchens. Die Fluoreszenzaufnahme gibt die Aktinfilamente rot wieder und dieses Rot kommt im SW-Bild recht blass (Abb. 6a) ; korrigiert in Helligkeit und Kontrast zeigt sich Abbildung 4b beutend kontrastreicher und kräftiger.**

da ja nur noch der Film entwickelt werden muss – ohne die teuren Abzüge. Zu Hause scannen Sie in Ruhe die Filmstreifen ein, wählen kritisch aus und speichern oder drucken nur das aus, was wirklich Ihrem kritischen Auge gegenüber standhält. Dies geht natürlich auch mit Ihren Alltagsbildern.

Damit das Digitalisieren der Aufnahmen möglichst reibungslos gelingt, sind von dem zur Verfügung stehenden Computer folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Der Prozessor sollte bei Verwendung der ICE-Technik mindestens 800 MHz schnell sein; ohne ICE genügt auch ein älteres System.
- Der Computer sollte minimal über 64 MB RAM Arbeitsspeicher verfügen; besser sind 128 MB oder gar 256 MB.
- Ein freier PCI-Slot für die SCSI-Controller-Karte zum Anschluss des Scanners muss vorhanden sein.
- Die Festplatte sollte über ausreichend Speicherplatz verfügen. Die Dateien der eingescannten Bilder – vor allem im universellen und absolut verlustfrei arbeitenden Tiff-Format – können bis zu 30 MB bei (2700 ppi Auflösung) verschlingen. Selbst im so beliebten JPEG-Format, das mit geringen Qualitätsverlusten größtmögliche Komprimierung erzielt, sind die Dateien um 3–4 MB groß. Ein Film belegt dann komprimiert im JPEG-Format mehr als 100 MB. Das ist nichts für Festplatten, die am Rande des Existenzminimums (rund 120 MB für die Auslagerungsdatei) arbeiten!
- Für den Betrieb des Scanners ist ein Arbeitsbereich von 20 cm (Breite) und 30 cm (Länge) vor dem Gerät erforderlich. In diesem Bereich bewegt sich der Filmhalter beim Einscannen und dabei sollte kein Hindernis im Wege sein.

Das Gerät selbst ist mit den Maßen 162 mm × 151 mm × 347 mm recht zierlich und ist unauffällig auf dem Computer unterzubekommen.

Den Scanner gibt es rund 200 Euro günstiger ohne ICE-Technik und Kalibrierungsdia, ansonsten ist die Ausstattung identisch. Es ist keine einfach zu beantwortende Frage, ob die rund 200 Euro für die ICE-Technik eingespart werden können, oder ob man die Mehrausgabe unbedingt tätigen sollte. Zerkratzte Filmstreifen sind recht häufig. Die Kratzer, Flecken und Streifen entstehen oft sogar beim Entwicklungsprozess, beim Filmtransport in der Kamera durch abgelagerten Staub oder feinste Partikeln in der Filmebene, beim Transport in die Filmpatrone oder beim Herausziehen eines belichteten Filmes aus der Filmpatrone im Labor. Diese Kratzer lassen sich in den meisten Fällen durch die ICE-Technik auf elegante Weise beheben. Die manuelle Korrektur dieser Bildfehler ist zwar ebenfalls machbar, doch zeitaufwändig und nicht immer ohne Probleme durchzuführen. Dies trifft besonders dann zu, wenn beispielsweise ein Bilddetail mit dem Fehler zusammenfällt. Ein Diascanner schlägt in der Tat die Brücke von der analogen zur digitalen Fotografie – mit all ihren atemberaubenden Korrekturmöglichkeiten, von denen in diesem Artikel nur die wichtigsten angesprochen worden sind, und den neuen Archivierungsoptionen. Diese Archivierungsmöglichkeiten werden dennoch nicht immer vermeiden können, dass es auf der Festplatte letztendlich ebenso chaotisch aussieht wie in analogen Filmarchiven. Deswegen sollte man von Anfang an die Bilddateien in einen separat eingerichteten Ordner (am besten auf einer eigenen Partition) ablegen und die Mikroaufnahmen von den Familien- und Urlaubsfotos trennen und jeweils thematisch weiter unterteilen.

Die Erfahrungen mit dem Umax-Scanner lassen sich sicherlich auch auf die Geräte anderer namhafter Hersteller wie Minolta, Canon, HP, Microtek, Nikon oder Acer übertragen. Im

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

Paket mit der Scansoftware Silver Fast und den 2700 ppi Auflösung überzeugt der Umax in aktuellen Tests hinsichtlich der Preis-Leistungs-Relation und der Scanqualität.

### Scan-Service

Für MIKROKOSMOS-Leser, die sich von der Qualität eingescannter Filme überzeugen wollen, biete ich befristet bis Ende Februar 2003 folgenden Service an: Digitalisieren, manuelles Setzen des optimalen Fokus und automatische Farbkorrektur von 24 ausgewählten Negativ- beziehungsweise Diavorlagen im Kleinbildformat in höchster Scanauflösung (2700 ppi) und Speicherung auf CD-Rom für 13 Euro. Hinzu kommen der Versand der Vorlagen und der CD-ROM in einem gefütterten Kuvert als Brief für pauschal zwei Euro. Wird die Anwendung der ICE-Technik bei einem zerkratzten Negativ/Dia gewünscht, werden hierfür pro Bild 25 Cent zusätzlich berechnet. Im Preis enthalten ist eine automatische Tonwertkorrektur und ein automatischer Kontrastausgleich mit Photoshop. Abgespeichert werden die Bilddateien wahlweise im Tiff- oder JPEG-Format. Bitte nehmen Sie vorher Kontakt mit dem Autor des Beitrags auf (Hauck@goldmail.de) oder informieren Sie sich über weitere Details im Internet unter: www.KnowHAU.com

### Scanner-Daten

Für Leute, die sich an technischen Daten nicht satt sehen können:

*PowerLook 270 / PowerLook 270 Plus:* Auflösung (optisch) 2700 × 2700 dpi; Auflösung (interpoliert) 5400 × 5400 dpi; Autofokus ja; manueller Fokus ja; Lichtquelle Kaltkathodenlampe; A/D-Wandler 12 Bit; Farbmodus 42 Bit (software enhanced); Graustufenmodus 14 Bit (software enhanced); Dynamikumfang: 0,1–3,4 D; Scanverfahren Single Pass, Farb-CCD; Schnittstelle SCSI-II; Betriebssysteme Win 95/98/ME/ NT/2000/MacOS; Abmessungen 162 mm × 151 mm × 347 mm; Gewicht 2,6 kg; Digital *ICE*™ nein/ja.
Lieferumfang: PowerLook 270/270 Plus Handbuch, SCSI-Kabel und SCSI-Karte (für PC), Netzkabel, 1× Filmhalter für 35 mm Filmstreifen, 1× Filmhalter für gerahmte Dias (2 mm), 1× Filmhalter für gerahmte Dias (3 mm), LaserSoft SilverFast Ai 5.5 optional/35mm IT8-Target, Adobe Photoshop Elements.
Aktuelle Verkaufspreise: 450–650 Euro.

### Literaturhinweise

Internet: www.patrickwagner.de/Scanservice/Umax-PowerLook270.html
Internet: www.umax.de/scanner/InfoSheets_PL270_d.PDF
Wüller, D.: Vierer-Kampf. ColorFoto Heft 6, 64–67 (2002).
Slawski, D.: Digitale Bildbearbeitung. SmartBooks Publishing AG, CH-Kilchberg 2002.

*Verfasser:* Arthur Hauck, Obere Gärten 3, D-72285 Pfalzgrafenweiler-Edelweiler,
Tel./Fax: 074 45/85 82 41, e-mail: Hauck@goldmail.de,
Internet: www.KnowHAU.com

*Damit die Alzheimer-Krankheit ihre Schrecken verliert*

**Für eine gesunde Zukunft!**

Wir klären auf und fördern Erfolg versprechende Forschungsprojekte für Früherkennung, Linderung und Heilung der Alzheimer-Krankheit.

Nützliche Ratgeber und wichtige Informationen zur Alzheimer-Krankheit liegen kostenlos für Sie bereit.

Alzheimer Forschung Initiative e.V.

**Alzheimer Forschung Initiative e.V.**
Grabenstraße 5 · 40213 Düsseldorf
Telefon (kostenlos): 0 800 / 200 400 1
www.alzheimer-forschung.de

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


# Die Kieselzellen in Epidermen von Tradescantia und ihre Entwicklung: Programmierter Zelltod

Eberhard Schnepf

**In der Epidermis von vielen *Tradescantia*-Arten gibt es Zellen, die in ihrem Lumen kugelig-stachelige Kieselkörper bilden. Durch Einwüchse der Zellwand wird aus dem Lumen ein enges Kanalsystem, das die Kieselkugeln enthält. Die Kanäle füllen sich schließlich locker mit Zellulose, während der Zellkern zu Grunde geht und der Protoplast sich auflöst: Ein gut zu beobachtendes Beispiel für einen programmierten Zelltod.**

Ein programmierter Zelltod dient nicht nur dazu, Zellen, deren Aufgabe und Lebenszeit erfüllt ist, wegzuräumen. Bei Vielzellern erlangen manche Zelltypen erst dann ihre Funktion für den Organismus, wenn sie abgestorben sind. Bei Pflanzen wird das Wasser in toten Zellen – Tracheiden und Tracheen – geleitet. Tot sind Sklerenchymfasern, Steinzellen, Korkzellen. Tot sind auch die Wasserspeicherzellen von Moosen (*Sphagnum, Leucobryum*).

## Programmierter Zelltod

In vielen Fällen sterben die Zellen in Form der Apoptose. Dabei kondensiert das Chromatin in der Kernperipherie, allerdings nur schwach, und manchmal zerfällt dann der Kern in so genannte apoptotische Körper (Mlejnek und Prochazka, 2002). Die DNA wird durch eine besondere Endonuclease in kurze Stücke zerschnitten. Bei einer Pyknose ballt sich hingegen das Chromatin zusammen (Küster, 1956). Zahlreiche Einzelfälle wurden in den letzten Jahren zellbiologisch untersucht. Nur einige Beispiele seien hier genannt: Xylem (Mittler *et al.*, 1997), Tapetum (Papini *et al.*, 1999) und Aerenchym (Gunawardena *et al.*, 2001); Übersichten unter anderem bei Havel und Durzam (1996), Jones und Dangl (1996), Pennell und Lamb (1997), siehe auch Hug (2000) und Stephan *et al.* (2000).
Für die lichtmikroskopische Beobachtung der beim programmierten Zelltod ablaufenden Prozesse sind viele Zelltypen recht unzugänglich. Zu den Ausnahmen zählen die Kieselzellen von einigen *Tradescantia*-Arten und anderen Commelinaceae. Dies sind zum Teil beliebte Zierpflanzen. Das Material ist also leicht zu beschaffen. Diese Kieselzellen sind auch deshalb interessant, weil hier, nicht wie sonst meist, eine Zellwand verkieselt (siehe Schnepf, 1999a, 1999b), sondern die Kieselkörper im Zelllumen gebildet werden, und dieses Zelllumen verändert sich ganz außergewöhnlich im Laufe der Entwicklung.

## Objekte und Methoden

Um zu prüfen, ob eine *Tradescantia*-Art oder eine andere Commelinacee diese besonderen Kieselzellen hat, macht man am besten einen flachen Längsschnitt durch die Blattscheide oder den Spross. In apikalen, noch nicht voll entwickelten Bereichen kann man gegebenenfalls die Entwicklung dieser Zellen gut verfolgen. Die jüngsten Zellen befinden sich über dem Knoten, nach oben hin schließen sich die älteren Stadien an. Die Kieselkörper enthaltenden, modifizierten Epidermiszellen (Idioblasten) sind nicht zu übersehen.
Für eine detaillierte Untersuchung sollte man die Schnitte mit Karminessigsäure färben (Schnepf, 2000), die Wände mit Chlor-Zink-Jod. Außerdem kann ein Polarisationsmikroskop helfen, den Zellaufbau zu verstehen.

## Ausdifferenzierte Kieselzellen

Die epidermalen Kieselzellen der Commelinaceen sind mehrfach beschrieben, unter anderem zusammenfassend von Solereder und

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

Meyer (1929), Tomlinson (1969) und Küster (1956). Allerdings sind die Angaben hier teils unvollständig, teils falsch. In manchen Einzelheiten unterscheiden sich die Kieselzellen bei den einzelnen Arten, wie sie auch bei einer Pflanze in Spross, Blattscheide und Blatt etwas unterschiedlich sein können.

Voll ausdifferenzierte Kieselzellen enthalten kein Cytoplasma mehr (Abb. 1–3). Sie fallen durch zahlreiche kugelige, feinstachelige Körper auf, die bei der hier hauptsächlich untersuchten *Tradescantia*-Art einen Durchmesser von über 10 µm erreichen können, selten aber nicht größer als 6 µm werden und auch winzig klein sein können. Sie sind stark lichtbrechend und lösen sich nicht in konzentrierter Schwefelsäure. Das spricht für die Annahme, dass sie aus Kieselsäure bestehen. Sie sind nicht doppelbrechend (Abb. 4 und 5), enthalten also weder kristalline Kieselsäure noch eine Matrix aus geordneten Teilchen. Sie liegen in kanalartigen Hohlräumen, die sich um die größeren Kieselkugeln erweitern (Abb. 1). Bei genauerem Hinsehen erkennt man, dass diese Kanäle alle von einer größeren, zentralen Höhlung ausgehen, die meistens etwas tiefer liegt als die mehr peri-

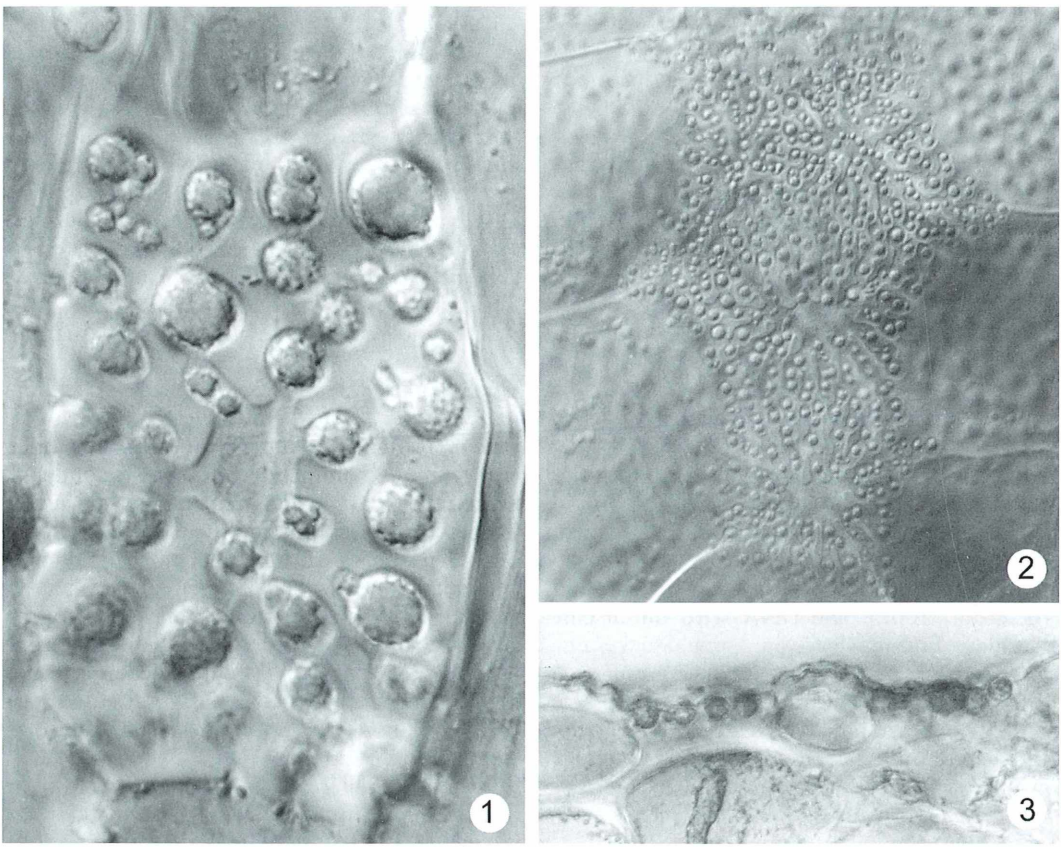
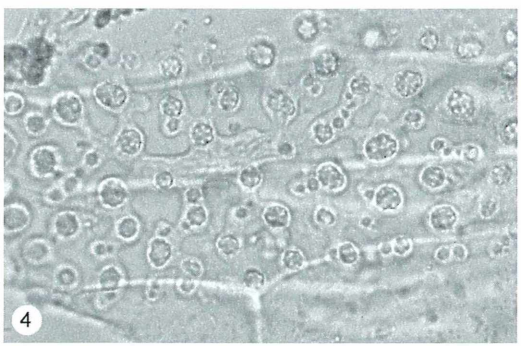



**Abb. 1–22: *Tradescantia* sp., Kieselzellen in der adaxialen Epidermis von Blatt oder Blattscheide oder vom Spross, gefärbt mit Karminessigsäure (KE) oder Chlor-Zink-Jod (CZJ) oder unfixiert/ungefärbt (UF). Handschnitte, fotografiert im Hellfeld (HF), Differentialinterferenzkontrast (DIK) oder Polarisationsmikroskop (Polmi).**

**Abb. 1: Ausgewachsene Zelle mit Kern- und Cytoplasma-Resten in der zentralen Höhlung; Kieselkörper sehr verschiedener Größe. Blattscheide, KE, DIK; 1250×. – Abb. 2: Komplex aus drei reifen Kieselzellen mit kleinen Kieselkörpern, angrenzende Epidermiszellen mit warziger Oberfläche. Blatt, KE, DIK; 560×. – Abb. 3: Zwei reife Kieselzellen. Spross, Querschnitt, UF, HF; 500×.**

pheren Kanäle, und blind enden (Abb. 6). Eingefasst werden sie durch bizarre, unregelmäßige, breite Septen, die von den Seitenwänden in das Zellinnere eingewachsen sind.
Die Kieselzellen haben in Aufsicht oft fast die Größe einer normalen Epidermiszelle, können an anderen Stellen aber auch viel kleiner sein. Es gibt allerdings auch große Komplexe, bei denen scheinbar mehrere Zellen miteinander fusioniert sind (Abb. 2,10, 11, 12). Das ist aber nicht der Fall. Es liegen hier separate Kieselzellen nebeneinander, und die Wand zwischen ihnen ist in ungefärbten Präparaten kaum von einem Septum zu unterscheiden. Das Bild wird deutlicher, wenn die Schnitte mit Chlor-Zink-Jod behandelt wurden. Bei voll ausdifferenzierten Kieselzellen färben sich die Septen nur sehr schwach an, stark hingegen das Kanalsystem, nicht aber die Kieselkörper und die zentrale Höhlung. Man erkennt dann klarer, dass alle Hohlräume, in denen Kieselkörper liegen, mit der zentralen Höhlung verbunden sind und dass die Kieselzell-Komplexe aus mehreren von einander getrennten Zellen mit je einer zentralen Höhlung bestehen (Abb. 10, 11, 12). Die Farbreaktion zeigt an, dass die Kanäle in reifen Kieselzellen locker mit Zellulose gefüllt sind. Das wurde in den bisherigen Untersuchungen nicht erkannt und auch nicht, dass es sich bei den Komplexen um Einzelzellen handelt und nicht um vielkernige Zellen. Die Zellulose in den Septen und Seitenwänden ist bei ausdifferenzierten Zellen anscheinend für den Farbstoff weniger gut zugänglich.
Bei der untersuchten *Tradescantia*-Art sind die Außenwände der normalen Epidermiszellen im Spross und in der Blattscheide längs gerippt. Diese Rippen werden durch eine Chlor-Zink-Jod-Färbung deutlich hervorgehoben (Abb. 12). Die beiden Nebenzellpaare der Schließzellen sind nicht gerippt und sind nie zu Kieselzellen umgebildet (Abb. 9). Im Blatt haben die Epidermiszellen der unteren (abaxialen) Epidermis eine warzige Oberfläche und die Kieselkörper sind sehr klein (Abb. 2 und 10). Auch die Warzen färben sich mit Chlor-Zink-Jod an. Eine extrem lange Behandlung mit Karminessigsäure färbt auch die Septen, allerdings schwächer als die Zellkerne. Das Kanalsystem wird hingegen kaum angefärbt.



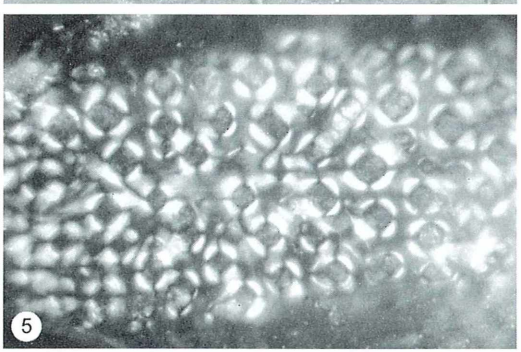




**Abb. 4 und 5: Reife Kieselzelle. Blattscheide, UF, im HF (Abb. 4) und Polmi (Abb. 5); 600×.**

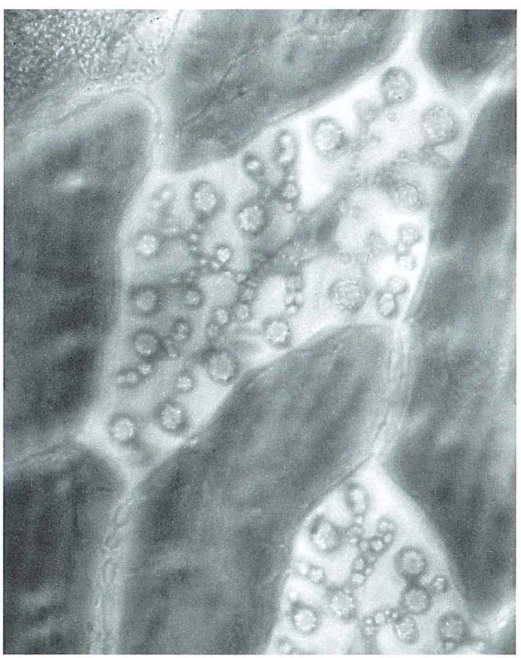


**Abb. 6: Reife Kieselzelle, Blattscheide. Färbung des Zelllumens mit CZJ, HF; 640×.**

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

Das Polarisationsmikroskop zeigt, dass die Kieselkugeln ringförmig von Zellulosefibrillen umgeben sind (Abb. 4 und 5). In den Kanälen sind diese eher längs ausgerichtet. Auch die Septen sind doppelbrechend.
Querschnitte (Abb. 3) zeigen besser als Flachschnitte, dass die Kieselzellen eingesenkt sind. Das auf die Kanäle reduzierte Zelllumen ist hier meist nicht gut zu erkennen. Die Wand zu den subepidermalen Nachbarzellen ist stark verdickt. Die Kieselkugeln liegen dicht unter der Cuticula und beulen sie nach außen vor, wenn sie groß sind.

### *Entwicklung der Kieselzellen*

Die Übersichten der Abbildungen 7–9 und die Detailfotos in den Abbildungen 13–16 zeigen die Entwicklung der Kieselzellen. Sie beginnt kurz vor der Differenzierung des Schließzellapparates (Abb. 7). Die Zellteilungsphase ist dann weitgehend abgeschlossen. Die jungen Kieselzellen sind kürzer als die normalen Epidermiszellen. An ihren Seitenwänden bilden sich knotige Verdickungen (Abb. 7 und 13). Gleichzeitig entstehen einige wenige große, rundliche Gebilde, die Vorläufer der Kieselkörper. Sie sind anfänglich kaum stachelig und weniger stark lichtbrechend als im Endzustand (Abb. 13, 17, 18). Anscheinend wird also die Kieselsäure in einen Körper aus organischem, amorphen Material eingelagert, und die verkieselnde Kugel wächst nicht mehr, sondern wird gleich in der endgültigen Größe angelegt.
Die Wandverdickungen werden zu Septen, die in das Zelllumen einwachsen (Abb. 14, 17, 18). Dabei vergrößert sich die Zelle und die Zahl der Kieselkörper nimmt zu. Diese werden an der Oberfläche feinstachelig, und sie werden stärker lichtbrechend. Das Cytoplasma ist in diesen jungen Kieselzellen unauffällig. In Lebendpräparaten sind allenfalls schwach der Zellkern und einige nicht zu identifizierende Organellen zu entdecken (Abb. 17 und 18). Das ist aber in den normalen Epidermiszellen nicht viel anders. Das Chromatin in den Zellkernen wird schwach granulär mit Karminessigsäure angefärbt (Abb. 14), wie in den normalen Epidermiszellen.

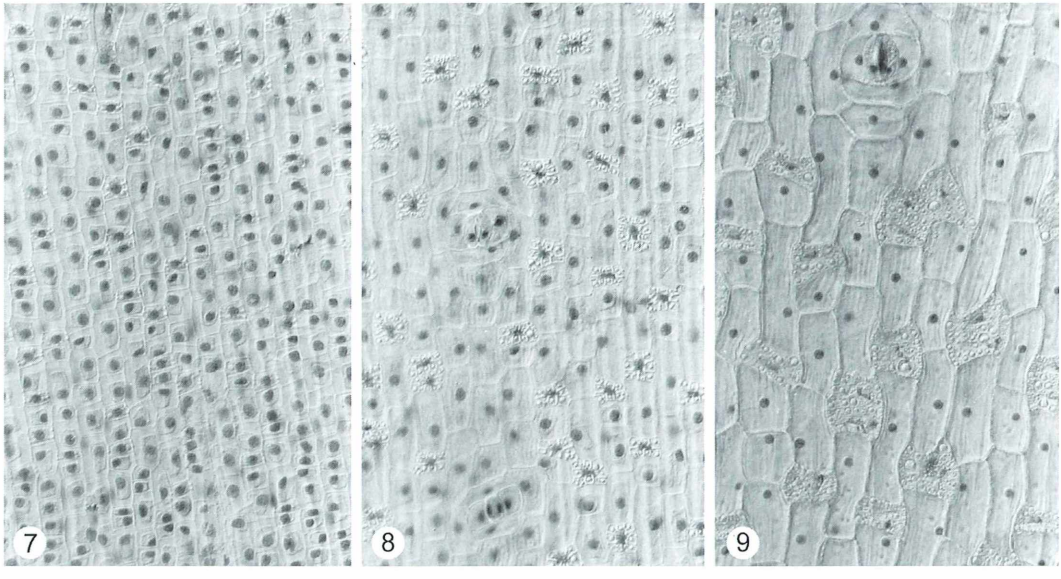
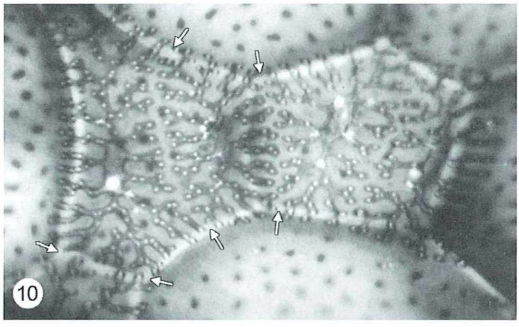


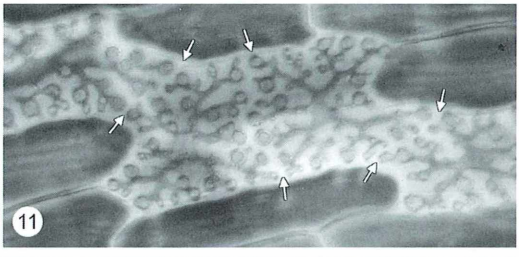

**Abb. 7–9: Differenzierung der Epidermiszellen der Blattscheide, Übersichtsaufnahmen, KE, DIK; 130×. – Abb. 7: Vor der Differenzierung der Schließzellen; die Kieselzellen bilden die ersten Septen und Kieselkörper; oben ist die Entwicklung weiter fortgeschritten als unten. – Abb. 8: Die Schließzellen haben sich gebildet. Die Septen der Kieselzellen sind größer geworden, die Kieselkörper zahlreicher, die Kerne länglich. – Abb. 9: Die Schließ- und Nebenzellen sind voll ausdifferenziert, die Kieselzellen fast reif, ihre Kerne beginnen zu zerfallen; die normalen Epidermiszellen haben eine gerippte Oberfläche.**

Die sich entwickelnden Septen reagieren stark positiv mit Chlor-Zink-Jod (Abb. 19). Wenn sie bis an den Zellkern gewachsen sind, wird dieser erst länglich (Abb. 8 und 15), schließlich zipfelig (Abb. 16). Damit passt er sich dem durch die länger und breiter werdenden Septen immer engeren Zelllumen an. Er liegt meist mehr oder weniger quer zur Längsachse von Spross oder Blatt. Das Chromatin erscheint anfangs noch immer feinkörnig. Ein Nukleolus ist dann anscheinend nicht mehr vorhanden. Er ist aber auch in den normalen Epidermiszellen nur schlecht zu erkennen.

Die Zellen nehmen weiter an Größe zu. Sie enthalten ausgewachsen bis über 100 Kieselkörper unterschiedlicher Größe. Die Septen reagieren nun nicht mehr gut mit Chlor-Zink-Jod, vor allem in den inneren Bereichen. Hier ist wohl die Zellulose für das färbende Jod nur schlecht zugänglich. Im letzten Stadium der Entwicklung kann man Cytoplasma auch nach einer Färbung nicht mehr sicher erkennen. Das Chromatin wird dann, beginnend in den Kernzipfeln, homogen-glasig (Abb. 20 und 22). Der Kern zerfällt (Abb. 21) und verschwindet dann ganz. Das geht anscheinend sehr schnell, denn diese Abbaustadien sind selten zu beobachten. In der letzten Lebensphase der Zelle füllen sich die Kanäle locker mit Zellulose, wie die Chlor-Zink-Jod-Färbung zeigt. In der zentralen Höhle findet man anfänglich noch Reste von Kern und/oder Cytoplasma. Sie werden mit Karminessigsäure kaum, mit Chlor-Zink-Jod bräunlich gefärbt. Später verschwinden sie ganz. Die Höhle scheint dann leer zu sein (Abb. 22), kann aber auch etwas lockere Zellulose in den Randbereichen enthalten. Die letzten Kieselkörper werden kurz vor dem Zelltod gebildet. Sie bleiben klein und können die Kernreste verdecken (Abb. 21). Mitunter findet man Zellen mit einem Restkern neben solchen, deren Kern schon völlig verschwunden ist (Abb. 22).

Das mikroskopische Bild spricht für eine Apoptose beim programmierten Zelltod der *Tradescantia*-Kieselzellen, auch wenn hier die Kerndegeneration etwas anders aussieht als beispielsweise bei der Apoptose in Tabak-Zellen (Mlejnek and Prochazka, 2002). Bei einer Pyknose wäre, wie anfangs schon erwähnt, das Chromatin im Endstadium der Entwicklung verklumpt und viel stärker gefärbt. Bei einem cytoplasmatischen Zelltod würden die Veränderungen im Kern erst später einsetzen (Gunawardena *et al.*, 2001). Ein Nachweis von für die Apoptose charakteristischen DNA-Fragmenten und elektronenmikroskopische Untersuchungen (vergl. Papini *et al.*, 1999) wären nötig, um endgültig zu klären, auf welche Weise der Kern und die Zelle zu Grunde gehen.



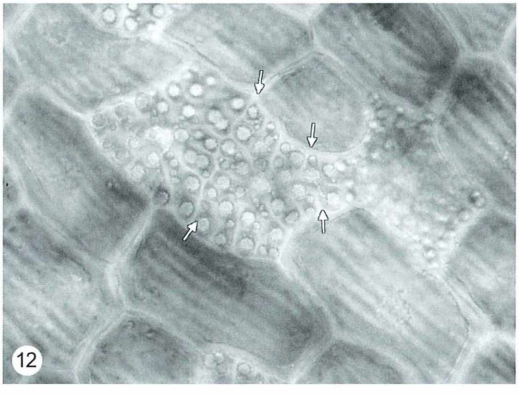




**Abb. 10–12: Komplexe aus reifen Kieselzellen aus dem Blatt (Abb. 10) und der Blattscheide (Abb. 11 und 12); CZJ, HF; 330×. Gefärbt sind vor allem die Lumina der Kieselzellen, wobei die zentrale Höhlung meist weniger stark gefärbt ist, und die Warzen (Abb. 10) und Rippen (Abb. 12) der benachbarten Epidermiszellen, nicht aber die Septen. Die Pfeile markieren Wände zwischen den Kieselzellen. Die hellen Flecke, meist nahe der zentralen Höhlung, sind Tüpfel zu den subepidermalen Zellen.**

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

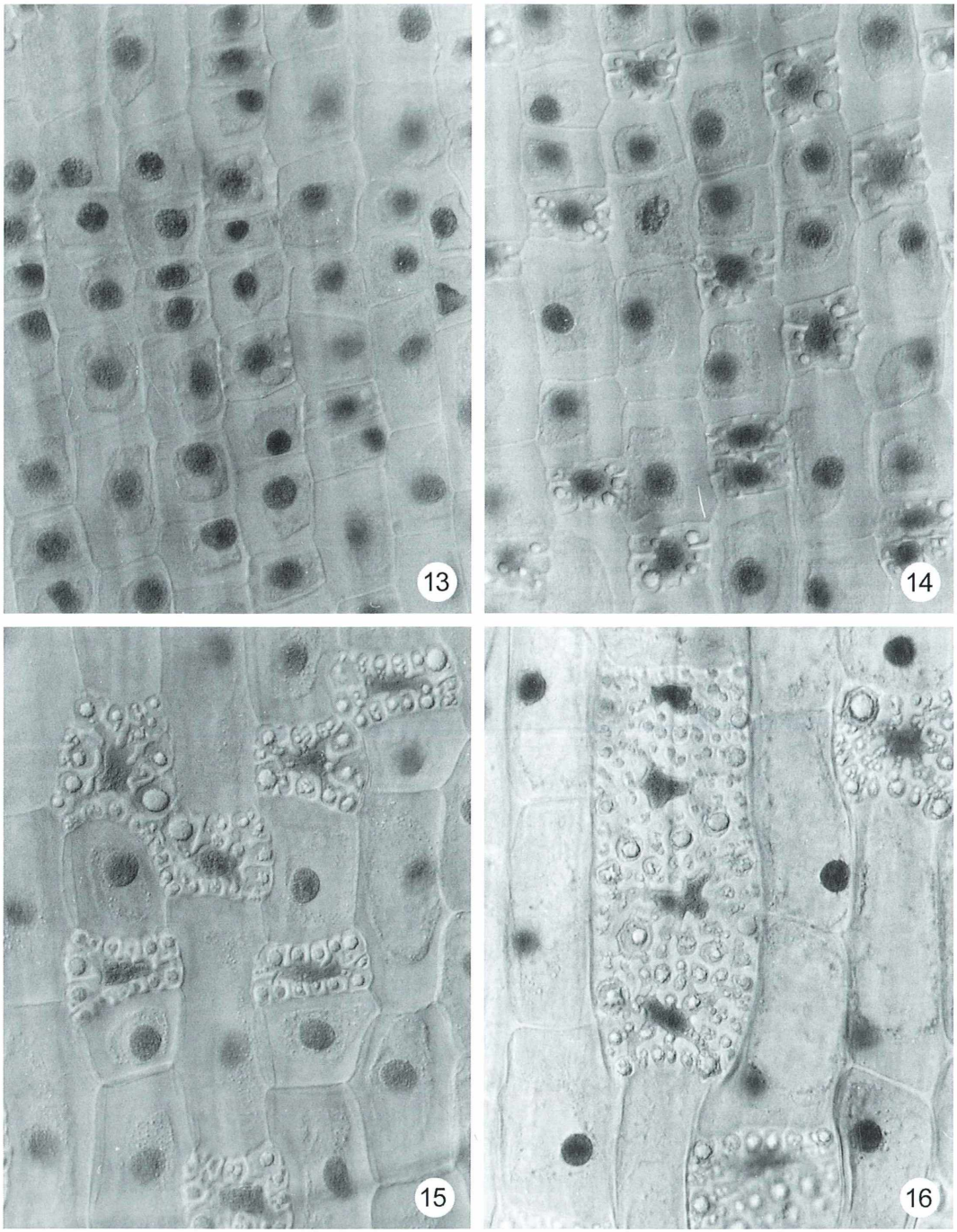
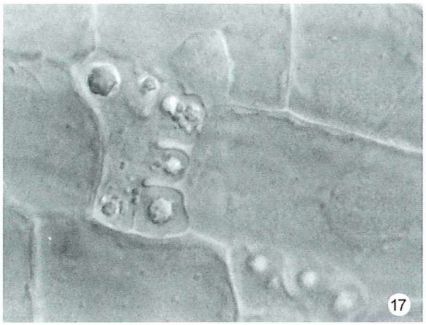



**Abb. 13–16: Entwicklung der Kieselzellen, Blattscheide, KE, DIK; 460×. – Abb. 13: Beginn der Septen- und Kieselkörper-Bildung. – Abb. 14: Septen- und Kieselkörper-Bildung weiter fortgeschritten; die Kerne sind noch rund, das Chromatin granulär. – Abb. 15: Weiter entwickelt; die Kerne sind nun länglich. – Abb. 16: Fast reif; die Kerne sind zipfelig, das Chromatin wird glasig.**



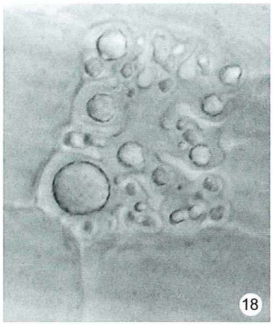




**Abb. 17 und 18: Entwicklung der Kieselzellen, Blattscheide, UF, DIK, 1250×. – Abb. 17: Beginn der Septenbildung. Zellkerne sichtbar, andere Organellen sind kaum zu identifizieren. Kieselkörper normal groß, aber noch nicht voll entwickelt. – Abb. 18: Ähnlich Abbildung 17, etwas älteres Stadium.** ►

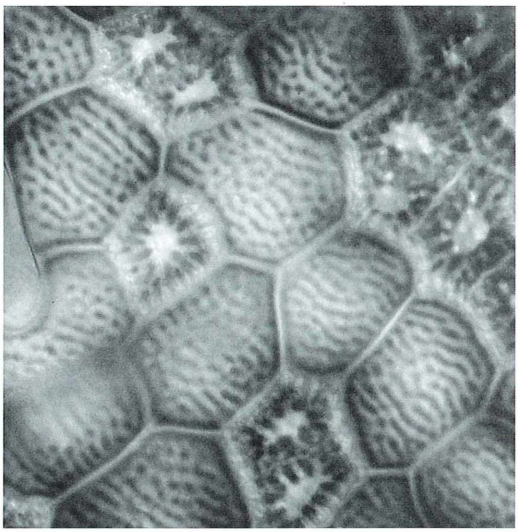
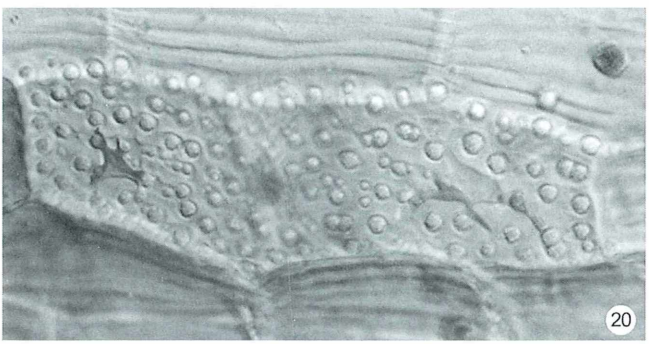
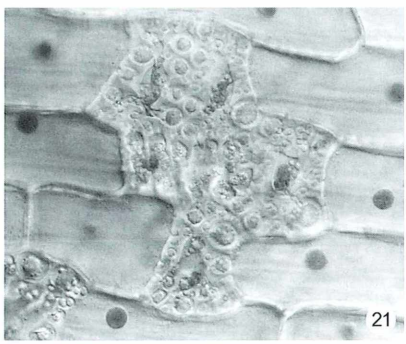


**Abb. 19: Junge Kieselzelle, Blatt. Färbung der einwachsenden Septen und der Warzen auf den benachbarten Epidermiszellen mit CZJ. HF, 430×.** ►

**Abb. 20 und 21: Kerndegeneration in fast reifen Kieselzellen, Blattscheide, KE, DIK. – Abb. 20: Das Chromatin wird glasig; 460×. – Abb. 21: Die Kerne zerfallen und sind teilweise von kleinen Kieselkörpern überdeckt; 300×.** ▼



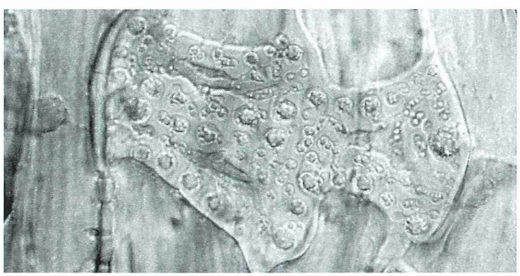



**Abb. 22: Komplex aus drei fast reifen Kieselzellen aus der Blattscheide. In den linken beiden Zellen sind noch glasige Reste des Kernes zu erkennen, in der rechten hat sich der Kern völlig aufgelöst. UF, DIK; 460×.** ►

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

### *Literaturhinweise*


Gunawardena, A. H. L. A. N., Pearce, D. M., Jackson, M. B., Hawes, C. R., Evans, D. E.: Characterization of programmed cell death during aerenchyma formation induced by ethylene or hypoxia in roots of maize. Planta *212*, 205–214 (2001).

Havel, L., Durzam, D. J.: Apoptosis in plants. Bot. Acta *109*, 268–277 (1996).

Hug, H.: Apoptose: Die Selbstvernichtung der Zelle als Überlebensschutz. BiuZ *30*, 128–135 (2000).

Jones, A., Dangl, J. D.: Logjam at the styx: programmed cell death in plants. Trends Plant Sci. *1*, 114–119 (1996).

Küster, E.: Die Pflanzenzelle, 3. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Jena 1956.

Mittler, R., Lam, E.: In situ detection of nDNA fragmentation during the differentiation of tracheary elements in higher plants. Plant Physiol. *108*, 489–493 (1995).

Mlejnek, P., Prochazka, S.: Activation of caspase-like proteases and induction of apoptosis by isopentenyladenosine in tobacco BY-2 cells. Planta *215*, 158–166 (2002).

Papini, A., Mosti, S., Brighina, L.: Programmed-cell-death events during tapetum development of angiosperms. Protoplasma *207*, 213–221 (1999).

Pennell, R. I., Lamb, C.: Programmed cell death in plants. Plant Cell *9*, 1157–1168 (1997).

Schnepf, E.: Verkieselte Zellwände – Teil I: Präparation und Darstellung. Mikrokosmos *88*, 203–206 (1999a).

Schnepf, E.: Verkieselte Zellwände – Teil II: Sammellinsen: Bergkristall oder Opal? Mikrokosmos *88*, 267–272 (1999b).

Schnepf, E.: Chromosomenfärbung – Was man von der Kernteilung wissen sollte, was man von ihr problemlos sichtbar machen kann. Mikrokosmos *89*, 249–254 (2000).

Solereder, H., Meyer, T. J.: Farinosae. Systematische Anatomie der Monokotyledonen, Heft IV. Bornträger, Berlin 1929.

Stephan, H., Polzar, B., Mannherz, H. G.: Sein oder nicht Sein? Apoptose, der Programmierte Zelltod. Naturwiss. Rdsch. *53*, 273–281 (2000).

Tomlinson, P. B.: Commelinales – Zingiberales. In: Metcalfe, C. R. (ed.): Anatomy of the monocotyledons, vol. III. Clarendon Press, Oxford 1969.


*Verfasser:* Prof. Dr. Eberhard Schnepf, Dürerweg 11, D-69168 Wiesloch

# Aus den Arbeitsgemeinschaften

## *Berliner Mikroskopische Gesellschaft*

**Programm**

**November 2002 bis März 2003**

01. 11. Dr. Erich Lüthje, Kiel: Streifzug durch die Punika-Oase – Aufwuchs unter verschiedenen Testbedingungen.

16./17. 11. Robin Wacker, Güntersloh: Histologische und pflanzenanatomische Präparate.

29. 11. Rudolf Drews, Berlin: Mikrokosmos im 6 × 6 Format, Dia-Vortrag nebst Anmerkungen zur Mikrofotografie heute.

13. 12. Weihnachtsfeier

10. 01. Prof. Dr. Thomas Bartolomaeus, Berlin: Biologie und Histologie von Borstenwürmern.

24. 01. Prof. Dr. Wolfram Richter, Berlin: Muskulatur.

07. 02. Winterferien

21. 02. Jahreshauptversammlung

07./08. 03. Dr. Heinz Streble, Stuttgart: Mausentwicklung im Uterus (Beginn am Freitag 19.30, Samstag 9.30 Uhr bis mittags).

Die Übungsabende beginnen jeweils um 19.30 Uhr im Institut für Biologie/Zoologie (Ehrenberg-Saal, 2. Stock) der FU Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3 (Eingang Haderslebener Straße 1–3), D-14195 Berlin.

# Hinweise für Autoren

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

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

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

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

4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos und druckfertige Strichzeichnungen, Graphiken (vorzugsweise in tiefschwarzer Zeichentusche angelegt oder als Laserprint). Elektronische Abbildungen nur als Tiff-Dateien auf CD-R (bis 700 MB) einreichen; bitte keine CD-RWs oder DVDs verwenden. Bitte alle Materialien namentlich kennzeichnen. Auf den Originalabbildungen nur professionelle Beschriftungen vornehmen (Endgröße nach Vergrößerung/Verkleinerung der Bildvorlage circa 3 mm); handschriftlich bitte nur auf Kopien oder durchscheinenden Deckblättern kennzeichnen. Die Bilder werden in drei verschiedenen Breiten (1spaltig, 1,5spaltig, 2spaltig) reproduziert. Es können mehrere Bilder zu Tafeln kombiniert werden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mikrokosmos
6/2002

510543 1 (6)
Bibliothek des OÖ.
Landesmuseums

Museumstraße 14
4020 Linz

300229

**Sie werden Augen machen**

Die Welt um uns herum steckt voller Wunder. Das neueste heißt **Stemi DV4** und ist ein modernes kompaktes Stereomikroskop. Und das Wunderbare daran – es kostet wenig, obwohl es viel leistet. So die kompromisslos scharfen und lichtstarken Bilder der neuen patentierten Optik. Oder die raffinierte, einfach per Tastendruck zu bedienende Beleuchtung für Auflicht, Durchlicht oder Mischlicht.
**Stemi DV4** – neuer Lichtblick für Lehre und Ausbildung in Kurssälen und Laboratorien.

ZEISS

Carl Zeiss · Mikroskopie · D-07740 Jena
Tel. (0 36 41) 64-16 16 · Fax (0 36 41) 64-31 44
mikro@zeiss.de · www.zeiss.de/mikro

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 91_6

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 91_6 1