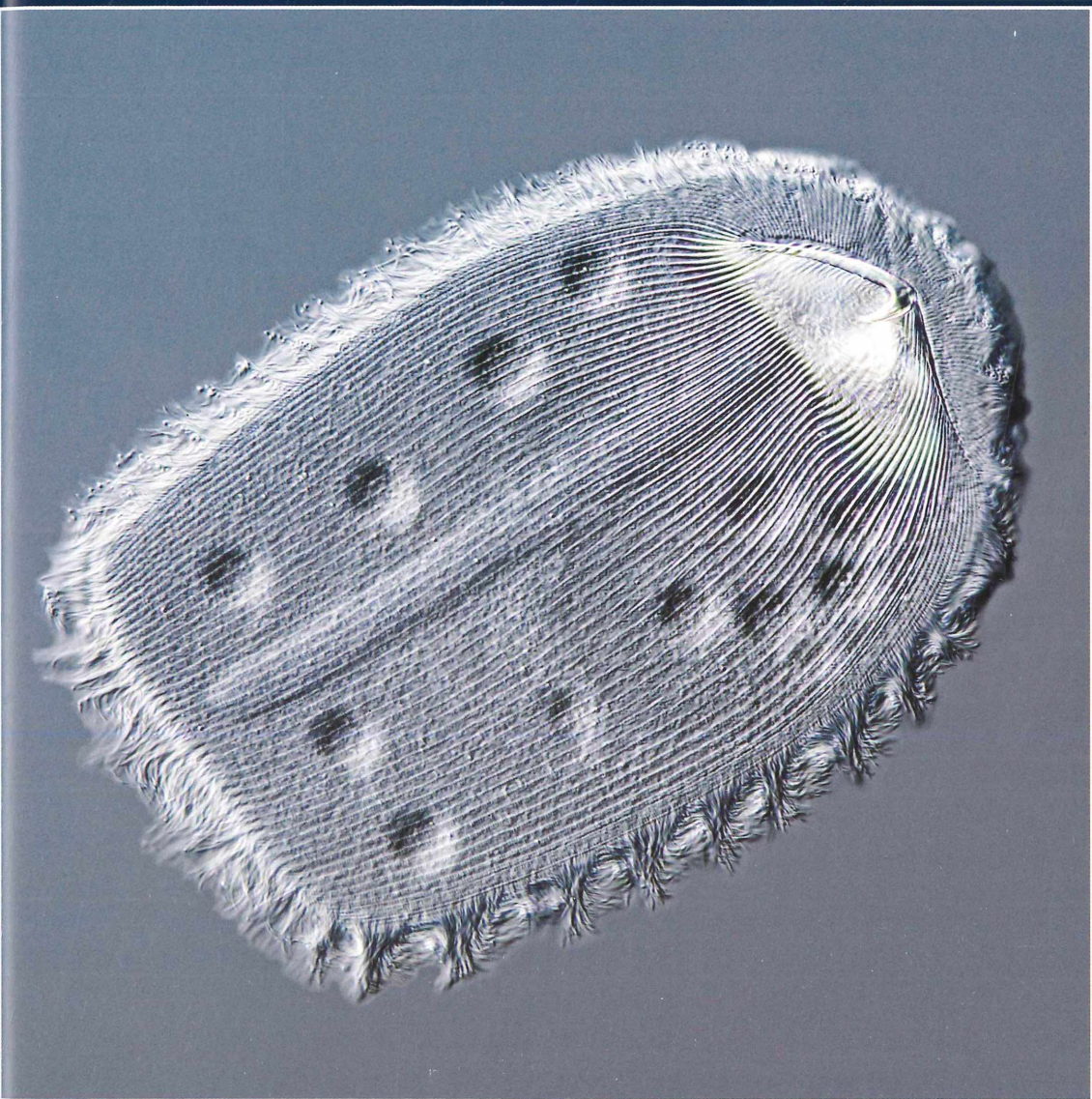


# MIKROKOSMOS

Heft 6  
102. Jahrgang  
November 2013

◆ <http://journals.elsevier.de/mikrokosmos>

ISSN 0026-3680



# MIKROKOSMOS

Zeitschrift für Mikroskopie

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

Mitteilungsorgan für den Arbeitskreis Mikroskopie im Freundeskreis Botanischer Garten Köln, Arbeitskreis Mikroskopie im Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen, Arbeitskreis Rhein-Main-Neckar, Berliner Mikroskopische Gesellschaft e.V., Mikroskopie-Gruppe Bodensee, Mikroskopisches Kollegium Bonn (MKB), Mikroskopischer Freundeskreis Göppingen im Naturkundeverein Göppingen e.V., Mikrobiologische Vereinigung sowie AG Mikropaläontologie im Naturwissenschaftlichen Verein zu Hamburg, Mikrobiologische Vereinigung München, Mikroskopischer Arbeitskreis Ruhrgebiet, Mikroskopische Gesellschaft Wien, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft der Naturwissenschaftlichen Vereinigung Hagen e.V., Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Stuttgart, Mikroskopische Gesellschaft Zürich, Tübinger Mikroskopische Gesellschaft e.V.

## Inhalt

---

### Artikel

- 321** Der Ursprung der Tiere und Pilze aus phylogenetischer Sicht  
*Wolfgang Bettighofer*

- 332** Hautkrebs – Die unterschätzte Gefahr  
*Oskar R. Weber*

- 339** Ciliaten im Darm von Oligochaeten –  
Endokommensalen von *Eisenia foetida*  
*Gerd Günther*

- 345** *Grimmia pulvinata*-*Tortula muralis* –  
Eine Moosgesellschaft von Pionieren und Spezialisten. Teil 2  
*Bruno Ortner*

- 353** Mikroskopische Studien an Kakteen  
*Siegfried Hoc*

- 358** E.L.M.I. Expertensystem für die Lichtmikroskopie –  
Ein universell einsetzbares Werkzeug zur Dokumentation und  
Annotation mikroskopischer Aufnahmen  
Teil 3: Datenbank, Annotation und E.L.I.S.  
*Gerhard Kauer*

- 377** Variabler Phasen-Hellfeld-Kontrast (VPHK) –  
Verbesserte Objektbeobachtungen durch gleichzeitige Anwendung  
von Phasenkontrast und Hellfeld  
*Timm Piper*

### Rubriken

**330, 344, 352, 376**  
Buchbesprechungen

**331, 338, 350, 370**  
Kurze Mitteilungen

**355**  
Nachricht

**356**  
Form und Funktion im  
Mikro- und Makrobereich

**369**  
Mikro-Markt

**373**  
Mikro-Lyrik

**383**  
Aus den  
Arbeitsgemeinschaften

---

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

---

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

---

Mehr Informationen zum MIKROKOSMOS und anderen Zeitschriften finden Sie im Internet:  
[www.elsevier.de](http://www.elsevier.de)

---

*Umschlagabbildung:* Habitus von *Metaradiophrya* aus dem Darm des Mistwurms.  
Siehe Artikel G. Günther, S. 339–344.



# Der Ursprung der Tiere und Pilze aus phylogenetischer Sicht

Wolfgang Bettighofer

Lange Zeit hatte die Evolutionsforschung Stammbäume hauptsächlich auf Analysen von strukturellen Körpermerkmalen und deren Veränderungen in den fossilen Funden über die Jahrmillionen aufbauen können. Mit der Möglichkeit, Gensequenzen zu analysieren und deren Ähnlichkeit oder Verschiedenheit im Zusammenspiel mit so genannten molekularen Uhren als entwicklungsgeschichtliche Merkmale zu nutzen, ist der Evolutionsforschung seit den 1980er Jahren ein mächtiges, zusätzliches Instrument erwachsen, welches diesen Forschungszweig der Biowissenschaften sehr beflügelt und mit dazu beigetragen hat, das Gesicht der Biologie von einer hauptsächlich beschreibenden zu einer messenden Wissenschaft zu verändern (Jahn, 2000).

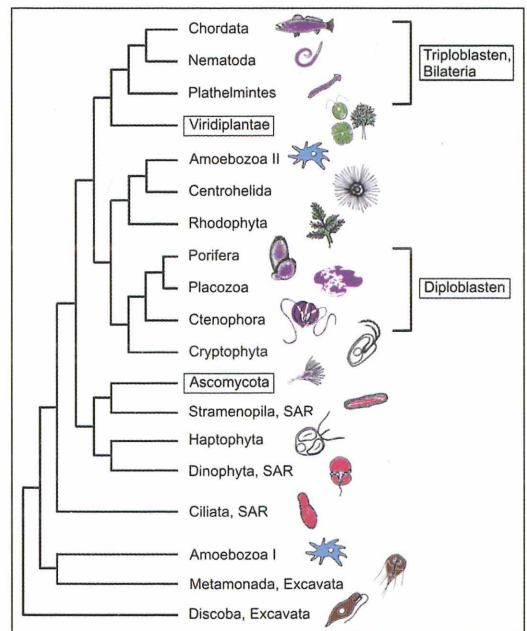
**A**nfang der 1990er Jahre mehrten sich molekularbiologisch fundierte Arbeiten, die der spannenden Frage näher traten, welche Protistengruppe den Ursprung der Tiere, der Metazoa, markieren könnte. Oder sollte es etwa mehrere Entstehungspunkte gegeben haben? Einen frühen, umfangreichen Artikel zu diesem Themenkreis hatten Christen u. a. 1991 vorgelegt.

Zunächst einige grundsätzliche Bemerkungen zu den behandelten Organismengruppen. Die Metazoa werden nach Christen et al. (1991) aus morphologischer Sicht in drei Hauptgruppen eingeteilt:

- Arten mit schwach ausgebildeter Gewebsdifferenzierung: Porifera (Schwämme) und Placozoa
- Diploblasten, Arten mit zwei embryonalen Gewebsschichten (Keimblättern): Cnidaria (Nesseltiere) und Ctenophora (Rippenqualen)
- Triploblasten, Arten mit drei Keimblättern: Alle anderen Tiergruppen

Um die weiteren zoologischen Fachbegriffe einzuführen, die im Verlauf des Artikels auftauchen und sie mit Beispielorganismen zu belegen, sei hier kurz die moderne Unterteilung der Triploblasten referiert. Sie werden auch als Bilateria bezeichnet, sind zweiseitig symmetrisch und haben echtes Muskelgewebe. Die einfachsten, die Acoelomaten, besitzen keine Körperhöhle (Coelome) mit Ausnahme des Verdau-

ungskanals. Es sind die Plattwürmer (Plathelminthes), zu welchen beispielsweise die Leberegel und Bandwürmer gehören. Etwas komplizierter strukturiert sind die Pseudocoelomaten



**Abb. 1:** Die Diploblasten und Triploblasten zeigen sich monophyletisch, Viridiplantae (Grünalgen und höhere Pflanzen) ebenso. Die untersuchten Pilze bilden gleichfalls eine Klade, die Protistengruppen entspringen jedoch uneinheitlich. Als Außengruppe dienen Trypanosomen (Discoba) (nach Christen et al., 1991).

mit den beiden Gruppen Rädertiere (Rotifera) und Fadenwürmer (Nematoda). Die Coelomaten gliedern sich in die Protostomier mit den Gruppierungen Molluska (Weichtiere, u. a. Schnecken), Annelida (Ringelwürmer) und Arthropoda (Gliederfüßer, u. a. Insekten). Schließlich sind die Deuterostomier in die Echinodermata (Stachelhäuter, u. a. Seesterne) und die Chordata aufgeteilt, zu welchen auch die Wirbeltiere zählen.

In der Welt der Pilze unterschied man um die Jahrtausendwende grob:

- Chytridiomycota (Tröpfchenpilze, meist mikroskopisch klein und einzellig)
- Zygomycota (Jochpilze, darunter Mykorrhiza-Arten, die Wurzelsymbionten vieler Gefäßpflanzen)
- Ascomycota (Hefen, Schimmelpilze, Morcheln)
- Basidiomycota (Hutpilze, Rostpilze)

Zur Nomenklatur der erwähnten Protistengruppierungen sowie zu den Begriffen um den Aufbau der phylogenetischen Bäume sei auf meine Ausführungen zum Pflanzensystem (Bettighofer, 2013) und auf die Beschreibung zur Übersichtsgrafik (Abb. 9) am Ende dieses Artikels verwiesen. Bevor weitere Vorstellungen zur Phylogenie der Metazoa erläutert werden, vorab noch ein paar Worte zu den in der Protistologie oft verwendeten Begriffen Heterokonta, Chromista und Chromalveolata.

1981 beschrieb Thomas Cavalier-Smith das eukaryotische Reich Chromista mit den Unterreichen Cryptophyta und Chromophyta. In den Chromophyta befanden sich die Heterokonta und die Haptophyta. Einige Zeit wurden die Chromista und Alveolata (Ciliaten, Dinoflagellaten u. a.) zur Supergruppe Chromalveolata (Cavalier-Smith, 1999) zusammengefasst. Seit 2009 mehren sich jedoch Arbeiten, die zeigen, dass Haptophyten und Cryptophyten nicht zur näheren Verwandtschaft der Heterokonten und Alveolaten zählen. Ihre Platzierung im phylogenetischen Baum gilt heute als unsicher. Die Gruppe der Heterokonten musste ebenso geteilt werden. Von ihnen sind auch nur jene mit den Alveolaten näher verwandt, deren Geißeln beziehungsweise Gametengeißeln dreiteilige Anhänge (Mastigonemen) haben (röhrenförmiger Schaft als Hauptachse, seitliche Anhängsel, die ihrerseits wieder Anhängsel haben, Hausmann et al., 2003). Das sind Goldalgen, Kiesel-

algen, Braunalgen, Oomyceten, Opaliniden und weitere, kleine Flagellatengruppen, die zusammen eine monophyletische Gruppe namens Stramenopilaten bilden (lateinisch stramen = Stroh, pilus = Haar).

Hingegen hat sich herausgestellt, dass die Rhizaria, bestehend aus Cercozoa (zu welchen zum Beispiel die meisten filösen Amöben und viele Parasiten gehören), aus Foraminiferen und aus den Radiolariengruppen Acantharia und Polycystinea, nahe mit Stramenopilaten und Alveolaten verwandt sind und mit ihnen die monophyletische Gruppe SAR (Stramenopila, Alveolata, Rhizaria) bilden.

### ***Sind die Metazoa monophyletisch?***

Zurück zur Fragestellung von Christen et al. (1991): Hatten sich die drei Basis-Baupläne der Metazoa unabhängig voneinander entwickelt oder hatte es einen gemeinsamen Ursprung gegeben? Dies wurde damals kontrovers diskutiert. Die Analyse des umfangreichen molekularbiologischen Datensatzes, den die Autoren erarbeitet hatten und der alle damaligen Stämme der Diploblasten einschloss (Placozoen, Schwämme, Cnidarier und Ctenophoren), verbunden mit einer noch umfangreicheren Datenbasis mit Sequenzen von Pilzen, Protisten, Triploblasten und Gefäßpflanzen, brachte interessante Ergebnisse (siehe Abb. 1):

- Frühe Abzweiger im Baum: Flagellaten und Schleimpilze (Amoebozoa I)
- Nächste Abzweiger: Ciliaten, Dinoflagellaten, Stramenopilaten und Ascomyceten
- Wenig spätere Abzweiger: Diploblasten, Triploblasten und Viridiplantae (Grünalgen und Gefäßpflanzen), jeweils als monophyletische Unterbäume

Eine spannende Teilfrage blieb zunächst unbeantwortet: Welche Protistengruppe bildete den Ursprung der Metazoa?

Klassisch gab es zu dieser Frage zwei Haupttheorien, nämlich Haeckels 1866 formulierte Gastraea-Theorie und die Ciliatentheorie von Hadzi aus dem Jahre 1963. Haeckel vertrat die Auffassung, dass die Ontogenese der Tiere, also deren embryonale Entwicklung, ihre Phylogenese (ihre stammesgeschichtliche Entwicklung) widerspiegelt. So deutete er das früh-embryonale Becherkeimstadium (Gastraea-Stadium)



als Hinweis darauf, dass sich die Mehrzeller aus koloniebildenden Einzellern mit Arbeitsteilung entwickelt hatten. Haeckel schloss daraus, dass den Hohltieren (Cnidaria) ähnliche Wesen am Ursprung der Mehrzeller gestanden haben müssten.

Hadzi vertrat hingegen die Ansicht, dass sich bei vielkernigen Ciliaten Membranen um die Kerne herum gebildet hätten. Aus dieser Anschauung leitete er ab, dass nicht Vertreter der Diploblasten (Cnidaria), sondern die darmlosen Plattwürmer (Plathelminthes, die ursprünglichsten Triploblasten) am Beginn der Geschichte der Metazoa gestanden haben sollten. Dass sich die Cnidaria hingegen aus den Plattwürmern entwickelt hätten, dies sollte ihre so genannte Planula-Larve zeigen, die plattwurmähnlich ist. Somit griff Hadzi wieder auf Haeckels Basistheorie „Ontogenese spiegelt Phylogenese wider“ zurück.

### Noch keine Spur zur ursprünglichen Einzellergruppe für die Metazoen

Zurück in die 1990er Jahre: Christen und Mitarbeiter brachten deutlich zum Ausdruck, dass die ersten vorliegenden molekularbiologischen Phylogenese-Untersuchungen von Field et al. (1988) sowie ihre eigenen Ergebnisse die Frage nach der für die Metazoa ursprünglichen Protistengruppe nicht hatten erhellen können. Es war allerdings interessant zu beobachten, dass es zwar nie gelang, einen Protisten mit den Kladen der Diploblasten oder Triploblasten zu verbinden. Hingegen bildeten die einzelligen Grünalgen *Chlorogonium* und *Pyramimonas* stets eine monophyletische Einheit mit den Gefäßpflanzen. Das war zweifellos ein interessantes Entdeckung, die sich auch heute noch als korrekt erweist (Bettighofer, 2013).

Bei den vielen, ganz unterschiedlichen Protistengruppen, die sich in diesen frühen molekularbiologisch fundierten phylogenetischen Analysen an vielen verschiedenen Stellen im Baum niederließen und sich einer sauberen Gruppenbildung verweigerten, mussten es die Forscher offen lassen, ob es nicht vielleicht mehr als nur einen Ursprung der vielzelligen Organisation bei den Tieren gegeben haben könnte. Solche Konzepte waren bereits von Bütschli (1910) diskutiert worden und fußten auf Beobachtungen, dass eine Reihe unterschiedlicher Protisten arbeitsteilige Zellverbände bilden.

### Tiere und Pilze sind nächste Verwandte

Lange Zeit war nicht daran gezweifelt worden, dass Pilze im Stammbaum der Pflanzen angesiedelt seien. Man nahm an, dass sie sekundär die Fähigkeit zur Assimilation verloren hätten, als sie in der ökologischen Nische des Saprophytismus, der Verwertung toten organischen Materials, heimisch geworden waren. So ordnete zum Beispiel die 30. Auflage des botanischen Standardwerks *Strasburger* (1971) die Mycophyta (Pilze) als 3. Abteilung nach den Schizophyta (Bakterien) und den Phycophyta (Algen im weiteren, morphologischen Sinne) in das Pflanzenreich ein. In der Einleitung zu den Mycophyta wurde jedoch schon klar herausgearbeitet, wodurch sie sich von den anderen Pflanzen unterscheiden:

- Sie leben heterotroph, haben also keine Plastiden.
- Ihre Zellwände sind zumeist aus Chitin, nicht aus Zellulose.
- Ihre Reservestoffe sind Glykogen und Fett, niemals Stärke.

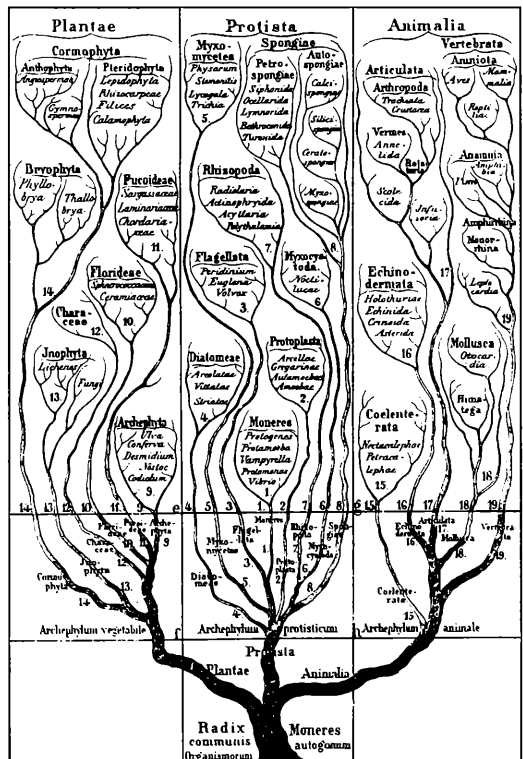


Abb. 2: Im Stammbaum von Ernst Haeckel finden sich die drei Gruppen Plantae, Protista und Animalia (aus Haeckel, 1966).

So war es doch ein gehöriger Paukenschlag, als Sandra Baldauf und Jeffrey Palmer 1993 in den *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)* titelten: *Animals and fungi are each other's closest relatives: Congruent evidence from multiple proteins*.

Dieser Paukenschlag wurde hauptsächlich in konservativen Botanikerkreisen als so laut empfunden, denn der Botaniker Robert H. Whittaker hatte bereits 1959 anstelle von Haeckels drei Reichen der belebten Natur (Haeckel, 1866: Plantae, Animalia und dazwischen die Protista; Abb. 2) auf der Basis fundamental unterschiedlicher Baupläne fünf Reiche beschrieben (Abb. 3): Bacteria, Protista, Fungi, Plantae und Animalia. Die Protista teilte er in Lebewesen ohne und mit Zellkern (Monera, Protista) ein und die Plantae untergliederte er in Fungi und Plantae.

Aber ebenso wie Haeckels Abtrennung der einzellig organisierten Lebewesen von den Tieren und Pflanzen in der biowissenschaftlichen Welt nicht akzeptiert worden war, wurden auch Whittakers Thesen lediglich interessiert zur Kenntnis genommen. Nun, mit der Entwicklung des molekularbiologischen Diagnose-Instrumentariums tat sich die wissenschaftliche Welt schwerer mit dem Ignorieren der festgestellten Gruppierungen und der genetischen

Gräben dazwischen. Dass Tiere und Pilze möglicherweise eine nähere Verwandtschaft besäßen als bis dahin angenommen, hatte einige Jahre zuvor Thomas Cavalier-Smith (1987) anhand ultrastruktureller und biochemischer Ähnlichkeiten herausgearbeitet. Nach seiner damaligen Anschauung sollten die letzten gemeinsamen Vorfahren beider Großgruppen ähnlich den heute lebenden Choanoflagellaten gewesen sein.

## Ergebnisse

Die Studie von Cavalier-Smith umfasste eine Vielzahl von Arten: 7 Archaeen, 27 Protisten, 12 Pflanzen einschließlich Grünalgen, 21 Pilze und 26 Tiere. Sequenzen aus 25 Proteinen wurden verwendet mit dem Ziel, vier unterschiedlich zusammengestellte Artengruppierungen zu testen. Allen sich ergebenden phylogenetischen Bäumen war gemein:

Tiere und Pilze waren an ihrer Basis eng miteinander verbunden, bei einer Baumalternative gruppierten sich die Pilze sogar als Unterbaum der Tiere!

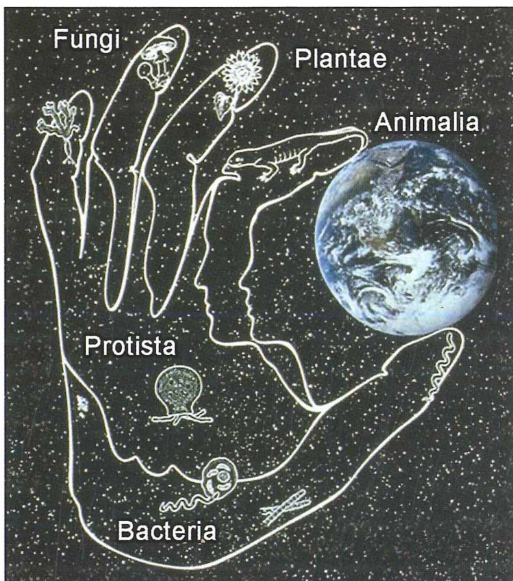
Pflanzen inklusive Grünalgen bildeten in allen Fällen einen zusammenhängenden Unterbaum, der deutlich entfernt von denjenigen der Pilze und Tiere entsprang.

Die ausgewählten Protisten mit Ausnahme der Algen gruppierten ebenfalls wieder uneinheitlich und auch nicht in stabilen Unterbäumen. Abbildung 4 zeigt exemplarisch eine der Baumalternativen in vereinfachter Form.

## Die nächsten einzelligen Verwandten von Tieren und Pilzen

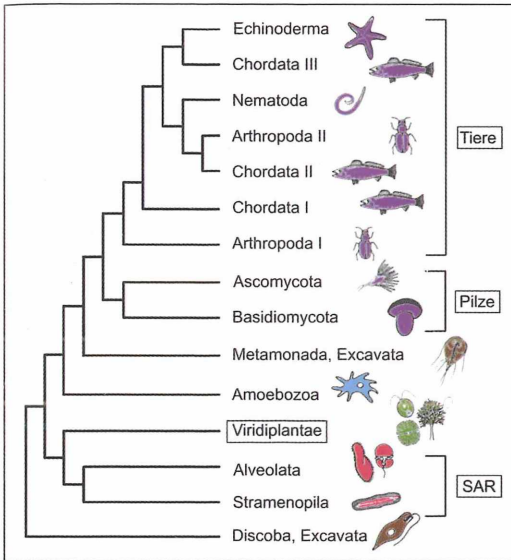
In der Folgezeit gab es viele Untersuchungen mit widerstreitenden Ergebnissen zur Frage, welche Protisten an den Wurzeln der phylogenetischen Bäume von Tieren und Pilzen zu finden seien. Es festigte sich jedoch die Ansicht, dass alle Lebewesen, die im Rahmen ihres Lebenszyklus ebenso wie die Tiere einzellige Stadien mit einer einzelnen Schubgeißel am Hinterende der Zelle ausbildeten, zur monophyletischen Gruppe der Opisthokonta gehörten.

2006 legten Steenkamp et al. eine breit angelegte Untersuchung vor mit dem Ziel, die Abzweigungen der Metazoa und die der Fungi aus der Gruppe der Opisthokonten heraus genauer zu beleuchten. Vier bis fünf Kernproteine co-



**Abb. 3:** Grafische Darstellung des Fünf-Reiche-Konzepts von Robert H. Whittaker (nach Margulis und Chapman, 2010).





**Abb. 4:** Im Baum von Baldauf und Palmer (1993) gruppieren sich alle untersuchten Tiere sowie Pilze in je einem Unterbaum, beide Gruppen bilden Schwesterbäume. Auch die Supergruppe SAR mit Vertretern von Apicomplexa (Parasiten), Ciliaten, Braunalgen und weiteren Stramenopilen bilden eine zusammenhängende Gruppe. Auch hier dienten Trypanosomen (Discoba) als Außengruppe.

dierende Gene mit langsamen Veränderungs-raten waren dabei im Fokus. Folgende protistische Gruppen aus den Opisthokonten wurden mit jeweils mehreren Arten in die Untersuchung einbezogen:

- Choanoflagellaten: Heterotroph lebende Flagellaten
- Nucleariiden: Nacktamoeben mit Filopodien
- Ministeriiden: Kleine, marine, heterotrophe Protisten mit radialen, unbeweglichen Pseudopodien.
- Corallochytrien: Kleine, amöboide, flagellenlose, marine, saprophytisch lebende Protisten
- Ichthyosporea: Tierparasiten mit amöboiden und flagellaten Stadien

Außer den Choanoflagellaten und den Ichthyosporea sind alle anderen oben genannten Gruppen sehr artenarm.

Diese neu gewonnenen Werte wurden mit genetischen Daten einer Vielzahl von Tieren, Pilzen, Amoebozoa (lobose Amöben), Alveolata (u. a. Ciliaten und Dinoflagellaten), Stramenopila

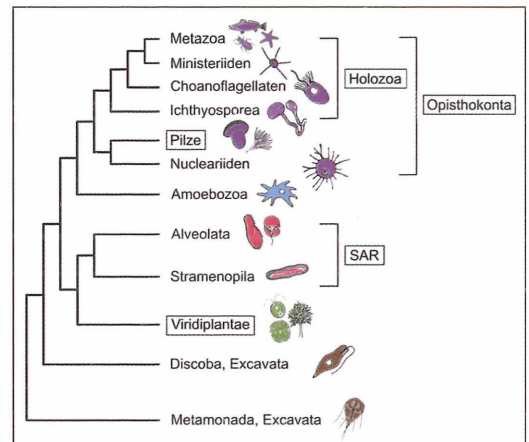
(u. a. Diatomeen), Euglenozoa (u. a. Euglenen und Trypanosomen) und Viridiplantae (Grünalgen, höhere Pflanzen) korreliert.

Das Ergebnis zeigte eine stark unterstützte Gruppierung von Tieren, Pilzen und opisthokonten Protisten. Auch alle anderen oben genannten Großgruppen zeichneten sich deutlich ab, ferner wurde auch die phylogenetische Nähe der Amoebozoa zu den Opisthokonta einerseits sowie der Alveolata zu den Stramenopila andererseits (heute vereinigt in der Supergruppe SAR) sichtbar. Im Detail bildeten die Choanoflagellaten, *Ministeria*, *Corallochytrium* und die Ichthyosporea zusammen mit den Tieren einen gemeinsamen Unterbaum, welcher heute die taxonomische Gruppe der Holozoa darstellt, *Nuclearia* hingegen gruppierte sich mit den Pilzen (Abb. 5).

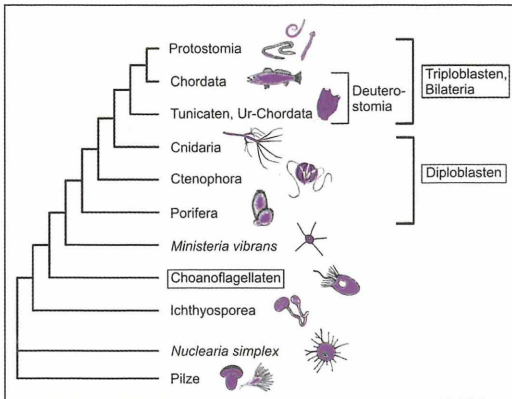
### Der Stammbaum der Holozoa

Die so herausgearbeiteten protistischen Schwestergruppen der Tiere und der Pilze wurden nun wechselseitig als so genannte Außengruppen verwendet, welche jeweils die Baumwurzeln festlegten. Dies ist methodisch günstig. Je näher eine Außengruppe dem zu untersuchenden Baum steht, desto genauer können die Verhältnisse an dessen Wurzel herausgearbeitet werden.

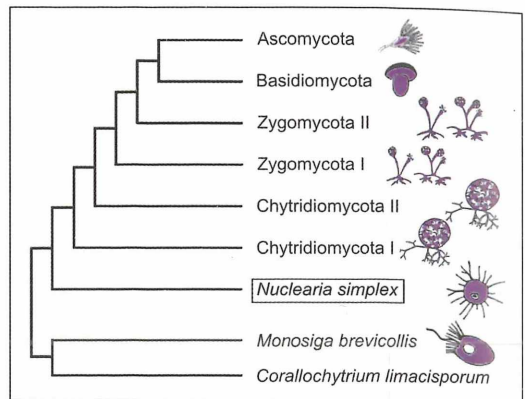
Wie erwartet, bestätigte sich die Monophylie der Tiere (Abb. 4). Choanoflagellaten, Ministe-



**Abb. 5:** Der phylogenetische Übersichtsbaum von Steenkamp et al. (2006) überspannt fast alle eukaryotische Großgruppen und zeigt die Opisthokonten monophyletisch.



**Abb. 6:** Der Stammbaum der Holozoa zeigt die Gruppe der Choanoflagellaten als Schwestergruppen der Tiere (nach Steenkamp et al., 2006).



**Abb. 7:** Der Stammbaum der Pilze mit der füslen Nacktamöbe *Nuclearia simplex* als ihrem nächsten Verwandten (nach Steenkamp et al., 2006).

riiden und der Ichthyosporea zeigten sich, wie schon in Abbildung 3, als Schwestergruppen der Tiere. Es war aber auch sichtbar, dass diese einzelligen, nahen Verwandten keine separate, monophyletische Schwestergruppe zur Klade der Tiere bildeten.

Die Nähe von *Ministeria* zu den Tieren fiel stark ins Auge. Diese Stellung erwies sich bei den angewendeten, unterschiedlichen Auswertungsmethoden jedoch als nicht stabil, sodass die Autorinnen (Baldauf und Palmer, 1999) hier vor einer Überbewertung ihres Ergebnisses warnten.

Bei den Tieren bildeten die höheren bilateral-symmetrischen, triploblastischen Protostomia und Deuterostomia eine robuste phylogenetische Einheit, die niederen Gruppen (Porifera, Ctenophora und Cnidaria) zweigten konstant vor den Bilateria ab. Bemerkenswert war das Abzweigen der Protostomia inmitten der Deuterostomia. Aber auch diese Zweigbildung variierte bei den unterschiedlichen Auswertungsmethoden, die Diagnose war somit zu relativieren und zeigte, dass hier mehr Daten von mehr sich verwandtschaftlich nahe stehenden Bilateria gebraucht würden, um klarere Aussagen generieren zu können.

### **Der Stammbaum der Pilze und die Beziehung zu *Nuclearia***

Zur Festlegung der Wurzel beim Stammbaum der Pilze wurden mit *Monosiga brevicollis* und *Corallochytrium limacisporum* zwei Protisten

in unmittelbarer Nähe der Wurzel der höheren Tiere verwendet. Alle Berechnungen der resultierenden Bäume platzierten *Nuclearia* stabil an die Wurzel eines monophyletischen Pilz-Unterbaums (Abb. 7). Die höheren Pilze (Ascomyceten, Basidiomyceten) bildeten stabile, monophyletische Unterbäume, die Zygomyceten und die Chytridiomyceten gruppieren jeweils in geschachtelten Unterbäumen, waren also paraphyletisch.

Als Gesamtergebnis stellten die Autorinnen heraus, dass die Supergruppe Opisthokonta ein wichtiges Taxon sei, da es einzellige und mehrzellige Organismen umfasst. Sie legten nahe, bei weiteren phylogenetischen Untersuchungen an der Wurzel der Tiere beziehungsweise Pilze immer auch opisthokonte Protisten mit in die Untersuchung einzureihen. Die Ergebnisse früherer Arbeiten, wonach Pflanzen und Pilze (Philip et al., 2005) oder Tiere und Pflanzen (Löytynoja und Milinkovitch, 2001) jeweils gemeinsame Gruppen bilden sollten, wurden von den vorliegenden Daten eindrucksvoll widerlegt. Dabei war bemerkenswert, dass diese früheren Arbeiten sowohl die opisthokonten Protisten als auch Repräsentanten niederer Pilze oder Tiere aus ihrer Betrachtung ausgeschlossen hatten. Die Untersuchung zeigte aber auch einleuchtend, dass die alte Idee, dass die Choanoflagellaten gemeinsamer Ursprung von Tieren und Pilzen gewesen sein könnten (Cavalier-Smith, 1987), nicht mehr haltbar war.



## Präzisierungen an der Wurzel der Metazoa und Fungi

Inzwischen ist die Gattung *Ministeria* in die kleine Amöboflagellatengruppe Filasterea eingegangen. Die Choanoflagellaten erscheinen nun in vielen Analysen als echte Schwestergruppe der Tiere, Filasterea und Ichthyosporea siedeln sich basal in den Holozoa an (Abb. 8).

## Sind die Choanoflagellaten nun unsere Vorfahren?

Schwämme bilden Kammersysteme, durch welche sie Wasser pumpen. In den Kragengeißelkammern gibt es speziell aufgebaute Zellen, die Choanocyten, die einen Kragen aus Mikrovilli besitzen, in welchem zentral eine Geißel schlägt. Die koordinierten Schläge dieser Geißeln bewirken eine gerichtete Strömung des Wassers, im Schwammkörper werden Schwebeteilchen wie Bakterien und andere kleine eukaryotische Plankter sowie organische, kolloidale Makromoleküle ausgefiltert (Westheide und Rieger, 2013).

Choanoflagellaten sind den Choanocyten der Schwämme sowohl im Lichtmikroskop als auch ultrastrukturell sehr ähnlich. Sahen nun die gemeinsamen Vorfahren von Tieren und Choanoflagellaten wie diese aus? Carr et al. (2008) haben vier Gene von 16 ganz unterschiedlich aufgebauten Choanoflagellaten untersucht und die gewonnenen molekularbiologischen Merkmale gemeinsam mit ultrastrukturellen Merkmalen wie den Materialien und Bauplänen der unterschiedlich gestalteten Umhüllungen oder Gehäusen, den Zellteilungs-Charakteristiken sowie ökologischen Daten verarbeitet und bewertet. Sie kamen zum Schluss, dass die gemeinsamen Vorfahren sich

wohl deutlich von den heutigen Choanocyten und Choanoflagellaten unterschieden haben sollten.

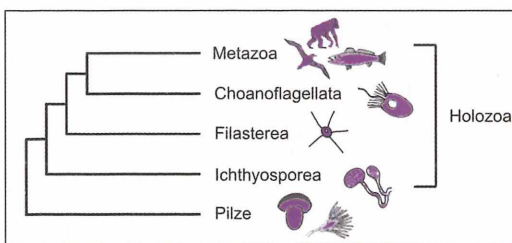
Tiere und Choanoflagellaten zeigten sich als gegenseitig jeweils klar abgegrenzte, monophyletische Schwestergruppen. Es gab nirgends Anzeichen, dass die Bäume ineinander verwoben, also paraphyletisch seien, was den Hinweis hätte geben können, dass Choanoflagellaten aus Metazoa oder umgekehrt hätten entstanden sein können. Es ließ sich ableiten, dass der gemeinsame Vorfahre ein sessiler, mariner Einzeller gewesen war. Die Tiere entwickelten sich daraus als mehrzellige, Gewebe bildende Organismen, während die Choanoflagellaten grundsätzlich bei der einzelligen Organisation verblieben, obwohl sie vielfach koloniebildende Lebensformen entwickelt haben. Auch ohne echte Vielzelligkeit waren und sind die Choanoflagellaten sehr erfolgreich. Sie bewohnen eine ganze Reihe unterschiedlicher Habitats im Meer und im Süßwasser als Plankter sowie im Aufwuchs, unter anderem auch in bakteriellen Biofilmen.

## Die Situation bei den Pilzen

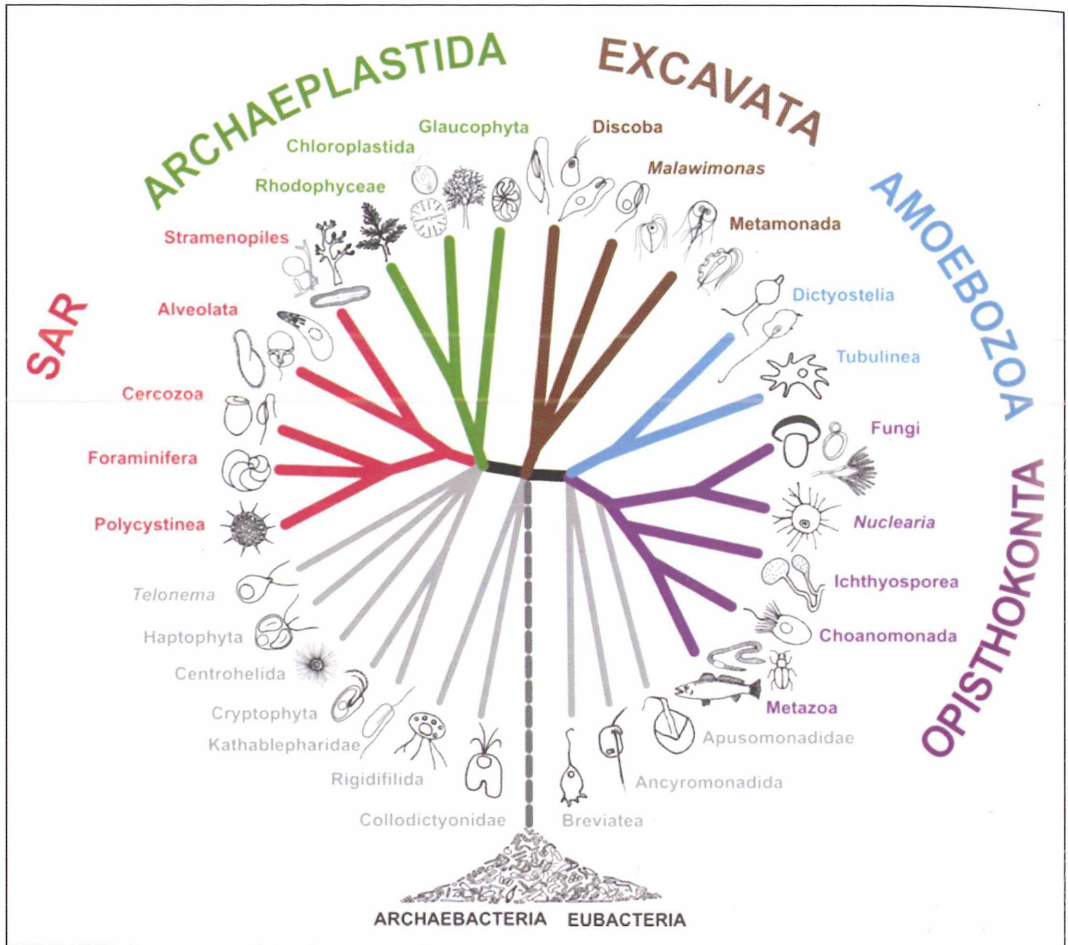
Bei den Fungi bestätigte sich, dass die Zygomycota und Chytridiomycota alter Prägung paraphyletisch waren. Aus den Chytridiomycota wurden die Blastocladales ausgegliedert, die Zygomycota zerfielen in eine Reihe von Gruppen, deren Stellungen im taxonomischen Baum derzeit kontrovers diskutiert werden. Früher waren unter dem Dach der Zygomycota zum Beispiel die Glomeromycota, die Mykorrhiza hervorrufoende Gruppe der Wurzelsymbionten der höheren Pflanzen, mit den Mucoromycotina vereint, welche saprophytisch lebende Schimmelpilze beinhaltet. Genaueres findet man in Kwon-Chung (2012) und Adl et al. (2012). In letzterer Publikation ist eine übersichtliche Grafik (Abb. 9) zu den phylogenetischen Zusammenhängen zwischen den heute gültigen Großgruppen der Lebewesen mit Zellkernen abgebildet.

## Die aktuelle Einteilung aller eukaryotischen Gruppen

Eine weltumspannende Arbeitsgruppe um Sina M. Adl (Saskatoon, Canada) hatte bereits 2005 eine Revision der Eukaryoten-Klassifikation für die Internationale Protistologische Gesellschaft



**Abb. 8:** Der aktuelle phylogenetische Baum der Holozoa. Pilze bilden die Außengruppe (nach Torruella et al., 2012).



**Abb. 9:** Übersicht über die phylogenetischen Zusammenhänge zwischen den heute gültigen Großgruppen der Lebewesen mit Zellkernen (Eukaryoten) (aus Adl et al., 2012).

herausgegeben. So wie 2005 war es auch 2012 das erklärte Ziel der Wissenschaftler, eine, wie sie sich ausdrückten, konservative Balance zwischen dem Einbeziehen von neuen, hauptsächlich molekularbiologischen Daten und vielfach geprüften und anerkannten bestehenden Gruppierungen zu finden. Die Klasseneinteilung sollte nur da aktualisiert werden, wo fundierte, mehrfach verifizierte Daten vorlagen.

Insgesamt ist festzustellen, dass der überwiegende Teil der Supergruppen, welche bereits 2005 Eingang in die Systematik gefunden hatten, erhalten blieb. Eine wichtige Ausnahme bildeten die Chromalveolata. Wie bereits eingangs erwähnt, sind sie mit großer Wahrscheinlichkeit eine entwicklungsgeschichtlich

unzusammenhängende Gruppe, das heißt polyphyletisch. An ihrer Stelle steht nun SAR, welche einen Großteil der früheren Chromalveolata mit den Rhizaria verbindet.

In der Grafik weisen die Einfärbungen der Äste auf Großgruppenzugehörigkeit hin. Im unteren Teil des Kreises sind viele Äste grau. Dies soll widerspiegeln, dass deren Ursprung im phylogenetischen Baum zwar grob bekannt ist, die Daten aktuell aber noch nicht für eine sichere Zuordnung reichen. Die zwei schwarzen Striche zwischen den drei Großgruppen-Clustern sollen symbolisieren, dass der Baum wurzellos ist, das heißt, es gibt noch zu wenig sichere Daten über die entwicklungsgeschichtliche Reihenfolge der Entstehung erster Vertreter der Großgruppen.



## Ausblick

Das Leben auf der Erde hat an unterschiedlichen Stellen im Stammbaum der Eukaryoten unabhängig voneinander die Vielzelligkeit erfunden. Aus den Opisthokonten entsprangen die artenreichen Gruppen der Tiere und Pilze, aus den Amöbozoen die Schleimpilze, aus den Archaeplastida die höheren Pflanzen, die Rotalgen sowie einzelne Grünalgenlinien mit arbeitsteiliger Vielzelligkeit. Auch die Braunalgen aus den Stramenopilaten entwickelten komplexe, zum Teil meterlange Thalli (giant sea kelps wie *Laminaria*). Im marinen Flachwasser bilden sie dichte Wälder mit artenreichen Lebensgemeinschaften. Nicht vergessen werden sollten die Gelbgrünalgen (Xanthophyceen) und die Zellulosepilze (Oomyceten), ebenfalls Gruppen aus den Stramenopilaten.

Das heutige Verständnis der Biologie der Lebewesen mit Zellkernen entspringt hauptsächlich Untersuchungen über Tiere, Pilze und Gefäßpflanzen. Es sind jedoch die einzellig organisierten Lebewesen, welche die meiste Diversität zeigen! Viele dieser Linien sind bisher wenig untersucht, doch gerade sie könnten uns viel über die Entwicklungskräfte und -strömungen veranschaulichen, welche die Diversität der Eukaryoten hervorgebracht haben. Diese Vielgestaltigkeit bringt es unter anderem mit sich, dass es für jede biowissenschaftliche Regel einige Arten im Reich der Protisten gibt, die diese Regel brechen oder zumindest stark beugen. Wissen über diese Aspekte könnte uns lehren, wie die Natur arbeitet (Baldauf, 2008).

Es dürfte also noch einige Zeit dauern, bis die Biowissenschaften stabile phylogenetische Bäume aller Organismengruppen mit Zellkernen werden zeichnen können. Vieles ist bei den Einzellern noch nicht verstanden, außerdem beginnt man erst gerade, die arten- und individuenreichen Gruppen der Nano- und Pico-Eukaryoten in den Meeren zu entdecken. Sie besitzen Bakteriengröße, einige haben Durchmesser von einem Mikrometer und kleiner (Massana et al., 2006), und sie stellen einen wichtigen Faktor im Ernährungsnetzwerk der Weltmeere dar.

## Literaturhinweise

- Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Farmer, M. A., Andersen, R. A., Anderson, O. R., Barta, J. R., Bowser, S. S., Brugerolle, G., Fensome, R. A., Fredericq, S., James, T. Y., Karpov, S., Kugrens, P., Krug, J., Lane, C. E., Lewis, L. A., Lodge, J., Lynn, D. H., Mann, D. G., Mccourt, R. M., Mendoza, L., Moestrup, O., Mozley-Standridge, S. E., Nerad, T. A., Shearer, C. A., Smirnov, A. V., Spiegel, F. W., Taylor, M. F. J. R.: The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J. Eukaryot. Microbiol.* 52, 399–451 (2005).
- Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Lane, C. E., Lukeš, J., Bass, D., Bowser, S. S., Brown, M. W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D. H., McManus, H., Mitchell, E. A. D., Mozley-Stanridge, S. E., Parfray, L. W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C. L., Smirnov, A., Spiegel, F. W.: The revised classification of eukaryotes. *J. Eukaryot. Microbiol.* 59, 429–493 (2012).
- Baldauf, S. L.: An overview of the phylogeny and diversity of eukaryotes. *J. Syst. Evol.* 46, 263–273 (2008).
- Baldauf, S. L., Palmer, J. D.: Animals and fungi are each other's closest relatives: Congruent evidence from multiple proteins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 90, 11558–11562 (1993).
- Bertighofer, W.: Die Schwestergroupe der Landpflanzen. *Mikrokosmos* 102, 97–104 (2013).
- Bütschli, O.: Vorlesungen über vergleichende Anatomie. Bd. 1, Lfg. 1. Springer, Berlin 1910.
- Carr, M., Leadbeater, B. S., Hassan, R., Nelson, M., Baldauf, S. L.: Molecular phylogeny of choanoflagellates, the sister group to Metazoa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 16641–16646 (2008).
- Cavalier-Smith, T.: Eukaryotic kingdoms: seven or nine? *BioSystems* 14, 461–481 (1981).
- Cavalier-Smith, T.: The origin of fungi and pseudofungi. In: Rayner, A. D. M., Brasier, C. M., Moore, D. (eds.): *Evolutionary biology of fungi*, pp. 339–353. Cambridge University Press, Cambridge, UK 1987.
- Cavalier-Smith, T.: Principles of protein and lipid targeting in secondary symbiogenesis: euglenoid, dinoflagellate, and sporozoan plastid origins and the eukaryote family tree. *J. Eukaryot. Microbiol.* 46, 347–366 (1999).
- Christen, R., Ratto, A., Baroin, A., Perasso, R., Grell, K. G., Adoutte, A.: An analysis of the origin of metazoans, using comparisons of partial sequences of the 28S RNA, reveals an early emergence of triploblasts. *EMBO J.* 10, 499–503 (1991).
- Falkowski, P. G., Knoll, A. H. (eds.): *Evolution of primary producers in the sea*. Elsevier, Amsterdam 2007.
- Field, K. G., Olsen, G. J., Lane, D. J., Giovannoni, S. J., Ghiselin, M. T., Raff, E. C., Pace, N. R., Raff, R. A.: Molecular phylogeny of the animal kingdom. *Science* 239, 748–752 (1988).
- Haeckel, E.: *Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen*, 2 Bände. Verlag von Georg Reimer, Berlin 1866.
- Hadzi, J.: *The evolution of Metazoa*. Pergamon Press, New York 1963.
- Jahn, I. (Hrsg.): *Geschichte der Biologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2000.
- Kwon-Chung, K. J.: Taxonomy of fungi causing mucormycosis and entomophthoromycosis (zygomycosis) and nomenclature of the disease: Molecular

- mycologic perspectives. Clin. Infect. Diseases 54, S8–S15 (2012).
- Löytynoja, A., Milinkovitch M. C.: Molecular phylogenetic analysis of the mitochondrial ADP-ATP carriers: the Plantae/Fungi/Metazoa trichotomy revisited. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98, 10202–10207 (2001).
- Massana, R., Terrado, R., Forn, I., Lovejoy, C., Pedrós-Alió, C.: Distribution and abundance of uncultured heterotrophic flagellates in the world oceans. Environ. Microbiol. 8, 1515–1522 (2006).
- Margulis, L., Chapman, M. J.: Kingdoms and domains, 4th edition. Elsevier, Amsterdam 2010.
- Philip, G. K., Creevey, C. J., McInerney, J. O.: The Opisthokonta and the Ecdysozoa may not be clades: stronger support for the grouping of plant and animal than for animal and fungi and stronger support for the Coelomata than Ecdysozoa. Mol. Biol. Evol. 22, 1175–1184 (2005).
- Steenkamp, E. T., Wright, J., Baldauf, S. L.: The protistan origins of animals and fungi. Mol. Biol. Evol. 23, 93–106 (2006).
- Tong, S. M.: Heterotrophic flagellates and other protists from Southampton Water, U.K. Ophelia 47, 71–131 (1997).
- Torruella, G., Derelle, R., Paps, J., Lang, B. F., Roger, A. J., Shalchian-Tabrizi, S., Ruiz-Trillo, I.: Phylogenetic relationships within the Opisthokonta based on phylogenomic analyses of conserved single-copy protein domains. Mol. Biol. Evol. 29, 531–544 (2012).
- von Denffer, D., Schumacher, W., Mägdefrau, K., Ehrendorfer, F.: Strasburger. Lehrbuch der Botanik, 30. Auflage Verlag Gustav Fischer, Stuttgart 1971.
- Whittaker, R. H.: On the broad classification of organisms. Quart. Rev. Biol. 34, 210–226 (1959).
- Westheide, W., Rieger, R. (Hrsg.): Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose, 3. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 2013.

**Verfasser:** Wolfgang Bettighofer,  
 Berliner Mikroskopische Gesellschaft,  
 Rutkamp 64, 24111 Kiel,  
 E-Mail: wolfgang.bettighofer@gmx.de,  
 Internet: www.protisten.de

## Buchbesprechung

**Kremer, B. P.:**  
**Blütengeheimnisse –**  
**Wie Blumen werben, locken**  
**und verführen.**  
 Haupt, Bern 2013, 247 Seiten,  
 Hardcover, € 39,90,  
 ISBN 978-3-528-07782-6.



Mit Blüten ein ganzes Buch zu füllen – nun, da denkt man sofort an einen umfangreichen Bildband. Ein Bildband liegt hier auch tatsächlich vor. Das Buch erschöpft sich allerdings nicht in einer Aneinanderreihung farbiger Bilder, nein, die Gestaltung geht weit darüber hinaus!

Man staunt, unter wie vielen Blickwinkeln das Phänomen der Blütenbildung betrachtet werden kann, sei es nun aus der Entwicklungs-, der Konstruktions-, der Funktions- oder aber der Diversitätsperspektive. Und auch die emotionale Seite unserer Bezie-

hung zu Blüten wird nicht ermüdend umfangreich, sondern durch Fokussieren auf einige Aspekte aufs Interessanteste beleuchtet. Die Fotos ermöglichen dem Betrachter einen Blick aus nächster Nähe und stellen so Details dar, auf die wir im Allgemeinen viel zu wenig achten. Ebenso wird in den begleitenden, spannend geschrie-

benen Texten viel Überraschendes berichtet. Und die wissenschaftlichen Zusammenhänge werden immer wieder durch ansprechende, gut zugängliche Grafiken dargestellt und erläutert.

Wer tiefer in die Blütenbiologie einsteigen möchte, kann über einen Link 20 verschiedene Versuchsanleitungen abrufen, welche die gesamte Bandbreite von ziemlich einfach bis recht anspruchsvoll umfassen. Einige davon eignen sich durchaus für die Durchführung im häuslichen Bereich. Ein Blick auf diese Website lohnt sich auf jeden Fall.

Der Titel des Buches ist sehr treffend gewählt – so vieles an den uns umgebenden Blüten erscheint uns, wenn wir beginnen hinzuschauen, geheimnisvoll, und auch nach dem Lesen und dem Verstehen von Hintergründen bleibt dieses faszinierende Gefühl.

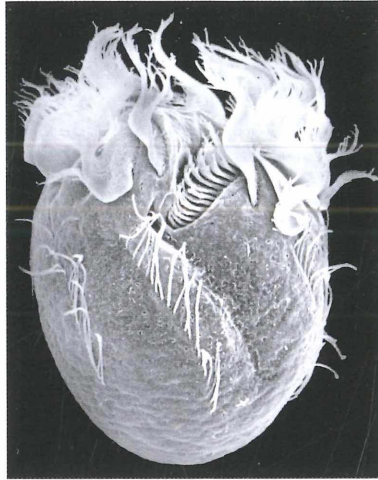
Erika Hausmann, Berlin

## Kurze Mitteilung

### Weltweit einzigartige Schutzzone für Einzeller in Salzburg

Ein Tümpel in Salzburg wurde unter besonderen Naturschutz gestellt – aufgrund einer ungewöhnlichen Vielfalt an Wimpertierchen. Wie die Ergebnisse eines Projekts des Wissenschaftsfonds FWF jetzt zeigen, kommen in dem Kleingewässer mit einer Fläche von gerade mal  $30 \times 15$  m weit über hundert verschiedene Wimpertier-Arten vor, von denen 10 sogar bisher unbekannt waren (Cotterill et al., 2013). Prof. Dr. Wilhelm Foissner, langjähriger MIKRO-KOSMOS-Autor, und sein Team beobachten und analysieren das Gewässer schon seit 30 Jahren und stellten dabei den außergewöhnlich hohen Artenreichtum fest. Wahrscheinlich ist dieser auf die abwechselnden Feucht- und Trockenphasen des Gewässers zurückzuführen. Der Wechsel bietet jeweils anderen Ciliaten-Arten zeitlich begrenzt optimale Lebensbedingungen. Allerdings war das Überleben der Wimpertierchen im Jahr 2010 genauso gefährdet wie das ihrer Wohnstätte: Im Zuge eines Kunstprojekts wurde der zeitweise trocken liegende „Tümpel beim Krautwächterhaus“ mit Erde aufgefüllt. Nur dem raschen Engagement von Prof. Foissner und seinen KollegInnen ist es zu verdanken, dass der Besitzer die Erde rechtzeitig entfernte und die Stadt Salzburg das Gewässer und seine Umgebung zum Naturdenkmal erklärte. Bislang ist kein anderer Ort bekannt, der „nur“ aufgrund seiner einzelligen Biodiversität unter Schutz gestellt wurde.

Für Prof. W. Foissner ist der bisher mangelnde Schutz für Protisten ein Problem, das nicht allein auf die Unscheinbarkeit der betroffenen Arten zurückzuführen ist: *Protisten – also Lebensformen, die nicht Pilz, Tier oder Pflanze*



Auch die Wimpertierchenart *Meseres corlissi* wurde erstmals im Salzburger Tümpel entdeckt. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

sind – gelten gemeinhin als Kosmopoliten. Schutzwürdig aber gelten Arten, die nur (noch) regional begrenzt vorkommen. Tatsächlich wissen wir aber heute, dass auch ein gutes Drittel der Protisten eine eingeschränkte Verbreitung hat. Ein solches endemisches Vorkommen vermutet Prof. W. Foissner auch bei fünf der neuen Arten, für die trotz umfangreicher Recherche bisher keine anderen Fundstellen entdeckt werden konnten. Damit wird eines der traditionellen Argumente für einen besonderen Schutzstatus geliefert. Ein weiteres – und neues – Argument stellt die so genannte Typuslokalität dar. Diese bezeichnet den Standort, an dem eine erstmals be-

schriebene Art gefunden wurde. Für die Beschreibung multizellulärer Organismen ist die Typuslokalität für gewöhnlich von geringerer taxonomischer Bedeutung. Exemplare des erstbeschriebenen Organismus werden auf vielfältige Art und Weise konserviert und in Sammlungen als Referenz aufbewahrt. Für Kleinstlebewesen wie Wimpertierchen ist dies nur teilweise möglich. Der Erhalt der Typuslokalität erlaubt es dann, sie auch zukünftig als Quelle für Referenzmaterial zu nutzen. Mit diesen Argumenten gelang es Prof. W. Foissner und seinem Team den „hot spot der Ciliaten-Biodiversität“ zu schützen und neue Ansätze im Naturschutz in die Praxis umzusetzen.

#### Literaturhinweis

Cotterill, F. P. D., Augustin, H., Medicus R., Foissner, W.: Conservation of protists: the Krauthügel Pond in Austria. *Diversity* 5, 374–392 (2013).



# Hautkrebs – Die unterschätzte Gefahr

Oskar R. Weber

**Das städtische Krankenhaus in San José, Costa Rica, Abteilung Pathologie und Dermatologie hat mir freundlicherweise erneut mikroskopische Präparate zur Verfügung gestellt, dieses Mal aus dem Bereich Hautkrebs. Ich werde nun die beiden wichtigsten Hautkrebsarten – weißen und schwarzen Hautkrebs – dokumentieren.**

**A**ls erstes möchte ich den generellen Aufbau der Haut, also des Organs, das mit einem Hautkrebs konfrontiert werden kann, näher beschreiben (Abb. 1; Lippert et al., 2010). Die Oberhaut wird von einem mehrschichtigen, verhornten Plattenepithel gebildet. Die Hornschicht ist dünn an wenig beanspruchten Stellen wie beispielsweise am Augenlid. Aber sie ist dick an Körperstellen, die ständig mit Gegenständen der uns umgebenden Umwelt in Berührung kommt, wie an der Innenfläche der Hände oder an den Fußsohlen. Die verhornende Schicht ist im mittleren Bereich der Oberhaut zu finden. Hier werden ständig Zellen in Horn umgewandelt. In der Keimschicht teilen sich lebhaft die Zellen, um laufend neue Zellen an die verhornende Schicht abgeben zu können. Die Lederhaut besteht vorwiegend aus zugfestem und elastischem Bindegewebe (durchzogen von feinen Blutgefäßen und Nerven). Die Lederhaut ist über Papillen mit der Oberhaut verzahnt, um die Ernährung der blutgefäßfreien Oberhaut sicherzustellen. Die Haut eines erwachsenen Menschen weist eine Fläche von 1,5–2 m<sup>2</sup> auf. Das Gewicht beträgt 3,5–10 kg. Somit ist sie das größte Organ des menschlichen Körpers.

## Aufgaben der Haut

Wir können hier sieben Merkmale feststellen: Mechanischer Schutz, Wärmeschutz, Flüssigkeitsschutz, Bakterienchutz, Strahlenschutz, Energiespeicher und Hautsinnesorgane. Die Verteilung der Haut eines erwachsenen Menschen auf die einzelnen Körperteile sieht wie folgt aus: 9 % betreffen die Kopfregeion, 18 % die Brustregion, 18 % die Bauchregion, 2 × 9 % die Arme und 4 × 9 % die Füße, was zusammen

99 % ergibt. Das letzte 1 % entfällt auf die Geschlechtsorgane. Der pH-Wert der Hautoberfläche liegt im sauren Bereich (pH zwischen 3 und 5).



**Abb. 1:** Mikroskopisches Bild der Haut der Fingerbeere. Die Haut im weiteren Sinne besteht aus Oberhaut (1), Lederhaut (2) und Unterhaut (3). 4 Blutgefäß, 5 Lamellenkörperchen (Vater-Pacini-Körperchen, für Tastsinn), 6 Ausführungsgang einer Schweißdrüse, 7 Papillen der Lederhaut (aus Lippert et al., 2010).

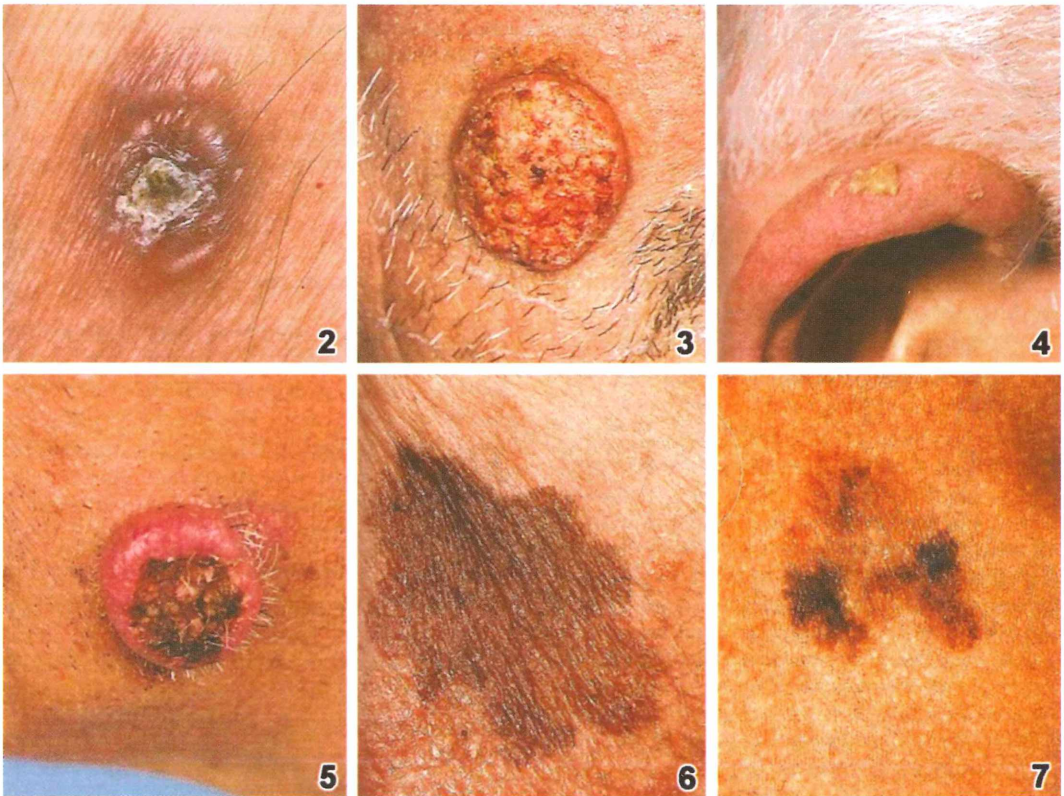
## Bösartige Erkrankungen der Haut

Was versteht man unter Hautkrebs? Hautkrebs ist eine bösartige Wucherung der Hautzellen. Hauptursache soll laut überwiegender Meinung der Wissenschaft und der Hautärzte das UV-Licht der Sonne sein. Die Sonnenstrahlen setzen sich zusammen aus 52 % sichtbarem Licht, 44 % Infrarotstrahlen und 4 % UV-Strahlung (UV-A, UV-B, UV-C).

Insbesondere starke Sonnenbrände in der Kindheit sollen das Hautkrebsrisiko erhöhen. Unter Sonnenbrand versteht man die Verbrennung

der obersten Hautschicht durch UV-B. Die von Vielen erwünschte Bräunung ist der Versuch der Haut, sich durch Einlagerung des Pigments Melanin vor der UV-Strahlung zu schützen. Zuviel UV-Strahlung kann die Erbsubstanz der Hautzellen schädigen. Nach Ansicht der Berliner Charité haben heute Geborene ein fast 100%iges Risiko, an Hautkrebs zu erkranken, wenn sie nicht vorbeugen.

Die Hautkrebshäufigkeit in Mitteleuropa liegt bei 1 %, Tendenz allerdings steigend. Bei einer jährlichen Zunahme von circa 7 % ist dies die Krebsform mit dem höchsten Anstieg. Jährlich



**Abb. 2–5:** Makroskopische Erscheinungsformen verschiedener Hautkrebstypen (aus Wilkinson et al., 2006). – **Abb. 2:** Basalzellkarzinom mit charakteristischem Perlschnurrand. Die Läsion beginnt typischerweise als erhabene, perlfarbene oder durchsichtige Papel mit Teleangieektasien, zentraler Ulzeration und typischem perlschnurartigen Rand. – **Abb. 3:** Plattenepithelzellkarzinom im Gesicht. Die Läsionen beginnen als Knoten mit fester, indurierter Basis und können bei Wachstum ulzerieren. – **Abb. 4:** Solare Keratosen (aktinische Keratose). Häufiger bei hellhäutigen Individuen, insbesondere, wenn diese in sonnigen Regionen leben. – **Abb. 5:** Typisches Keratoakanthom. Tritt im mittleren und hohen Alter auf, typischerweise an sonnenexponierten Arealen im Gesicht oder an den Handrücken. Eine fleischfarbene Papel wächst schnell über 8–10 Wochen mit einem zentralen Keratin-gefüllten Krater. Spontane Involution hinterlässt eine eingezogene Narbe. – **Abb. 6:** Superfiziell spreitendes Melanom. – **Abb. 7:** Lentigo maligna. Tritt bei Erwachsenen mittleren und höheren Alters auf und präsentiert sich als flache, braune Makula mit unregelmäßigem, scharf begrenztem Rand, die sich langsam vergrößert und inhomogen pigmentiert ist.

erkranken in Deutschland rund 170.000 Menschen an weißem Hautkrebs; an schwarzem Hautkrebs sind es rund 24.000. Weltweit gibt es rund 2–3 Millionen neue Fälle pro Jahr. Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat Australien die höchste Zuwachsrate.

Es sollen hier drei bösartige Hauterkrankungen besprochen werden und zwar das Basalzellkarzinom (Basaliom), das Plattenepithelzellkarzinom und das maligne Melanom. Basalzellkarzinome und Plattenepithelzellkarzinome bezeichnet man als hellen oder weißen Hautkrebs, während man mit dem schwarzen Hautkrebs das maligne Melanom meint.

### **Basalzellkarzinom**

Das Basalzellkarzinom ist ein semimaligner (halb-bösartiger) Tumor der Haut, der sich ausgehend von den basalen Schichten der Epidermis und der Haarfollikel entwickelt. Es findet ein langsames, infiltrierendes Wachstum ohne Metastasierung statt, meist an chronisch lichtexponierten Stellen. Risikofaktor ist eine starke, langjährige Belastung der Haut mit UV-Strahlen. Menschen mit heller Haut, blonden oder roten Haaren sind besonders gefährdet.

Die Formen des Basalzellkarzinoms sind vielschichtig.

- Knotiges, solides Basalzellkarzinom (Abb. 2). Durchscheinende, wachsgelbe bis grau-rötliche, halbkugelige Tumoren, überzogen von Teleangiektasien (makroskopisch sichtbaren Erweiterungen oberflächlich gelegener kleinster Blutgefäße der Haut) und umgeben von perlschnurartig aufgereihten kleinen Knoten, eventuell zentrale Ulzerationen (Wunden, die aufgrund von Durchblutungsstörungen in den Venen entstehen). Häufigster kutaner Tumor. Tritt im mittleren bis hohen Alter auf. Typischerweise im Kopf- und Halsbereich auftretend.
- Oberflächliches Basalzellkarzinom: Erythematöse, mit Schuppchen bedeckte Oberfläche, von feinknotigen Saum begrenzt. Auftreten bevorzugt am Rumpf.
- Pigmentiertes Basalzellkarzinom: Stark pigmentiertes, knotiges oder oberflächliches Basalzellkarzinom.
- Sklerosierend wachsendes Basalzellkarzinom: Narbenähnliche Herde mit kleinen Knoten im Randbereich, die häufig rezidivieren.

- Exulzierierend wachsendes Basalzellkarzinom: Oberflächlich sich geschwürig verändernde Ausbreitung ohne Infiltration tieferer Strukturen.

- Destruierend wachsendes Basalzellkarzinom: In die Tiefe einbrechend, Zerstörung von Knorpel und Knochen.

Man findet ein gehäuftes Auftreten des Basalzellkarzinoms im mittleren und hohen Alter. Insbesondere werden Handrücken, Stirn, Kopfhaut, Schläfen, Nase, Wangen und Ohren betroffen und zeigen eine raue, festschaffende Hyperkeratose auf erythematösen Grund.

Vorstufen des Spinalioms (aktinische Keratosen, „Sonnenwarzen“) stellen grundsätzlich ein größeres Risiko dar, an diesem Krebs zu erkranken. Auch die medikamentöse Unterdrückung des Immunsystems, oder soweit das Immunsystem krankheitsbedingt nicht mehr richtig arbeitet, stellen grundsätzlich ein höheres Risiko dar.

### **Plattenepithelkarzinom**

Synonyme Begriffe sind Spinaliom, spinözelluläres Karzinom, Stachelzellenkrebs und maligner Tumor der Plattenepithelien. Sie treten typischerweise auf den Handrücken und im Gesicht auf, insbesondere an der Unterlippe und am Ohr (Abb. 3). Auch hier gibt es verschiedene Ausprägungen.

- Verhornendes Plattenepithelkarzinom. Es kann verschiedenste Auslöser haben:
  - UV-bedingt; Beginn als Keratosis, später invasives Wachstum, Lokalisation in chronisch lichtexponierter Haut (Abb. 4 und 5);
  - ionisierende Strahlung (Strahlenkrebs);
  - chemisch induziert, z.B. Arsen; oft an Handtellern und Fußsohlen;
  - bedingt durch humane Papillomviren: Bowen-Krankheit, Erythroplasie, verruköses Karzinom;
  - chronische Entzündung, z. B. bei chronischer Hauttuberkulose.
- Nicht verhornendes Plattenepithelkarzinom, kommt häufiger vor, z.B. an Schleimhäuten von Harnröhre und Genitalen.
- Karzinome der hautnahen Schleimhäute, schnell und aggressiv wachsend.



## Maliges Melanom

Pigmentierter oder nichtpigmentierter, maligner, von den pigmentbildenden Zellen (Melanozyten) der Haut (seltener der Schleimhaut) ausgehender Tumor mit Verbreitung über die Lymphflüssigkeit oder das Blut (lymphogene bzw. hämatogene Metastasierung). Entstehung spontan auf vorher unauffälliger Haut oder auf dem Boden eines vorbestehenden Muttermals (Leberfleck). Man kennt unterschiedliche Erscheinungsformen. Manche Melanome wachsen langsam in die Fläche, während andere sich sehr schnell in die Tiefe ausbreiten. Melanome können in allen Bereichen der Haut auftreten (behaarte Kopfhaut, Schleimhaut, Haut unter Fuß- und Fingernägeln, etc.). Risikofaktoren sind eine große Anzahl von Muttermalen, dann ein heller Hauttyp und die erbliche Veranlagung. Hinzu kommt eine erhöhte Belastung mit ultravioletten Strahlen durch die Sonne oder Solarien. Problematisch sind Sonnenbelastungen mit nachfolgenden Sonnenbränden in der Kindheit.

Klassifikation der malignen Melanome:

- Oberflächlich spreitendes Melanom (Abb. 6). Tumorprogression zunächst oberflächlich, horizontal, nach 2–4 Jahren vertikal-invasives Wachstum.
- Noduläres (knotiges) Melanom. Wachstumsrichtung von vornherein vertikal. Metastasiert frühzeitig lymphogen und hämatogen, insbesondere bei 40–70 jährigen.
- Lentigo-maligna-Melanom (Abb. 7). Zunächst radiales Wachstum, vertikales invasives Wachstum erst nach bis zu 15 Jahren.
- Akral-lentiginöses Melanom. Besonders an den Akren (äußersten Enden des Organismus), am proximalen Nagelwall.

Weitaus am häufigsten tritt das oberflächlich spreitende Melanom auf (57,4 %). Das noduläre Melanom findet man bei 21,4 %, das lentigo-maligna-Melanom bei 8,8 % und das akral-lentiginöse Melanom bei 4 % der Betroffenen. Der Rest sind Sonderformen.

Ein neu aufgetretenes, pigmentiertes Muttermal oder eines, das sich während des Erwachsenenalters verändert, sollte bis zum Beweis des Gegenteils als verdächtig auf ein malignes Melanom angesehen werden. Es kann sich rasch zu einer der häufigsten Formen von Tumoren bei Erwachsenen zwischen 20 und 50 Jahren

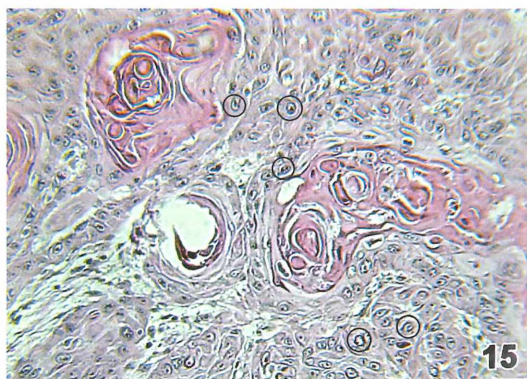
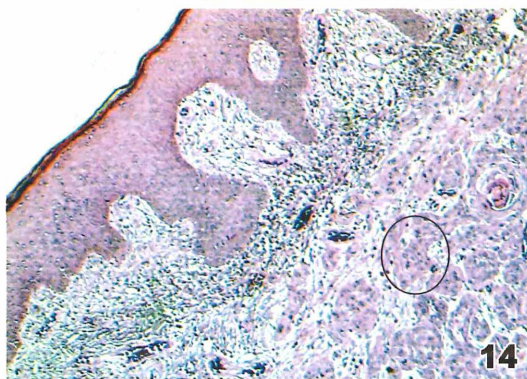
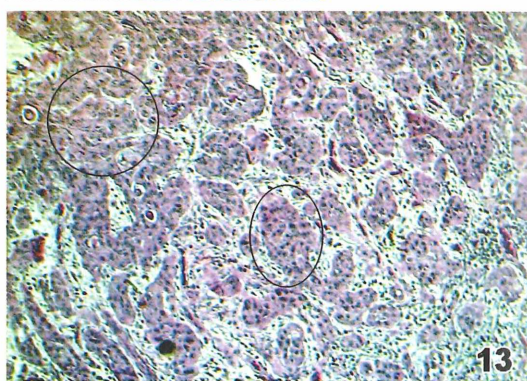
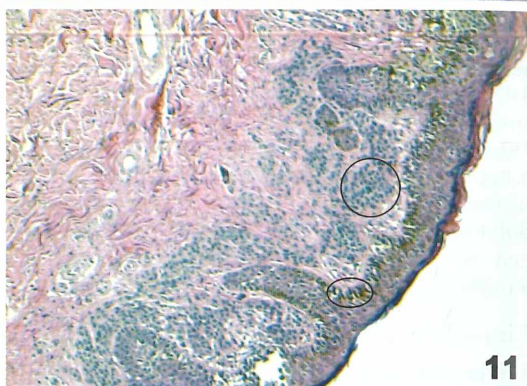
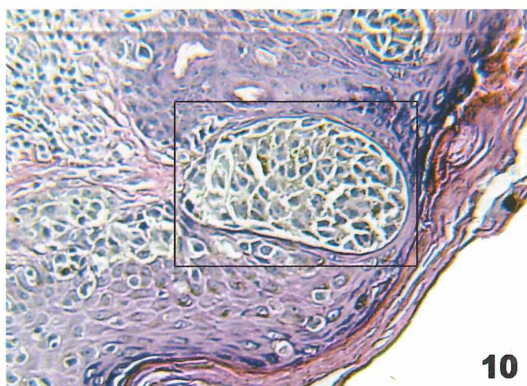
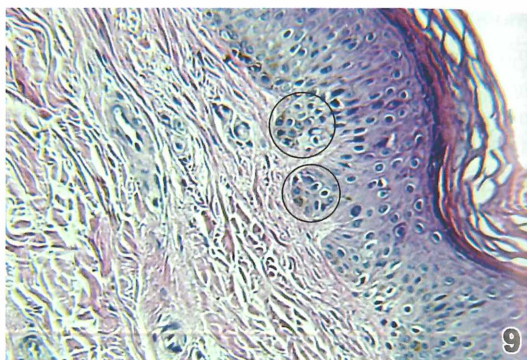
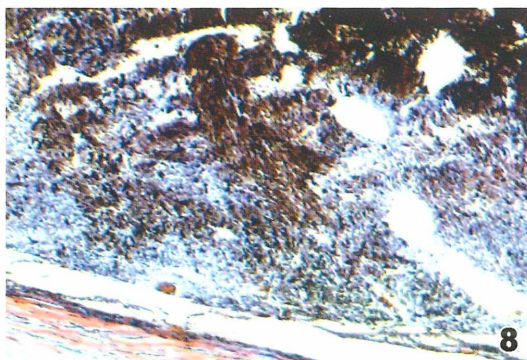
entwickeln. Die Prognose verschlechtert sich schnell, und eine frühe Behandlung ist zwingend notwendig. Superfiziell spreitende Melanome beginnen als flache, irreguläre, braune oder schwarze Flecken. In diesem Zusammenhang soll noch gesagt werden, dass Melanome seltener sind und nur 10 % aller Hautkrebsfälle darstellen, die dann aber zu 85 % tödlich enden.

## Hautkrebs im histologischen Präparat

Ich hatte Gelegenheit, im Städtischen Krankenhaus von San José Zugang zu verschiedenen Hautkrebspräparaten zu erhalten. In den Abbildungen 8–14 wird die Zellstruktur verschiedener Karzinomtypen anhand von histologischen Schnitten dargestellt.

## Gegenteilige Meinungen zu den Ursachen einer Hautkrebserkrankung

Überwiegend gehen die Wissenschaftler und auch die Hautärzte davon aus, dass der unsachgemäße Umgang mit Sonne und den Solarien für die Zunahme des Hautkrebses in erster Linie verantwortlich sei. Es gibt aber auch Gegenstimmen, die ich dem interessierten Leser nicht vorenthalten will. Ich verweise dazu auf einen Artikel von Thomas Klein (2007) in der Zeitschrift *Aegis Impuls*. Hier wird dargelegt: *Die Behauptung ist unhaltbar, UV-Strahlung verursache Hautkrebs und die Sonne sei zu meiden!* In diesem Artikel wird weiter aufgeführt: *Nur sehr wenige Menschen sterben an einem Basalzell- oder Plattenepithelzellkarzinom. Weniger als 0,5 % der Patienten, denen solch ein Hautkrebs diagnostiziert wird, sterben daran, aber Hunderttausende von Menschen, die vorzeitig aufgrund von Osteoporose sterben, könnten durch die Sonne gerettet werden... Die Annahme, dass regelmässiges und wohlndosiertes Sonnenbaden Hautkrebs verursacht, ist falsch. Bösartige Melanome treten am häufigsten an Körperstellen auf, die nur selten der Sonne ausgesetzt werden (Fußsohlen, am Gesäß, Leistenbeugen, Rückseite der Beine, etc.). Melanome treten an Brust und Rücken 4,5mal häufiger auf als an den Armen und 10mal so oft wie am Kopf. Melanome können sogar an inneren Organen vorkommen, wo keine Sonnenstrahlung hingelangt. Eine Studie aus den USA brachte folgendes Ergebnis: Bei Büroangestellten traten Melanome 6mal häufiger auf als bei Männern, die im Freien arbei-*



ten. Obwohl in Deutschland die UV-Einstrahlung in den Jahren 1980 bis 2000 unverändert geblieben ist, kam es zu einer Verdoppelung der Hautkrebsrate.

Tabelle 1, ebenfalls dem Artikel von Thomas Klein entnommen, zeigt, dass gerade Menschen in tropischen Ländern, in Wüstenländern und in tropischen Hochländern extrem niedrige Hautkrebsraten aufweisen. Hier ein paar Daten (Tab. 1):

**Tabelle 1:** Anzahl der neu diagnostizierten Hautkrebsfälle pro Jahr und 100.000 Einwohner.

Äthiopien	0,66	Deutschland	7,37
Algerien	0,32	Finnland	9,90
Australien	32,90	Indien	0,19
Costa Rica	1,30	Indonesien	0,22
Kuwait	0,35	Italien	5,02
Neuseeland	27,90	Schweden	16,40
Norwegen	18,50	Schweiz	13,90
Oman	0,17	Thailand	0,33
Dänemark	12,10	USA	13,00

Man kann jetzt dagegenhalten, dass gerade vielleicht in den asiatischen und arabischen Ländern die Hautkrebsfälle nicht entsprechend akribisch registriert und aufgezeichnet werden, oder dass dort die Menschen durch ihre dunkle Hautfarbe einen besonderen Schutz vor UV-Strahlen haben. Aber, und das geht aus Untersuchungen hervor, auch dunkelhäutige Menschen sind prinzipiell nicht vor Hautkrebs geschützt.

Thomas Klein geht noch auf die Solarien ein und führt aus, dass das UV-Licht in Solarien gegenüber der UV-Strahlung der Sonne ein vollkommen entgegengesetztes Merkmal aufweist:

- Das Spektrum ist ein naturwidriges Licht.
- Die UV-Leuchtstoffröhren gehen 100-mal/sec an und aus. 50 Hertz = 50 Schwingungen/sec, damit 100 Halbwellen, bzw. 100 Lichtblitze.
- Röntgenstrahlung. UV-Strahlen können schwache Röntgenstrahlung emittieren.
- Elektrische Wechselfelder.
- Funkstrahlung.

In der Sendung *Report Mainz* vom 26.7.2004 wurde festgestellt *Gefährlicher Irrtum – Hautkrebs trotz Sonnencreme*. Für den gefährlichen Hautkrebs, das Melanom, ist bisher gar kein sicherer Schutz nachgewiesen. Weltweit nahm in den Ländern, in denen chemische Sonnenschutzmittel empfohlen und benutzt wurden, die Zahl der malignen Melanome am stärksten zu.

Zum Schluss sei auf den Hinweis des Krebsinformationsdienstes (KID) des Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) hingewiesen:

*Es lässt sich nicht voraussagen, wie sich ein Risikofaktor bei einem einzelnen Menschen auswirkt oder wie gar mehrere Risikofaktoren zusammenwirken. Auch kann man nicht immer feststellen, welcher Risikofaktor bei einer Person den größeren Einfluss auf die Entwicklung einer Krebserkrankung hatte.*

### Danksagung

Ich danke Herrn Dr. Juan Porras, Pathologe am Städtischen Krankenhaus, San José für seine beratende Tätigkeit.

### Literaturhinweise

- Huch, R., Jürgens, K. D. (Hrsg.): Mensch, Körper, Krankheit, 5. Auflage. Elsevier Urban & Fischer, München 2007.
- Klein, Th.: Hautkrebs durch Sonnenlicht – ein Mythos. *Aegis Impuls* 30, 23–38 (2007).
- Klinisches Wörterbuch, Pschyrembel 2011, 262. Auflage. de Gruyter, Berlin 2010.
- Lippert, H., Herbold, D., Lippert-Burmester, W.: Anatomie, 9. Auflage. Elsevier Urban & Fischer, München 2010.
- Wilkinson, J., Shaw, S., Orton, D.: Dermatologie. Elsevier Urban & Fischer, München 2006.

Verfasser: Dr. Oskar R. Weber,  
Apdo 1763-2050, San Pedro, Montes de Oca,  
Costa Rica,  
E-Mail: anthur6@gmail.com

- ◀ **Abb. 8–14:** Mikroskopische Aufnahmen histologischer Präparate von verschiedenen Hautkrebstypen. Krebszellherde befinden sich beispielsweise in den markierten Bereichen. – **Abb. 8:** Melanosarkom der Haut (Hautkrebs). Von kutanem oder subkutanem Gewebe ausgehende, maligne mesenchymale Neubildung. – **Abb. 9:** Basalzellkarzinom. – **Abb. 10:** Plattenepithelzellkarzinom. – **Abb. 11:** Plattenepithelzellkarzinom. Man sieht deutlich die entarteten Zellen. – **Abb. 12:** Melanom (schwarzer Hautkrebs). Man sieht deutlich den Beginn, bzw. die Entwicklung eines Melanoms. Die dunklen, zapfenförmigen Zellen weisen auf die Entwicklung hin. – **Abb. 13:** Melanom. Bei stärkerer Vergrößerung sehen wir die entarteten Zellen (Melanozyten) – **Abb. 14:** Melanom. Hier wurde die Diagnose mit 50 : 50 gestellt. – **Abb. 15:** Melanom. Das Melanom zeigt sich als hellgraue Substanz gegenüber den anschließenden gesunden Zellen.



## Kurze Mitteilung

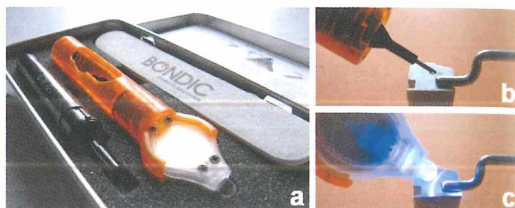
### Ein neuer UV-Kleber als Kittmittel in der Dünnschliffherstellung

UV-härtende Klebstoffe sind aufgrund ihrer einfachen Verarbeitung in der Gesteinsmikroskopie beim Aufkleben und Eindecken von Proben sehr beliebt. Ein Nachteil dieser Stoffklasse war jedoch bisher ihre eingeschränkte Verfügbarkeit, da sie dem Laien nur über wenige Bezugsquellen zugänglich waren. Jüngst hat jedoch in Deutschland ein derartiger Klebstoff unter dem Markennamen *Bondic* (Abb. 1a) Einzug in das Sortiment einer großen Baumarktkette gefunden und dürfte damit für interessierte Leser leicht zu beschaffen sein.

Entgegen ersten negativen Erfahrungen, wie sie etwa im Mikroskopie-Forum berichtet wurden, scheint sich das Material als zuverlässiges und sicheres Kitt- und Eindeckmittel zu bewähren, wenn einige einfache Anwendungsregeln beachtet werden. Auch wenn über die Langzeitstabilität der damit gewonnenen Präparate natürlich noch keine Aussagen möglich sind, erscheint das Mittel damit als eine geeignete Lösung gerade für den Einsteiger, der zunächst keine großen Investitionen in die technische Ausrüstung tätigen will, sondern einfach einmal einen Versuch starten möchte. Bei regelmäßiger Anwendung dürfte der Preis gegenüber den bekannten Alternativen allerdings recht hoch sein.

Der Klebstoff wird in zähflüssiger Form geliefert und härtet bei Bestrahlung mit UV-A-Licht innerhalb weniger Sekunden aus (Abb. 1b). Als Lichtquelle kann die vom Hersteller des Klebstoffs gelieferte LED-Lampe (Abb. 1c) ebenso dienen wie eine konventionelle UV-A-Licht-härtebox. Auch Sonnenlicht kann offenbar die Härtung induzieren, daher ist davon abzuraten, die Proben im direkten Sonnenlicht zu verarbeiten.

Diesem ersten Härtungsschritt scheint jedoch innerhalb von 24 Stunden eine nicht unbedeutende Nachhärtungsphase zu folgen, weshalb die aufgeklebten Proben erst nach einer entsprechenden Wartezeit weiterverarbeitet werden sollten. In vielen Fällen erscheinen im Ver-



**Abb. 1:** Das Starterset von *Bondic* (a) ermöglicht einen schnellen Klebeeinsatz (b). Das Härten erfolgt mittels der mitgelieferten UV-LED-Leuchte innerhalb von 4–8 Sekunden (c).

lauf dieser Wartezeit infolge Kontraktion der Klebeschicht Risse zwischen Probe und Objektträger. Dies kann jedoch einigermaßen zuverlässig verhindert werden, indem man die Oberfläche des Objektträgers vor dem Aufkleben mit feinem Schleifmittel (Körnung 800) aufraut.

Mit derartig aufgeklebten Proben war auch ein maschinelles Schleifen mit gebundenem Diamantkorn und Umdrehungszahlen von etwa 1000 U/min problemlos möglich, ohne dass sich bisher eine Probe abgelöst hätte. Der ausgehärtete Klebstoff ist zudem recht resistent gegen Säuren und Basen, so dass die damit erhaltenen Dünnschliffe mit den üblichen Färbeverfahren behandelt werden können. Lediglich bei längerer Einwirkung organischer Lösungsmittel wie beispielsweise Xylol wurde beobachtet, dass die Klebstoffschicht erweicht und sich vom Objektträger lösen kann.

Die Deckgläser können auf die fertigen Schliffe sowohl mit dem UV-Klebstoff selbst als auch mit konventionellen Eindeckmitteln wie Kanadabalsam aufgebracht werden. Der Klebstoff hat einen etwas niedrigeren Brechungsindex als Kanadabalsam, was bei der Beobachtung der Eigenschaften der eingeschlossenen Mineralkörner zu beachten ist. Wie bei allen nicht-thermoplastischen Kittmitteln können Fehler in der Klebung (z.B. Luftblasen) nicht nachträglich korrigiert werden.

Holger Schimmel, Garching

# Ciliaten im Darm von Oligochaeten – Endokommensalen von *Eisenia foetida*

Gerd Günther

Ältere Ausgaben des MIKROKOSMOS sind immer wieder Inspirationsquelle, sei es durch Auffrischung längst vergessener Methodik oder – wie im vorliegenden Fall – durch einen Hinweis auf eine dem Autor bisher unbekannte Kleinlebewelt im Darm von Mistwürmern.

Im MIKROKOSMOS-Jahrgang 53 von 1964 beschreibt Renate Peters einige astomate (mundlose) Ciliaten aus dem Darm verschiedener Oligochaeten (Wenigborstenwürmer). Danach finden sich insbesondere im Darm des Mistwurms *Eisenia foetida* regelmäßig mehrere Arten dieser Ciliaten. Die Materialbeschaffung gestaltete sich sehr einfach: In Sichtweite meines Arbeitszimmers befindet sich ein Mistplatz, auf dem die Exkremente aus der Pferdehaltung kompostiert und dem landwirtschaftlichen Produktionskreislauf wieder zugeführt werden. Material war also mehr als ausreichend vorhanden. Wer keinen eigenen Kompost betreiben kann oder will, kann sich mit Material in Anglergeschäften versorgen oder – natürlich – über das Internet auf Seiten mit wohlklingenden Namen wie *wurmwelten.de*, *mistwürmer.de* oder *wurmhandel.de* Material beschaffen.

*Eisenia foetida* aus der Familie Lumbricidae gehört zum Stamm der Anneliden (Ringelwürmer) und kommt als typischer Bodenbewohner ubiquitär vor. Die hohe Vermehrungsrate und leichte Vermehrbarkeit erklären die kommerzielle Verwendung als Kompostwurm. Adulte Würmer können eine Größe zwischen 6 bis 13 cm erreichen. Die Hauptnahrungsquelle besteht aus Mikroorganismen und Pilzen, die im rotten Kompost reichlich vorhanden sind. Dabei beträgt die Verweildauer des aufgenommenen Materials im Wurmdarm zwischen 2,5 und 3,5 Stunden. Die Mistwürmer fühlen sich insbesondere in denjenigen Kompostbereichen wohl, welche die mikrobielle Rotte bereits weitgehend abgeschlossen haben und keine hohen Temperaturen mehr zeigen. Gezielte Suche ist also an

den bereits länger lagernden Randbereichen eines großen Misthaufens erfolgreicher als im wärmeren, aktiven Kernbereich. Die Passage der Pflanzenpartikel und Bodenbestandteile durch den Wurmdarm bedingt eine innige Mischung und stabilisiert die Struktur durch Bildung von Ton-Humus Komplexen. Kompost ist nicht nur ein hervorragendes Düngemittel, sondern auch ein perfekter Bodenverbesserer.

## Zellmundlose Ciliaten

Die im Darmtrakt der Anneliden lebenden Ciliaten gehören zur Klasse Oligohymenophorea, Unterklasse Hymenostomatia, Ordnung Astomatida. Die Vertreter dieser Ordnung haben keinen Zellmund und leben in der Leibeshöhle oder im Darm von Oligochaeten. Die Ernährung erfolgt osmotroph, die Nährstoffe werden also gleichmäßig über die gesamte Körperoberfläche durch das osmotische Gefälle zwischen Umgebung und Zellinnerem aufgenommen. Nahrungsvakuolen sind daher nicht vorhanden. Die Ciliaten sind vollkommen durchsichtig. Es sind relativ große Wimpertiere, gleichmäßig mit Cilien besetzt. Die Körperform ist oval bis lang-oval, teils wurmförmig. Einige Arten sind dorsoventral abgeflacht und mit arttypischen Haftorganellen versehen, die ventral angeordnet sind. Es ist schwierig einzuordnen, ob diese Ciliaten als Endokommensalen oder Parasiten bezeichnet werden sollen. In der Literatur findet man beide Bezeichnungen und mangels eingehender Untersuchungen ist auch nicht festzustellen, ob die mit Ciliaten besetzten Würmer eine deutliche Schwächung infolge einer parasitären Situation zeigen.

### Vorkommen und Häufigkeit

In 87 % der präparierten Kompostwürmer fanden sich Darmciliaten. Jahreszeitliche Abhängigkeiten konnten nicht nachgewiesen werden. Auch spielt der Fundort keine entscheidende Rolle, ob überhaupt Ciliaten in den Kompostwürmern gefunden werden. Wie viele Ciliaten pro Wurm gefunden wurden, war demgegenüber sehr fundortspezifisch. Bei fünf beprobten Misthaufen in einem Radius vom 5 km gab es eine Fundstelle, deren Kompostwürmer sehr konstant jeweils deutlich über 50 Ciliaten pro Darminhalt zeigten. Am anderen Ende der Skala gab es eine Fundstelle, wo nur jeweils 2–5 Ciliaten je Wurm gesichtet wurden. Die verbleibenden drei Probenorte zeigten jeweils 10–40 Ciliaten je präpariertem Darminhalt.

### Untersuchungsmethodik

Angeregt durch den genannten MIKROKOS-MOS-Artikel wurden über circa zwei Jahre verteilt in unregelmäßigen Abständen Proben von erwähnter Kompoststelle und weiteren vier Kompoststellen genommen. Die Kompostwürmer haben einen bevorzugten Lebensbereich in einem Komposthaufen, in dem sie zielsicher zu jeder Jahreszeit in sehr großen Mengen vorkommen, vorausgesetzt, der Haufen trocknet nicht vollständig aus. Zur Freipräparation der Darmciliaten werden die Würmer etwa 30 sec in 60 % Alkohol betäubt. Der Darm kann dann beispielsweise freipräpariert werden, was eine längere Zeit in Anspruch nimmt. Alternativ schneidet man die Würmer in 2–3 Teile, um den Darminhalt dann mit einer Pinzette herauszudrücken. Günstigerweise fängt man den herauspräparierten Inhalt in physiologischer Kochsalzlösung auf. Darin leben die Ciliaten etwa 40 % länger als in normalem Wasser. In einer kleinen Petrischale kann man den Darminhalt auffangen, um dann unter der Stereolupe die Ciliaten zu suchen und herauszupipettieren.

### Gefundene Gattungen

Im Beprobungszeitraum fanden sich regelmäßig zwei Ciliatengattungen im Darminhalt der Kompostwürmer: *Metaradiophrya* und *Anoplophrya*, die im Folgenden in ihrer Morphologie und Cytologie beschrieben werden.

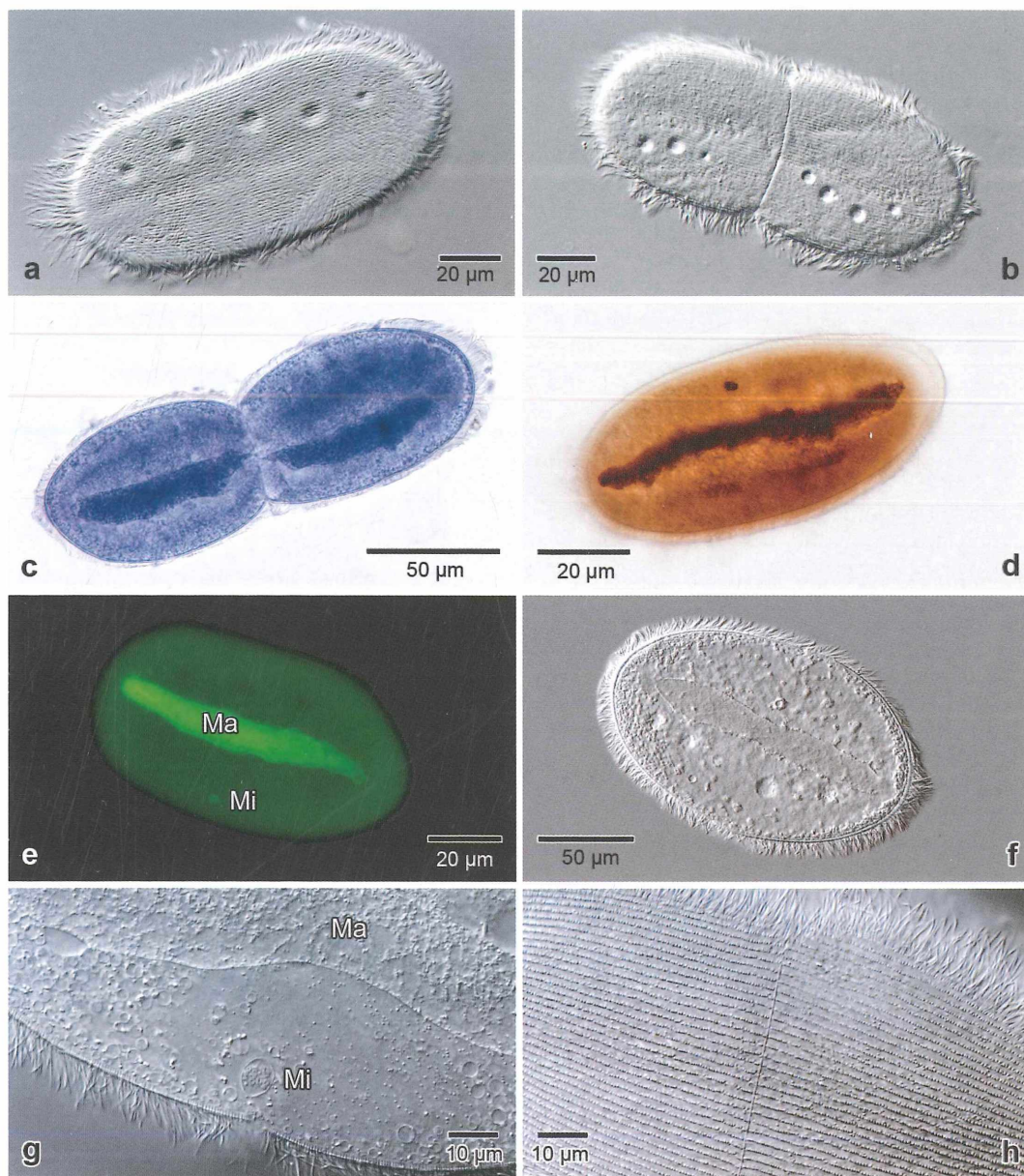
### Anoplophrya

Die gefundenen Vertreter der Gattung *Anoplophrya* sind circa 120 µm lang und 65 µm breit, der Umriss ist lang-oval, der Querschnitt oval bis kreisrund (Abb. 1). Der Umriss der Ciliaten verändert sich über eine gewisse Beobachtungszeit sehr wenig, der Querschnitt dagegen sehr stark. Je nach Umgebungsflüssigkeit erscheint der Querschnitt kreisrund bis abgeplattet. Unmittelbar nach präparativer Freisetzung aus dem Darm der Kompostwürmer ist der Querschnitt leicht oval bis kreisrund. Werden die Ciliaten in Wasser untersucht, blähen sie sich bis zum kreisrunden Querschnitt auf. Ist der Salzgehalt bei einer Untersuchung in Kochsalzlösung zu hoch, erscheint der Körperquerschnitt nach kurzer Zeit stark abgeplattet. Wie andere Astomatida ist *Anoplophrya* sehr dicht mit langen Cilien besetzt. Je Körperseite des dorsoventral abgeplatteten Ciliaten finden sich durchschnittlich 40 Reihen von Cilien. Fokussiert man ins Körperinnere, kann man die Reihen mit den Basalkörpern sehr gut erkennen (Abb. 1h). Eine Reihe pulsierender Vakuolen mit je 2–5 Vakuolen liegt parallel zum Makronukleus (Abb. 1a und b).

### Kernverhältnisse von *Anoplophrya*

Der wurmförmige, sehr große Makronukleus liegt in Körpermitte und erstreckt sich in Längsrichtung fast über die gesamte Länge des Körpers. Im Lebendpräparat ist der Makronukleus im differentiellen Interferenzkontrast sehr gut erkennbar (Abb. 1a, f, g). In der Protargol-Imprägnierung ist der Makronukleus sofort auszumachen, nicht nur wegen seiner Größe, sondern auch wegen seiner eigenartig blasigen Struktur mit eingestreuten, stärker angefärbten Partikeln (Abb. 1d). Der Mikronukleus ist nur schwer erkennbar. Erst bei höherer Vergrößerung und präzisiertem Fokussieren ist dieser zu sehen (Abb. 1g). Auch im gefärbten Präparat ist der Mikronukleus nicht immer sicher zu erkennen. Färbt man mit Hämalaun, tritt nur der Makronukleus klar hervor, der Mikronukleus bleibt häufig verborgen (Abb. 1c). Die Protargol-Imprägnierung liefert hier eindeutige und wiederholbare Ergebnisse. Der Mikronukleus ist klar auszumachen (Abb. 1d). Die Vitalfärbung mit Acridinorange lässt Makro- und Mikronukleus bei Blauanregung klar in grüner Fluoreszenz hervortreten.





**Abb. 1:** *Anoplophrya* sp. **a** Ansicht Einzeltier, differentieller Interferenzkontrast (DIC). **b** Beginnende Zellteilung, DIC. **c** Teilungsstadium, gefärbt mit Hämalau nach Mayer, Hellfeld (HF). **d** Einzeltier, Protargol-Imprägnation, Hellfeld. **e** Vitalfärbung Acridinorange, Blauanregung, Auflicht-Fluoreszenz (AF). **f** Einzeltier, Fokus auf Makronukleus, DIC. **g** Einzeltier, Fokus in Zellmitte auf Mikronukleus, beginnende Zellteilung, Chromosomen werden sichtbar, DIC. **h** Einzeltier aus f, Fokus auf Zelloberfläche, Basalkörper sichtbar, DIC. Ma Makronukleus, Mi Mikronukleus.

Die Zellteilung bei *Anoplophrya* beginnt mit einer deutlich sichtbaren Trennlinie etwa in der Mitte der Zelle (Abb. 1h). Es folgt eine fortschreitende Einschnürung (Abb. 1b) bis schließlich die Individuen ausdifferenziert sind (Abb. 1c). Dabei teilt sich zunächst der Mikronukleus; im frühen Stadium werden die Chromosomen sichtbar (Abb. 1g). Erst kurz vor abgeschlossener Teilung trennen sich die Teile des Makronukleus. Da *Anoplophrya* nicht in der Häufigkeit wie *Metaradiophrya* gefunden wurde, konnten nicht alle Details der Teilungstätigkeit sichtbar gemacht werden.

### Metaradiophrya

Die meisten Zellen von *Metaradiophrya* sind circa 150 µm lang und 100 µm breit. Es wurden auch außergewöhnlich große Exemplare gefunden, 200 µm lang und 150 µm breit. Der Umriss ist vergleichbar dem Umriss der menschlichen Hand, teils langoval mit abgerundetem Zellende, teils ist das hintere Zellende deutlich abgeflacht (Abb. 2a und b). Der Querschnitt ist lang-oval mit abgeflachter Ventralseite, etwa vergleichbar mit dem Querschnitt eines Brotlaibes. Zwei Reihen pulsierender Vakuolen liegen seitlich des Makronukleus, jeweils aus 4–8 Vakuolen bestehend.

Morphologisch besonders auffällig ist der am Zellvorderende ventral gelegene Haken, mit dem sich die Ciliaten am Darmepithel des Wirts verankern können (Abb. 1b und h). In der Ventralansicht erkennt man auf der linken, vorderen Zellseite eine in der Zelloberfläche eingebettete, stark lichtbrechende Struktur, die parallel zur äußeren Zellgrenze nach vorn verläuft und in einen zum Zellende weisenden Haken endet, der ventral aus der Zelloberfläche herausragt. Bei Lebendbeobachtung gelingt es sehr selten, eine Seitenansicht der Ciliaten zu dokumentieren, da die Ciliaten nur kurz frei schwimmen und sich sofort ventral an Objektträger oder Deckglas anlegen. Eine Zeichnung, entnommen aus Beers (1938), verdeutlicht die räumliche Anordnung dieses Hakens (Abb. 3).

Die dorsale Zelloberfläche zeigt leistenartige Verdickungen, die parallel über die gesamte Länge des Tieres verlaufen. Die ventrale Zelloberfläche zeigt diese Verdickungen ebenfalls, sie treten aber noch deutlicher hervor. Die Leisten setzen an den Strukturen des Hakenapparates an und verlaufen zum Zellende. Ob diese Strukturen es ermöglichen, den Haken zu be-

wegen, um aktiv im Darmepithel des Wirtes Halt zu finden, konnte nicht beobachtet werden. Die Hypothese von Williams (1942), wonach der Hakenapparat aktiv bewegt werden kann, indem die ventralseitig rechten, fibrillären Leisten kontraktile an der Hakenbasis Zug ausüben, konnte durch eigene Beobachtung nicht bestätigt werden. Bei höherer Vergrößerung der Kineten erkennt man deutlich die Basalkörper, die zwischen den Längsleisten liegen (Abb. 2h).

### Kernverhältnisse von Metaradiophrya

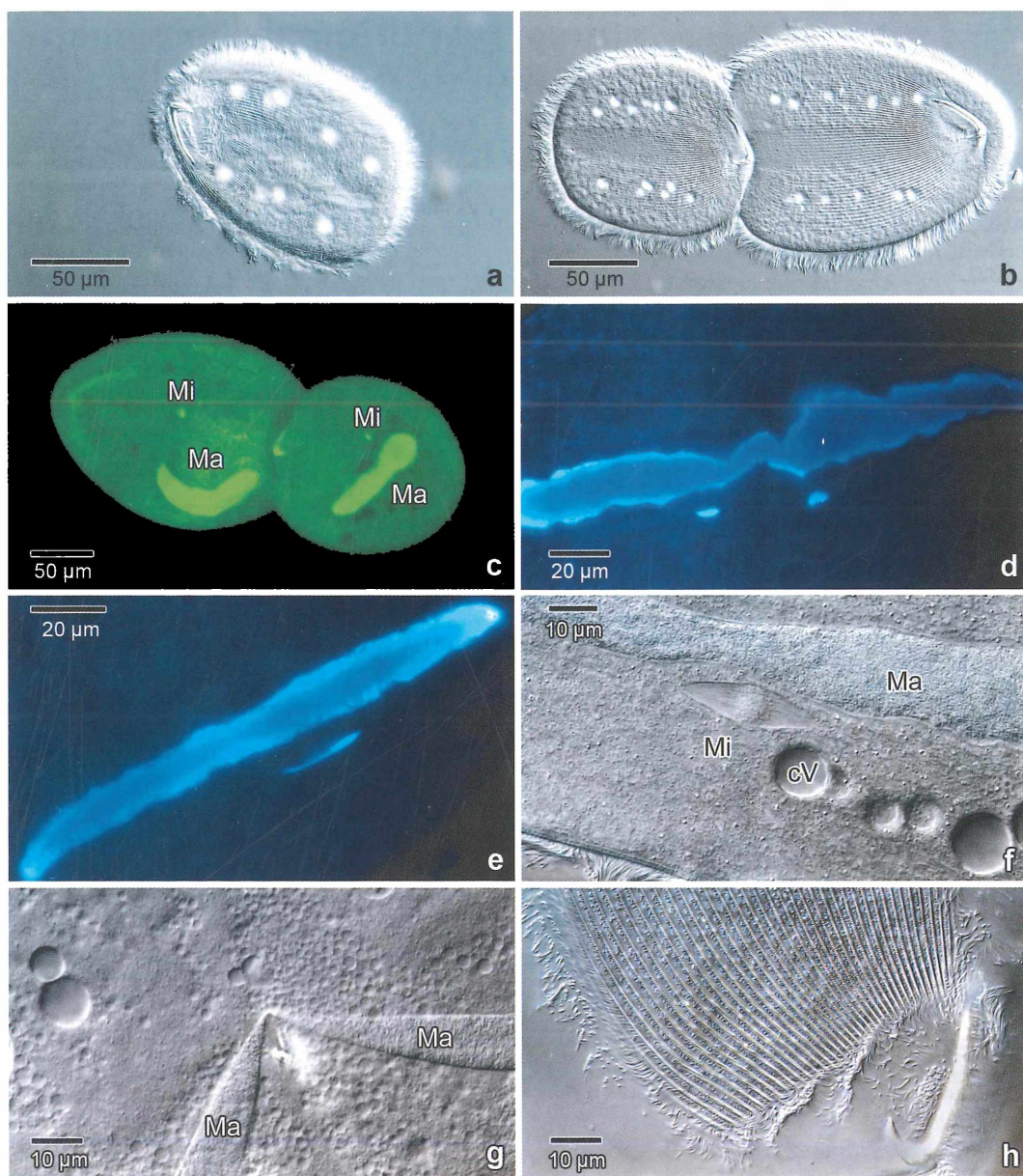
Bei *Metaradiophrya* habe ich zahlreiche Teilungsstadien in den Wirten gefunden. Analog zu *Anoplophrya* liegt der Makronukleus wurmförmig in der Körpermitte und erstreckt sich in Längsrichtung fast über die gesamte Länge des Körpers. Im Lebendpräparat ist dieser gut erkennbar (Abb. 2a, b, f, g). Im Vergleich zu *Anoplophrya* liegt der Mikronukleus näher am Makronukleus und ist etwas besser im Lebendpräparat zu erkennen (Abb. 2f). Die Vitalfärbung mit Acridinorange lässt Makro- und Mikronukleus bei Blauanregung klar in grüner Fluoreszenz hervortreten (Abb. 2c).

Die Zellteilung bei *Metaradiophrya* beginnt mit der Teilung des Mikronukleus (Abb. 2e und f) und dem Sichtbarwerden der neuen Zellgrenzen. In fixierten, mit DAPI gefärbten Exemplaren erkennt man bei UV-Anregung deutlich die unterschiedlichen Kernphasen der Teilung. Häufig kann die Bildung der Kernteilungsspindeln des Mikronukleus sehr gut beobachtet werden (Abb. 2f). Im weiteren Fortschritt der Teilungstätigkeit separieren sich die Mikronuklei in die Zellhälften, der Makronukleus schnürt sich weiter ab (Abb. 2d), bis schließlich nur noch eine dünne Verbindung zu sehen ist (Abb. 2g), die kurze Zeit später vollständig getrennt wird.

### Schlussbemerkungen

Zurzeit stehen die endokommensalen Ciliaten der Oligochaeten nicht im Scheinwerferlicht der Forschung. Die leichte Zugänglichkeit der Wirte sollte Mikroskopiker anregen, sich mit diesen hochinteressanten Ciliaten näher zu beschäftigen, da innere Strukturen und die Teilungsstadien sehr gut sichtbar sind. Völlig ungeklärt sind beispielsweise die Strukturen und



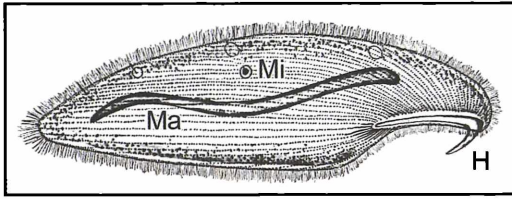


**Abb. 2:** *Metaradiophrya* sp. **a** Ventralansicht, DIC. **b** Fortgeschrittenes Teilungsstadium, DIC. **c** Teilungsstadium, Vitalfärbung Acridinorange, Blauanregung, Afl. **d** Beendete Teilung des Mikronukleus, DAPI, UV-Anregung, Afl. **e** Beginnende Teilung des Mikronukleus, DAPI, UV-Anregung, Afl. **f** Beginnende Teilung des Mikronukleus (Mi), Spindelapparat wird sichtbar, DIC. **g** Fortgeschrittenes Teilungsstadium, Makronukleus (Ma) stark eingeschnürt, DIC. **h** Ventralansicht, Fokus auf Zelloberfläche mit Hakenapparat und leistenartigen Verdickungen, DIC.

Mechanismen der Haftapparate bei *Metaradiophrya*. Da eine Kultur der Ciliaten außerhalb der Wirte bisher nicht gelang, bleiben

noch viele Fragen in dieser Hinsicht offen, die vorrangig nur mit frischem Lebendmaterial angegangen werden können.





**Abb. 3:** *Metaradiophrya* sp., Seitenansicht. Mi Mikronukleus, Ma Makronukleus, H Haken (nach Beers, 1938).

### Danksagung

Für die ausführliche Unterstützung bei der Literatursuche herzlichen Dank an Prof. Dr. Klaus Hausmann, Berlin.

### Literaturhinweise

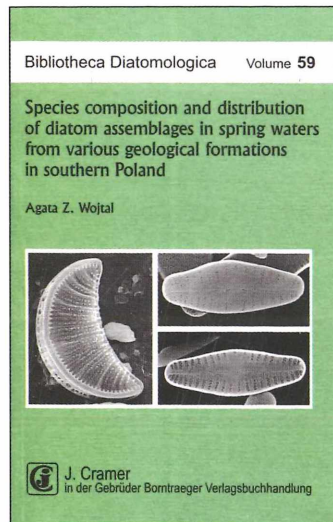
- Beers, C. D.: Structure and division in the astomatous ciliate *Metaradiophrya asymmetrica* n. sp. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 54, 111–125 (1938).  
 Corliss, J. O.: The ciliated protozoa, 2<sup>nd</sup> edition. Pergamon Press, Oxford 1979.  
 Hausmann, K., Hülsmann, N., Radek, R.: Protistology, 3<sup>rd</sup> edition. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2003.  
 Peters, R.: Knopf-, Glas- und Perlentierchen – Parasiten im Darm von Regenwürmern. Mikrokosmos 53, 257–260 (1964).  
 Williams, G. W.: Observations on several species of *Metaradiophrya*. J. Morphol. 70, 545–589 (1942).

**Verfasser:** Gerd Günther,  
 Knittkuhler Straße 61, 40629 Düsseldorf,  
 E-Mail: gerd.guenther@rp-plus.de

## Buchbesprechung

**Wojtal, A. Z.: Species composition and distribution of diatom assemblages in spring waters from various geological formations in southern Poland. Bibliotheca Diatomologica, Bd. 59.** J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2013, 436 Seiten, Softcover, € 159,00, ISBN 978-3-443-57050-7.

Algen sind in fast allen Gewässern zu finden, so auch in Quellen. Dieses neu erschienene Buch beschreibt die Diatomeengesellschaften und ihre Varianz abhängig von natürlichen und anthropogenen Faktoren. Es zeigt Faktoren auf, welche die Verteilung der Diatomeenarten in Quellgewässern bestimmen. Das Untersuchungsgebiet liegt in der südpolnischen Tatra. Die in der Studie behandelten Arten wurden in 62 natürlichen Quellgewässern und fünf Wasseraustritten aus bergbaulichen Kernbohrungen gesammelt, deren geologische und gewässerökologische Randbedingungen sehr unterschiedlich waren. Darunter befanden sich reine und elektrolytarme, kalziumreiche und gleichzei-



tig nährstoffarme, eutrophe, saline, kohlensäurehaltige und sulfidreiche Gewässer. Die Studie umfasst über 200 Arten. 174 davon sind häufig und gut bekannt, weitere 30 Arten sind bisher selten gefunden und beschrieben worden. Darin enthalten sind auch die Einführung der Gattung *Crenotia* sowie die Erstbeschreibung dreier neuer Arten (*Eunotia chelmickii*, *E. oligotaphenta* und *Staurophora lanceolata*).

Die Diatomeenschalen wurden wie üblich vom organischen Material getrennt mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskopie (REM) dokumentiert. Die lichtmikroskopischen Aufnahmen liefern dem Diatomeenforscher die Basis für eigene Bestimmungen, während die REM-Aufnahmen zusätzliche Einblicke in die Ultrastruktur der Gehäuse ermöglichen. Alle taxonomischen Beschreibungen enthalten neben den vollen Artnamen Zitate der zugrunde liegenden Bestimmungsliteratur, Angaben zur Größe und auch zur morphologischen Variabilität, chemische und physikalische Wasserwerte sowie Fundgebiete. Die Funde werden in über 2.000 Mikrofotografien auf 170 ganzseitigen Tafeln dargestellt. Zu allen Abbildungen sind Maßbalken zugeordnet, im begleitenden Text wird auf die Größenvariabilität eingegangen. Die Arten sind alphabetisch angeordnet; es handelt sich nicht um ein konventionelles Bestimmungswerk. Die Vielzahl der dargestellten Sichten der untersuchten Arten macht das Buch jedoch als begleitende Literatur für die Artidentifikation wertvoll.

Wolfgang Bettighofer, Kiel

# Grimmia pulvinata-Tortula muralis – Eine Moosgesellschaft von Pionieren und Spezialisten. Teil 2

Bruno Ortner

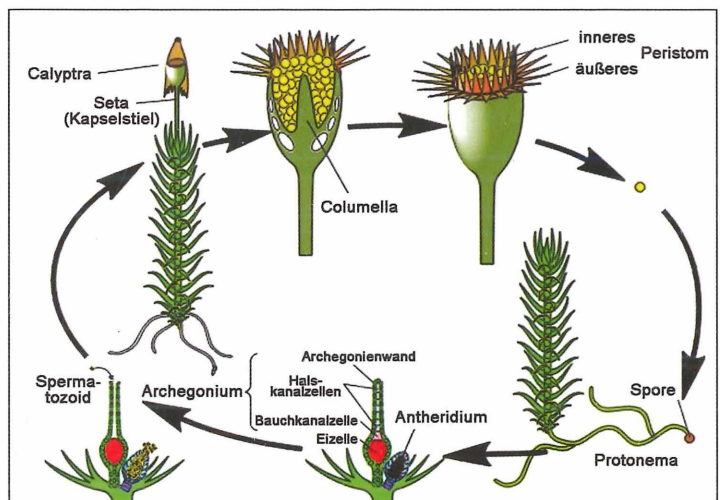
Im ersten Teil dieser Serie wurden Wuchsformen und Bestimmungsmerkmale von Moosen und drei gipfförmige Moosarten der *Grimmia pulvinata-Tortula muralis*-Moosgesellschaft vorgestellt. Die Abbildungen 26, 31, 39 und 42–44, auf die hier im zweiten Teil verwiesen wird, sind bereits in Teil 1 wiedergegeben. Die Abbildungsnummerierung erfolgt fortlaufend in Teil 1 und 2.

**A**ls erstes wird in diesem Teil der Generationswechsel der Moose dargelegt.

## Der Generationswechsel der Moose

Der Generationenwechsel (Abb. 45) beginnt damit, dass die Spore eines Mooses mit einem Faden auskeimt. Dieser Faden kann sich verzweigen und wird Protonema (Vorkeim) genannt. Nach einiger Zeit bilden eine oder mehrere Fadenspitzen eine dreischneidige Scheitelzelle aus und gehen zur Bildung einer beblätterten Moospflanze über. Nach einiger Zeit entstehen am Gipfel der Sprösschen (gipffrüchtige Moose) oder an der Spitze kurzer basaler Seitentriebe (seitenfrüchtige Moose) männliche

und weibliche Gametangien. Männliche und weibliche Gametangien können auf einer Pflanze vorkommen (monozöische Moose) oder auf verschiedene Individuen verteilt sein (diözische Moose). Die weiblichen Gametangien enthalten nur einen einzigen Gameten, die Eizelle. Ein solches Gametangium nennt man bei niederen Pflanzen Oogonium. Bei Moosen und Farnen wird es aus historischen Gründen Archegonium genannt. Durch Befruchtung entsteht aus der Eizelle die Zygote, die sich unter Zellteilungen zum Sporophyten weiter entwickelt. Im Antheridium entwickeln sich Spermatozoide, die unter Auflösung der Zellwände im Innenraum und durch Öffnung der Hülle an der Spitze freigesetzt werden. Die Spermato-



**Abb. 45:** Der Generationswechsel von Laubmoosen (nach Stützel, 1996).



zoide gelangen durch chemotaktische Anlockung (Gamone = Befruchtungshormone, die von reifen Eizellen abgesondert werden) zu den Archegonien. Größere Strecken können überwunden werden, indem die Spermatozoide durch auftreffende Wassertropfen weggeschleudert werden. Diese Spritzverbreitung wird bei manchen Arten durch eine becherartige Hülle um die Antheridienstände begünstigt. Damit die Spermatozoide die an der Spitze der Moossprosschen liegenden Archegonien erreichen können, muss dieses vollständig mit Wasser bedeckt sein. Diese Wasserbedeckung liegt meist in Form von Kapillarwasser zwischen Stämmchen und den Basen der Blättchen vor. Diese äußere Wasserleitung macht eine innere Wasserleitung weitgehend überflüssig. Hochentwickelte Wasserleitstrukturen wie Phloem oder Xylem fehlen daher den Moosen (Stützel, 1996).

### Wuchs- und Lebensformen, Lebensstrategien

Die Morphologie der Pflanzen wird als Anpassung an die Standortfaktoren verstanden. Man unterscheidet zwischen der Morphologie von einzelnen Pflanzen, welche man Wuchsform (Größe, Verzweigung) nennt, und dem Habitus der zusammen wachsenden Moose, den man

Lebensform nennt (Rasen, Polster). Eine Erweiterung der Lebensformen durch populationsbiologische Aspekte wurde mit der Anwendung des Begriffes Lebensstrategie auf die Moose durch During (1979) vorgenommen. Bei Moosen beruht die Lebensstrategie auf Größe und Zahl der produzierten Sporen, Zeit bis zur Sporenreife und Dauer des Lebenszyklus.

Bei den untersuchten Moosen *Grimmia pulvinata* und *Schistidium apocarpum* finden wir die charakteristischen Wuchsverhältnisse der Akrokarpen vor. Hier herrschen ausgesprochene orthotrope Formen vor, die zusammengeschlossen meist auf Felsen, Mauerkronen und Sonnenseiten von Mauern und Dächern verbreitet sind. An der Stammbasis sind die das Polster zusammensetzenden Triebe mit Rhizoiden am Substrat befestigt. Ein Polster stirbt von unten her nicht ab. Beim Zerlegen der *Grimmia*- oder *Schistidium*-Polster findet man noch das ganze Sprosssystem erhalten. Die Polster von *Grimmia pulvinata* und *Tortula muralis* sind am verbreitetsten an Standorten mit geringer Luftfeuchtigkeit und starker Sonneneinstrahlung. Die Blätter der polsterbildenden Moose sind mit Glashaaren ausgestattet, die neben der Einstrahlungsverminderung für eine windberuhigte Zone im Polster sorgen und so zur Verdunstungsverminderung beitragen.

Die Lebensform Polster ermöglicht auch eine kapillare Leitung von Wasser im Polsterinnern, wo das Wasser festgehalten werden kann (Kapillardichte). Betrachten wir einmal so ein kleines, im Durchmesser 2 cm großes, rundliches Polster von *Grimmia pulvinata*, so wirkt es grau und unscheinbar. Die Blätter der Einzelpflanzen strecken ihre ausgezogenen Haare nach außen und bilden einen Wall von toten, luftgefüllten Zellen, die das auffallende Sonnenlicht total reflektieren und dadurch weiß erscheinen; von einem grünen Moos ist nichts mehr zu sehen. Dieser Sonnenschirm verhindert, dass die grünen Blattzellen im Innern des Polsters zu viel Licht bekommen. Jede Pflanze hat einen ihrem Lebensrhythmus entsprechenden Lichtsättigungspunkt, an dem die Photosyntheserate ihren Höhepunkt erreicht. Genaue Temperaturmessungen der wirklich in der Natur auftretenden Hitzegrade zeigen übrigens deutlich, dass durch die Glashaare nicht die Hitze abgewehrt wird, sondern das Licht (von der Dunk, 1988).



46



47

**Abb. 46:** *Grimmia pulvinata*. Reife, geöffnete, im Polster versenkte Sporenkapsel. – **Abb. 47:** *Tortula muralis*. Feuchtes Polster ganz junger Pflanzen mit glockenförmigen Hauben über der Kapsel.



## Die Wasserversorgung

Für die Wasserbewegung von Bedeutung ist die äußere Leitung, die in den durch die Blätter und den Rhizoidenfilz gebildeten kapillaren Hohlräumen an der Außenseite der Stängel erfolgt. Eine anatomische Anpassung an den Wasserfaktor ist beispielsweise der Zentralstrang (Hadrom), der bei der Bestimmung von Moosen ein wichtiges und sicheres diagnostisches Merkmal ist; er findet sich im Allgemeinen bei allen drei besprochenen Arten. Er kann auch fehlen, undeutlich oder undeutlich begrenzt sein. Die Blätter haben keine kutikularisierten Wände; sie welken rasch und nehmen rasch Wasser von außen auf. Hierbei spielt die Quellung der Zellwände offenbar eine andere Rolle als bei den höheren Pflanzen. Selbst ein totes Moosblatt wird dadurch sofort wieder turgeszent. Xeromorphe Laubmoose haben in Blättern sehr stark verdickte Wände, die relativ viel Wasser festhalten können (Goebel, 1930). Bei *Grimmia pulvinata* sind die Wände der Laminazellen der Blattmitte und der Blattspitze stark verdickt, die der Wasserspeicherung dienen.

Papillöse Blattoberflächen (bei *Tortula muralis*) erleichtern die Befeuchtung trockener Pflanzen, indem ein Wassertropfen durch die kapillaren Zwischenräume der Papillen gezogen wird und sich das Wasser so über die ganze Blattoberfläche verteilt. Zwischen den Papillen kann das Wasser gespeichert werden. Frei von Papillen sind auffälliger Weise immer die Wände der Wasserzellen. Diese Hyalozyten in den Blättern sind großlumig und leer. Sie können große Wassermengen speichern; man kann sie daher als wasserspeichernde Strukturen interpretieren. Eine umso stärkere Papillenbildung zeigen die Assimilationszellen, es kann also das von Warzen aufgefangene Wasser von hier auf dem kürzesten Weg dem Zellinnern zugeleitet werden. Nur die am Leben bleibenden Zellen, in diesem Falle die assimilatorischen Elemente, sind fähig, Papillen hervorzubringen (Blattquerschnitt und Draufsicht der Laminazellen des Blattes von *Tortula muralis*; Abb. 39 und 42).

## Isolationsschutz

Die Papillen dienen nicht nur der Wasseraufnahme und Oberflächenbenetzung des Blattes, sondern streuen auch auffallendes Licht. *Grim-*

Herbarium BRUNO ORTNER A-4092 Esternberg Nr.: 08518_03	
<b><i>Grimmia pulvinata</i></b> Hedw.	
Ssp./var./fo.: <i>Grimmia pulvinata</i>	
Flora: <b>Oberösterreich</b>	
Land: Österreich	
Fundort: Esternberg	
Loc.: Pyrawang	
Seehöhe: 320 m	
Substrat/Assoz./Geologie:	
Betonmauer/ <i>Grimmia</i> - <i>Tortula</i> Ass.	
Bemerkungen:	
Datum: 8/23/2012 leg.: B.Ortner	
det.: rev.: teste:	
<b>48</b>	

Flora der Laubmoose v.Nordrhein/Westfale	
<i>G r i m m i a pulvinata</i> Sm. 08518	
Auf Zementmauerwerk in der Gr.pulvinata-	
muralis-Ass. Im Siebengebirge ,Petersber	
leg.et det.A.v.Hübschmann	März, 1975
<b>49</b>	

**Abb. 48:** Vorschlag für eine sorgfältige Etikettierung einer Moosprobe. – **Abb. 49:** Moosprobe im Tauschwege vom bekannten Bryologen Alex von Hübschmann.

*mia*-Arten sind vielfach schwärzlich gefärbt, wodurch das Licht gefiltert wird. Die Ränder mancher Laubmoose rollen sich ein, womit die Verdunstung herabgesetzt wird (*Tortula muralis*).

## Ausbreitung der Sporen von Laubmoosen mit Peristom

Alle Teile des Sporophyten können bei der Verbreitung der Sporen mitwirken, so die Seta (der Stiel), die in der Jugend für Aufspeicherung von Baustoffen, später nur für die Sporenverbreitung in Betracht kommt. Je länger und elastischer der Stiel (*Tortula muralis*) ist, desto leichter werden die Erschütterungen, welche ihn treffen, zur Entleerung von Sporen aus der geöffneten Kapsel führen. Bei *Grimmia pulvinata* ist der Kapselstiel kurz und daher von der Einwirkung des Windes geschützt (Abb. 46). Durch herumkriechende Insekten oder durch Regentropfen werden nur kurze Erschütterungen hervorgerufen, durch die kein besonders weites Verschleudern bewirkt werden kann. Eine wichtige Rolle spielt das Peristom bei der Sporenaussaat. Die Zähne sind meist stark hy-

grooskopisch. Ist die Luft trocken, so richten sich die Zähne auf, wodurch die Kapselmündung frei wird, so dass die trockenen, leichten Sporen austreten können. Bei *Schistidium apocarpum* werden die Peristomzähne (Abb. 26) sternförmig ausgebreitet oder sogar zurückgeklappt und legen damit die gesamte Kapselöffnung frei. In feuchter Atmosphäre dagegen neigen sich die Zähne wieder über der Urnenmündung zusammen und verhindern dadurch das Eindringen von Tau und Regen in das Sporangium. *Tortula muralis* hat ein spiralig gedrehtes Peristom (Abb. 43 und 44), das bei Befeuchtung seine Drehung lockert und die Sporen durch die Zwischenräume entlässt. Die Peristomzähne geben nicht nur die Öffnung der Kapsel frei, sondern können auch durch häufige hygroskopische Ein- und Auswärtskrümmungen Sporenmasse direkt aus der Kapsel herausschaufeln. Hohe Reproduktionsraten, die ökologisch vielleicht erfolgreichste Lebensstrategie der Moose, kennzeichnen die Kolonisten (During, 1979). Lücken (Abb. 31) in der Vegetationsdecke können sie mit Hilfe ihrer vegetativen Diasporen rasch in Besitz nehmen, bevor andere Arten eindringen. Erst später werden große Mengen kleiner Sporen produziert, mit denen neue Standorte erreicht werden. *Grimmia pulvinata* ist ein langsam wachsender Kolonist (Pioniermoos). Kolonisten (Pioniere) besiedeln Mauern und spontane, oft extreme Standorte, die wenige Generationen stabil sind. Polster mit wenig- bis mehrjähriger Lebensdauer; hohe vegetative und sexuelle Reproduktion, frühe Bildung vegetativer Diasporen und erst spätere regelmäßige Sporophytenentwicklung sind für solche Formen typisch.

## Zusammenfassung

Den Grundstock der *Grimmia pulvinata*-*Tortula muralis*-Assoziation bilden echte Steinmoose. Da sie ganz unabhängig von der Bodenfeuchtigkeit sind, können fast alle Arten dieser Assoziation längere Dürreperioden ohne Nachteil überdauern. Wie ein Schwamm saugen diese Moospolster die Luftfeuchtigkeit, den Tau und den Regen auf und verhindern eine schnelle Austrocknung. Die Wuchsform Polster bildet eine relativ kleine äußere Oberfläche. Die Folge ist ein geringer Wasserverlust durch Verdunstung. Die Glashaare der Blätter (*Grimmia pulvinata*, *Tortula muralis*) verhindern zusätzlich die Austrocknung durch Strahlung und Wind. Das enge Zellnetz mit verdickten (*Grimmia pulvinata*, *Schistidium apocarpum*) und papillösen (*Tortula muralis*) Zellwänden ist für die trockenwarmen Standorte charakteristisch und ist mechanisch stabil. Wasser kann sich schnell kapillar über die papillöse Oberfläche des Blattes verteilen. Umgerollte Ränder (Abb. 39) und die dichte Stellung der Blätter bilden Kapillarräume für die äußere Wasserleitung. Das Umrollen des Blattrandes dient auch der Stabilität sowie einer kontrollierten Krümmung der Blätter während der Eintrocknung. Die langen, glockenförmigen Hauben (Abb. 47) bieten den jungen Fruchtkapseln in ihrem frühen Entwicklungsstadium genügend Feuchtigkeitsschutz (Grebe, 1912). Die Reifezeit der Sporangien fällt zudem in die feuchten Frühjahrsmonate März bis Mai. Der morphologische und anatomische Bau sowie die Lebensstrategie dieser Pionierpflanzen aus der *Grimmia pulvinata*-

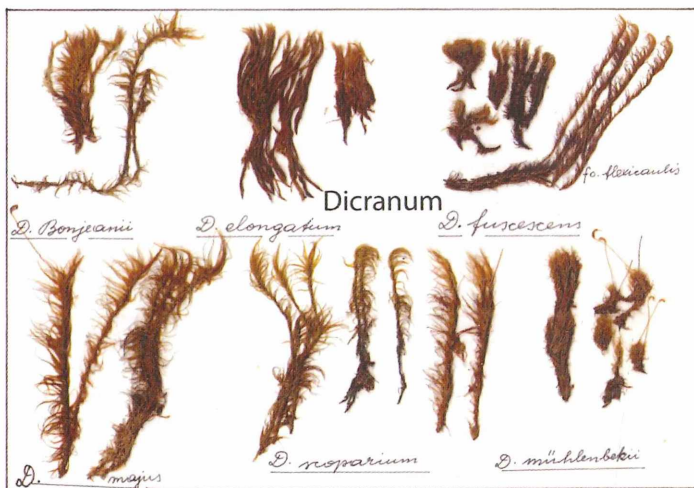


Abb. 50: Auszug aus einem Taschenherbar.



*Tortula muralis*-Assoziation erlauben ihnen daher die Eroberung dieser extremen Standorte.

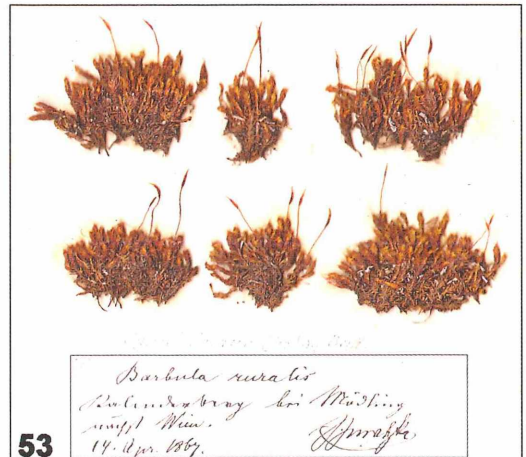
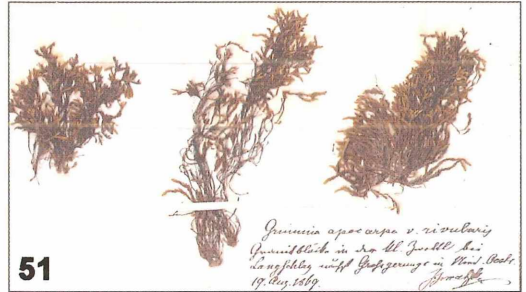
### Moose sammeln und Anlegen eines Herbars

Moose lassen sich das ganze Jahr über sammeln. Beim Sammeln lege man das größte Gewicht darauf, außer den vegetativen Teilen eines Laubmooses auch dessen Sporophyten (in guter Erhaltung mit Peristom, Deckel, Haube) zu erhalten. Eingesammelt wird ein ganzer Rasen oder ein Polster. Tiefrafige, dichte Polster kann man durch senkrecht geführte Schnitte in herbarisierbare Form bringen. Einzelne Pflänzchen haben für Bestimmungszwecke keinen Wert. Moosproben sollten die Größe eines Briefumschlages haben; sie werden am Standort in Papier eingeschlagen und sofort mit den wichtigsten Daten (Abb. 48) (Fundort, Standort, Substrat, Datum, Land, Bezirk, usw.) versehen. Am Standort werden von allen Moosen Proben genommen, nicht nur ausgesprochene Seltenheiten. Winzige Arten hebe man samt einer dünnen Erdschicht mit einem Messer ab.

Um den Zerfall des winzigen Rasens durch Lockerung der Erdteilchen zu verhindern, trage man zum Herbarisieren auf einen dünnen Streifen Karton eine kräftige Schicht Leim (Holzleim) auf und lege die Erdschicht mit der Unterseite auf die Klebermasse. Starkes Pressen ist zu vermeiden, es genügt ein leichter Druck einer Gitterpresse oder zweier Pappdeckel, die man durch eine kräftige Schnur zusammenhält. Das feucht gewordene Papier (alte Zeitungen) wechselt man öfters gegen trockenes aus; so lässt sich schon nach einigen Tagen die völlig trockene Moosprobe in beschrifteten Papierkapseln (nur eine Probe) dem Herbar einverleiben.

Es ist auch möglich, sich ein Taschenherbar (Abb. 50) anzulegen, das, immer wieder ergänzt, mit Notizen versehen werden kann und auf Exkursionen gute Dienste leistet. Ein gut beschriftetes Musterherbar für zu Hause bringt dem Moosfreund viel Nutzen: Herbarbelege können jederzeit zu Vergleichszwecken herangezogen werden. Belege (Abb. 49) zum Tausch mit Bryologen stehen zur Verfügung, um die eigene Bestimmung überprüfen zu lassen. Arten können für eine Lokalflorea dokumentiert werden. Herbarien sind problemlos aufzubewahren, weil die Moose durch ihre Inhaltsstoffe vor Insektenfraß geschützt bleiben. In den Herba-

rien der letzten Jahrhunderte sind Moose einzeln oder zu mehreren Exemplaren auf Herbarbögen (Abb. 51–53) aufgeklebt worden. Diese Methode wird nicht mehr praktiziert, weil die Gefahr der Beschädigung zu groß ist. Heute werden Moose in Papierkapseln (aus DIN A4 Bögen gefaltet) aufbewahrt.



**Abb. 51:** Aufgeklebte Moose vom Bryologen Juratzka aus dem Jahre 1869. – **Abb. 52:** Herbarbeleg vom Bryologen Ronniger von 1870. – **Abb. 53:** Herbarbeleg vom Bryologen Juratzka.



Neben der Darstellung dieser Zusammenhänge sehe ich den Sinn meiner Arbeit auch darin, interessierten Naturfreunden zu zeigen, dass die Ästhetik und Zweckmäßigkeit in der Natur nicht nur an exotischen Objekten studiert werden kann, sondern ebenso an unauffälligen, wenig beachteten Pflanzen, die zudem direkt vor unserer Haustüre wachsen und nur darauf warten, uns ihre Reize zu präsentieren und uns zu ständig neuen Entdeckerfreuden führen.

#### Literaturhinweise

- Frahm, J.-P.: Biologie der Moose. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2001.
- Frahm, J.-P., Frei W.: Moosflora. UTB Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 2004.
- Frahm, J.-P.: Moose. Eine Einführung. Weissdorn-Verlag, Jena 2006.
- Goebel, K.: Organografie der Pflanzen, 3. Auflage, II. Teil, Bryophyten – Pteridophyten. Gustav Fischer, Jena 1930.
- Grims, F.: Die Laubmoose Österreichs, Catalogus Florae Austriae, II. Teil, Bryophyten (Moose), Heft 1, Musci (Laubmoose). Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien 1999.
- Kremer, B. P.: Flechten, Moose, Farne. Mosaik Verlag, München 1991.
- Lorch, W.: Anatomie der Laubmoose. Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin 1931.
- Lorentz, P. G.: Moosstudien. Leipzig 1867. In: Lorch, W.: Anatomie der Laubmoose. Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin 1931.
- Lorentz, P. G.: Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose. Pringshs. Jahrbuch für wiss. Bot. 1867–1869. In: Lorch, W.: Anatomie der Laubmoose. Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin 1931.
- Mönkemeyer, W.: Die Laubmoose Europas. In: Rabenhorst, L. (Hrsg.): Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Leipzig. Reprint J. Cramer, Weinheim 1927.
- Nebel, M., Philippi, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart 2000.
- Probst, W.: Biologie der Moos- und Farnpflanzen. UTB Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg 1986.
- Richards, P.: A book of mosses. With 16 plates from Johannes Hedwig's descriptio muscorum. Penguin Books, London 1950.
- Stützel, Th.: Evolution und Biodiversität der Pflanzen. Skriptum. Bilder Moose 4. Ruhr-Universität Bochum, Spezielle Botanik, 1996.
- von der Dunk, K.: Moose unter der Lupe. IDH-Verlag, Bad Münstereifel 1988.

Verfasser: Bruno Ortner,  
Pyrawang 44, 4092 Esternberg, Österreich,  
E-Mail: brunoortner@A1.net

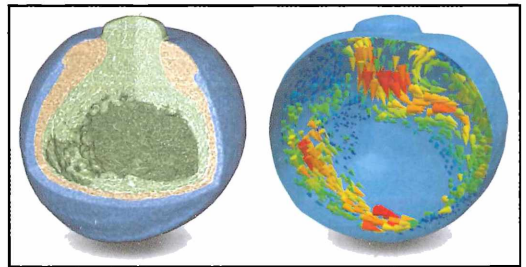
## Kurze Mitteilung

### Röntgentomografie am lebenden Froschembryo

Schon klassische Röntgenbilder erlauben es, in das Körperinnere von Lebewesen zu schauen. Nun liefern Röntgenstrahlen auch Informationen über die frühe Embryonalentwicklung von Wirbeltieren. Im Fachmagazin *Nature* stellt ein deutsch-russisch-amerikanisches Forscherteam unter Leitung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) die neue Methode vor. Über zwei Stunden hinweg beobachteten sie die frühe embryonale Entwicklung des Afrikanischen Krallenfrosches mit zellulärer Auflösung und in 3-D. Dazu nutzen sie statt der Absorption von Röntgenwellen deren Beugung (Moosmann et al., 2013).

*Beugung von Röntgenstrahlung an Gewebe stellt eine hochauflösende Bildgebungsmethode für weiche Gewebe dar*, erklärt Ralf Hofmann, einer der Autoren der Studie und Physiker am KIT. *In unseren Untersuchungen konnten wir*

*nicht nur einzelne Zellen und Teile derer Struktur auflösen, sondern auch die Wanderbewegung von Zellen und Zellverbänden.* Die Röntgenbeugung erlaubt es, ähnliche Gewebe



**Abb. 1:** Röntgenphasenkontrast-Tomografie: Der frühe Froschembryo in zellulärer Auflösung (links) und mit Zell- und Gewebebewegung über Flussfeldalgorithmen (rechts) (Bild: Alexey Ershov, KIT).

aufgrund winziger Variationen des Brechungsindex zu unterscheiden. Sie kommt aber im Vergleich zur klassischen Absorptionsbildgebung ohne Kontrastmittel und mit geringeren Röntgendosen aus. Dies ist insbesondere bei empfindlichen Geweben wie bei Froschembryonen von enormem Vorteil. In der Studie interessierten sich die Forscher insbesondere für die Verschiebungen und Formveränderungen der Zellverbände während der so genannten Gastrulation.

Während der Gastrulation kommt es zur Ausbildung und Spezialisierung der Gewebestrukturen, sodass aus einer zunächst ballonförmigen Anordnung von wenigen hundert Zellen ein komplexer Organismus mit differenzierten Geweben wie Nervenbahnen, Muskeln und inneren Organen entstehen kann.

*Mit Hilfe der Röntgenbeugung konnten wir nun dabei zuschauen, welche koordinierten und individuellen Zellbewegungen während der Gastrulation ablaufen*, stellt der Zoologe Jubin Kashef, Co-Autor und Nachwuchsgruppenleiter am KIT, fest. Erstmals wurde am lebenden Embryo nachvollzogen, wie Zellen gemeinschaftlich agieren und dabei flüssigkeitsgefüllte Hohlräume entstehen und vergehen. Stimuliert durch die Wanderbewegung einzelner Zellgruppen beteiligen sich weitere Zellen. Sie bilden Zellverbände, die nicht nur gemeinsame Wegstrecken absolvieren, sondern sich während der Wanderung und in Abhängigkeit von ihrer Umgebung verändern. Dabei gruppieren sich Zellen neu, um Gewebearten der zukünftigen Organe, etwa dem Gehirn oder der Haut, zu bilden.

*Es ist faszinierend, diese Prozesse am einzelnen, lebenden Froschembryo – quasi live – ablaufen zu sehen*, so Hofmann und Kashef. *Wir gewinnen dadurch wichtige, grundlegende Erkenntnisse*. Dies gilt sowohl für morphologische und dynamische Aspekte der Embryonalentwicklung als auch für die Klärung zugrunde liegender molekularbiologischer Mechanismen. Der Afrikanische Krallenfrosch (*Xenopus laevis*) ist eines der wichtigsten Modellsysteme für die Entwicklungsbiologie und erlaubt die Untersuchung auch für Menschen und andere Säugetiere relevanter Entwicklungsmechanismen. In weiteren Studien könnten nun die abweichende Ausprägung von Merkmalen mit dem gezielten Ausschalten von Schlüssel-Proteinen korreliert werden. Die neue Untersuchungsmethode, die aus dem Ineinandergreifen

modernster Röntgenmesstechnik, intelligenter Bildanalyse und Biologie entsprungen ist, soll dazu an den Synchrotronanlagen ANKA in Karlsruhe und APS in Chicago fest etabliert und einem breiten wissenschaftlichen Anwenderkreis verschiedener Lebenswissenschaften zur Verfügung gestellt werden.

Bei der konkreten Messung durchläuft ein kohärentes Bündel von Röntgenlicht den noch kugelförmigen, rund einen Millimeter großen Froschembryo, der sich in 18 Sekunden ein halbes Mal um seine Achse dreht. Diese Variation der Durchstrahlungswinkel erlaubt es, ein tomografisches dreidimensionales Bild zu erzeugen. Da die Strahlung die verschiedenen Gewebearten mit verschiedenen Brechungsindizes unterschiedlich schnell durchläuft, kommt es zur Beugung, die in einiger Entfernung nach Austritt aus dem Embryo durch Interferenzeffekte eine charakteristische Intensitätsverteilung entstehen lässt. In den 18 Sekunden der tomografischen Aufnahme wurden rund 1200 Bilder unter verschiedenen Durchstrahlungswinkeln aufgenommen. Jedes Bild besteht wie bei einer digitalen Fotokamera aus einigen Millionen Bildpunkten.

Aus dieser Flut von Bilddaten werden die dreidimensionale Struktur und die zeitliche Entwicklung des Embryos mit Mikrometerauflösung errechnet. Die dafür maßgeschneiderten Algorithmen der dreidimensionalen Bildrekonstruktionen der so genannten Röntgen-Phasenkontrast-Mikrotomografie und der darauf aufbauenden Bild- und Bewegungsanalyse wurden an ANKA am KIT entwickelt. Wiederholt man den Prozess im Abstand einiger Minuten, so entsteht eine ganze Abfolge von 3-D-Bildern, die den zeitlichen Ablauf der Gastrulation im gesamten Embryo wiedergibt.

#### Literaturhinweis

Moosmann, J., Ershov, A., Altapova, V., Baumbach, T., Prasad, M. S., LaBonne, C. Xiao, X., Kashef, J., Hofmann, R.: X-ray phase-contrast in vivo microtomography probes new aspects of *Xenopus* gastrulation. *Nature* 497, 374–377 (2013).

# Buchbesprechung

Groepler, W.:

## Die Seescheiden von Helgoland – Biologie und Bestimmung der Ascidien.

Die Neue Brehm-Bücherei, Band 673.

Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben 2012, 454 Seiten, 385 SW-Abbildungen, 99 Farb-Abbildungen, Softcover, € 49,95, ISBN-10: 3-86617-040-8.

Mit einer hervorragend gestalteten und illustrierten Monografie über *Die Seescheiden von Helgoland* bereichern der Autor Wolfgang Groepler und *Die Neue Brehm-Bücherei* im Verlag Westarp Wissenschaften das deutschsprachige wissenschaftlich-zoologische Schrifttum. Diese umfangreiche Neuerscheinung beginnt mit einem allgemeinen Überblick über die Seescheiden oder Ascidien, eine Gruppe festsitzender Arten unter den Tunikaten (Manteltieren) aus der weiteren Verwandtschaft der Wirbeltiere. Eine selbst erarbeitete Bestimmungstabelle leitet dann in den großen speziellen Teil über, in dem der Autor mit aussagekräftigen Bildern die 19 regelmäßig bei Helgoland vorkommenden Ascidienarten vorstellt und im Detail behandelt, von denen er selbst zwei als Neubürger (Neozoen) auf Helgoland entdeckt hat. Hier ist nun manches Bekannte in neuer Abbildung – oft sehr schön illustriert – zu sehen, vor allem aber eine Fülle eigener neuer Forschungsergebnisse versammelt, die der Autor im Laufe der Jahre mit dem Ascidienmaterial von Helgoland erarbeitet hat. Eine gut zusammengestellte Literaturliste am Schluss mit über 600 Zitaten auf dem neuesten Stand verstärkt den Charakter einer wissenschaftlichen Monografie.

Wolfgang Groepler

DIE NEUE  
BREHM-  
BÜCHEREI

## Die Seescheiden von Helgoland



WESTARP  
WISSENSCHAFTEN

Was soll uns nun an dieser Tiergruppe fesseln? Wundervolle Ordnung im Körperbau, am besten erkennbar bei Arten mit durchsichtiger Tunica, wie *Clavelina lepadiformis*. Ordnung in der mikroskopischen Anatomie des Kiemenkorbes. Reihen von Kiemenöffnungen tragen Cilien, die in metachroner Schlagabfolge Sog erzeugen. Gestaffelte Reihen von Cilien tragenden Epithelzellen mit jeweils unterschiedlicher Struktur und Funktion sind im Endostyl vereint, wo sie den Nahrungsfilter, einen Endlosschlauch aus Schleimfäden mit feinsten Fensterchen von maximal  $0,5 \times 2,2 \mu\text{m}$  Größe sezernieren und entfalten. Wundervolle Ordnung auch in der Abfolge der Furchungen im Embryo und der dabei entstehenden Muster. Ordnung, die eingehalten werden muss, wenn die Embryogenese nicht entgleisen soll. Und Gesetzmäßigkeit auch in der Anordnung der Einzeltiere im Gesamtverband bei Kolonie bildenden Seescheiden. Die Einhaltung strenger räumlicher Ordnung scheint das Prinzip für alle Entwicklungsprozesse bei Ascidien zu sein. Aber es geht auch ganz anders: Die schöne *Clavelina*

reagiert, wenn sie malträtiert oder gar zweigeteilt wird, mit Rückbildung zu undifferenziert erscheinenden Zellklumpen, regeneriert hieraus aber wieder wohlgestaltete Ascidien; dasselbe gilt für Brutknospen, welche diese Ascidie spontan entstehen lässt.

Die Illustrationen in Groeplers Buch zeugen von den großartigen Möglichkeiten, die lebendes Ascidien-Material für den Mikroskopiker, aber auch für Studentenkurse eröffnet. Den Vorzug der Lebendbeobachtung weiß erst derjenige zu ermessen, der einmal Studenten im Binnenland anhand von konserviertem Material für die Tiergruppe der Seescheiden zu erwärmen hatte.

Hier ist aus Sicht des Rezensenten und vermutlich vieler anderer potenzieller Nutzer ein letzter Schritt zur Abnehmer-orientierten Perfektion bei der Abfassung des Buches entfallen, nämlich die Formulierung von Material und Methoden für den praktischen Einsatz lebender Ascidien und ihrer Entwicklungsstadien in der Lehre. Allerdings wird der Interessierte durch frühere schöne, praxisorientierte Aufsätze desselben Autors über Fortpflanzung und Entwicklung von Seescheiden aus Helgoland entschädigt [BIUZ 13, 27–31 (1983), 14, 150–154 (1984); MIKROKOSMOS 74, 65–71 (1985), 79, 259–266 (1990), 82, 129–135 (1993)]. Aber viele Lebensregungen adulter Ascidien (beispielsweise Herzschlagumkehr, Reflexbewegungen, Bau und Funktion der Kiemen) verdienen dieselbe Aufmerksamkeit in der Lehre.

Dessen ungeachtet ist der Autor zu einem lebendigen, umfassenden und ungemein inhaltsreichen Text zu beglückwünschen und dem Verlag für seinen Mut und ein wohl gelungenes Buch zu danken.

Albrecht Fischer, Köln



# Mikroskopische Studien an Kakteen

Siegfried Hoc

**Es gibt zahlreiche Kakteen-Liebhaber und -Sammler, aber kaum ein Liebhaber-Mikroskopiker befasst sich mit dem mikroskopischen Aufbau dieser Pflanzen. Dabei genügen einfache Handschnitte oder Quetschpräparate, ohne diese anzufärben, um einen Einblick in die Anatomie dieser Bewohner von Trockengebieten zu erhalten.**

**K**akteen sind bedecktsamige, zweikeimblättrige Blütenpflanzen. Durch das reichlich entwickelte wasserspeichernde Gewebe ist die Sprossachse dick und sukkulent geworden. Die Laubblätter sind zu winzigen Schuppen reduziert, die man oft nur im Neutrieb erkennen kann. Die Achselknospen sind zu Areolen (Stachelpolster) umgebildet. Im Wurzelsystem ist in der Regel das Wachstum der Seitenwurzeln stark ausgeprägt: Kakteen sind ausgesprochene Flachwurzler.

Die Stacheln sind nichts Anderes als umgebildete Blätter – im botanischen Sinn also Dornen. Da die zu Dornen umgebildeten Blätter nicht mehr die Assimilation der Pflanze durchführen können, hat nun der Chlorophyll-haltige sukkulente Spross die Assimilation und Transpiration übernommen.

Alle sukkulenten Pflanzen sind durch fleischig-saftige Gewebe gekennzeichnet, die der Wasserspeicherung dienen. Bei sehr vielen Kakteen können die Dornen Wasser aufnehmen. Um den Wasserverlust zu minimieren, haben viele Kakteen eine Kugelform angenommen und damit die Oberfläche verkleinert. Zudem ist die Oberfläche mit einem wasserundurchlässigen Film beschichtet, und die Epidermis ist von einer besonders dicken Kutikula überzogen. Die Spaltöffnungen sind tagsüber geschlossen, wodurch der Wasserverlust durch die Transpiration verhindert wird. Der Gasaustausch, der für die photosynthetische  $\text{CO}_2$ -Fixierung erforderlich ist, erfolgt nachts, wenn die Wasserbilanz nicht gefährdet ist.

Kakteen sind Stammsukkulenten. Sie sind ein eindrucksvolles Beispiel für Konvergenz. Darunter versteht man die durch natürliche Auslese bedingte gleichartige Ausgestaltung systematisch weit auseinander stehender Arten. So

sind neben den Kakteen auch *Euphorbia*-Arten, *Stapelia*-Arten (Aasfliegen-Blumen), die zu den Asteridae gehörende *Kleinia stapeliiformis* oder die zu den Weinreben zählende *Cissus cactiformis* Stammsukkulenten, also an Trockenklimata besonders angepasste Pflanzen (Xerophyten).

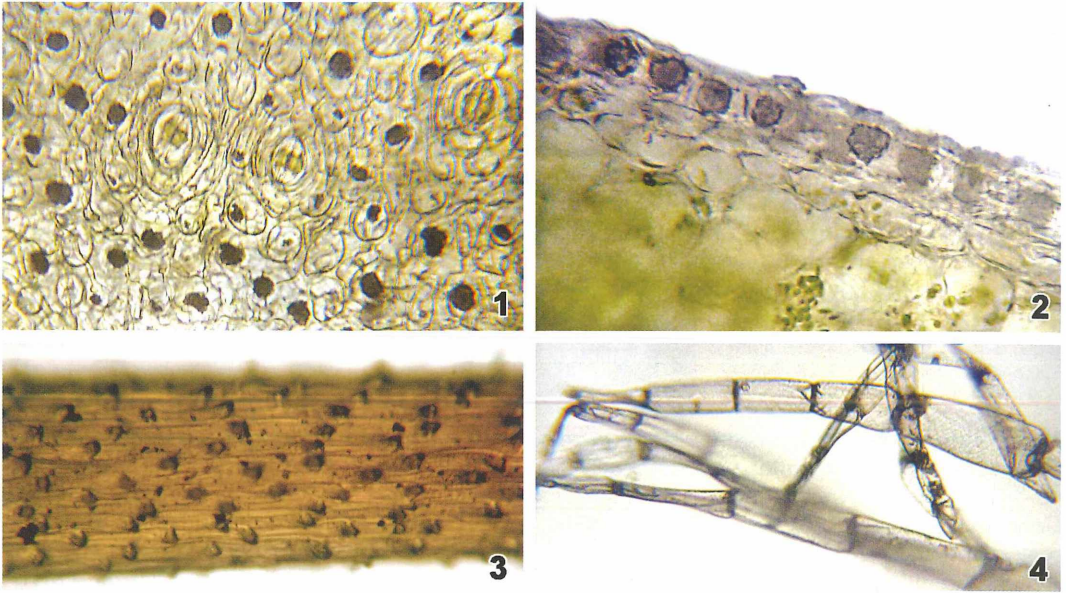
Die grünen, fleischigen Sprossachsen der Kakteen sind sowohl Speicher- als auch Photosynthese-Organen. Ihr Wasserspeichergewebe besteht aus großen dünnwandigen, schleimhaltigen Parenchymzellen, die von Chloroplasten frei sind.

## Ausgewählte Kakteen-Arten

Ein typischer Stammsukkulente ist der Blattkaktus (*Phyllocactus*) mit seinem blattförmigen Spross. Ein Flächenschnitt der Rinde zeigt zahlreiche Spaltöffnungen, die konzentrisch von sichelförmigen Epidermiszellen umgeben sind (Abb. 1). Ein Stängelquerschnitt offenbart unter der farblosen Epidermis die Chlorophyll führenden Zellen (Chlorenchym) und dazwischen eingestreut große, blasige Schleimzellen. Die enthalten den Schleim, auf dem die Sukkulenz der Pflanze beruht (Abb. 2).

Um die Spaltöffnungen genauer zu untersuchen, schabt man mit einer Lanzettadel von einem Stück *Phyllocactus* das Chlorenchym der Innenfläche vorsichtig ab und stellt von der zurückbleibenden Haut Schnitte her. Hierzu klemmt man das zu schneidende Objekt in Hölzchen ein. An den Schnitten zeigt sich deutlich, dass die Schließzellen nicht in der Epidermis eingesenkt sind.

Auf den seitlichen Einkerbungen des *Phyllocactus*-Sprosses entspringen Dornen und weiße Haare. Die Dornen sind aus langen, spindelför-



**Abb. 1:** Epidermis eines Feigenkaktus mit Spaltöffnungen und eingelagerten Kristalldrusen. Vergr. 100fach. – **Abb. 2:** Querschnitt durch einen Spross eines Feigenkaktus mit Epidermis (mit eingelagerten Kristalldrusen), darunter Chlorophyll führende Zellen (Chlorenchym) und dazwischen Schleimzellen. Vergr. 100fach. – **Abb. 3:** Dorn, aufgebaut aus langen, spindelförmigen, abgestorbenen Zellen mit verdickten Wänden. Vergr. 100fach. – **Abb. 4:** Haare, aufgebaut aus einem Band abgestorbener Zellen. Vergr. 100fach.

migen Zellen mit verdickten Wänden aufgebaut, die Haare bestehen aus einem Band von Zellen (Abb. 3 und 4).

Die dem *Phyllocactus* vergleichbare Anatomie zeigt der Kugelkaktus [*Echinocactus* und *Mamillaria* (Warzenkaktus)]. Ein Schnitt durch den Gesamtkörper zeigt, dass das Chlorenchym nur unter der Epidermis zu finden ist, alles andere Gewebe besteht aus weißem, wasserspeicherndem Parenchym mit großen Speicherzellen, die mit Schleim angefüllt sind.

Eine Besonderheit des Feigenkaktus *Opuntia ficus indica* sind die in der Epidermis eingelagerten Kristalldrusen, die in Quer- oder Längsschnitten auffallen (Abb. 1 und 2).

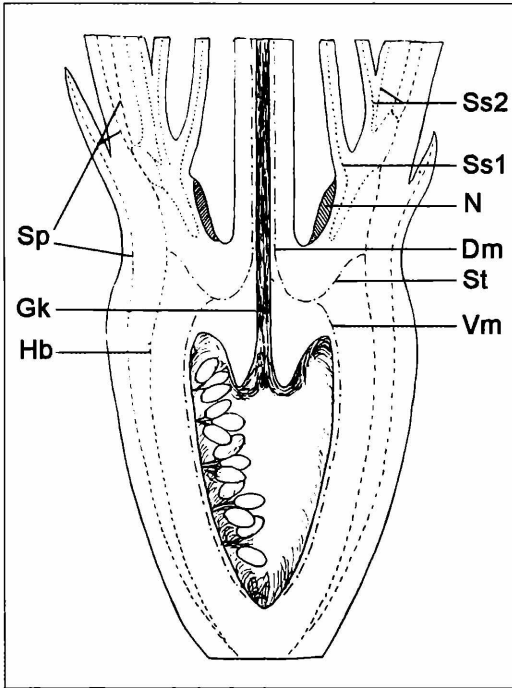
### Untersuchung an der Blüte

Von der Blütensystematik her gehören die Kakteen zur Unterklasse Caryophyllidae und darin zur Ordnung Caryophyllales (Centrospermae). Das sind überwiegend krautige, zur Sukkulenz und abnormalen Dickenwachstum neigende Pflanzen. Die Kakteen haben sich wahrscheinlich vor sehr langer Zeit aus den Ahnen der Phytolaccaceae (Kermesbeeren-Gewächse) ent-

wickelt. In der Blütenentwicklung haben die Kakteen aber verschiedene, auch bei anderen Caryophyllales auftretende Entwicklungstendenzen kombiniert, was auch mikroskopisch nachweisbar ist.

Ein Querschnitt durch die Mitte des Pericarpells (Fruchtknotenöhnlung) eines Weihnachtskaktus (*Zygocactus*) zum Beispiel, zeigt die Samenanlage, die aber bei jeder Kakteenart Unterschiede aufweist. Der unterständige Fruchtknoten beim Weihnachtskaktus kommt dadurch zustande, dass der eigentliche Fruchtknoten (die Carpel) in die hohle Blütenachse eingeschlossen und mit ihr verwachsen ist. Daher die Bezeichnung Peri(= umgebend) carpell. [Nicht zu verwechseln mit Pericarpium (= um die Außenschichten der Frucht)]. Beim Weihnachtskaktus ist das Pericarpell dick und kantig und eingeklemmt in Hohlundermark mit einem Rasiermesser gut zu schneiden. Im medianen Längsschnitt erkennt man die Haarauskleidung des Endokarps [Innenwand der Fruchtknotenwand (Pericarp)] mit der Samenanlage. Die Haarauskleidung vereinigt sich im oberen Teil (Abschluss des Pericarpells) zu einer Besonderheit: Zu einem Pseudoparenchym unterhalb des Griffelkanals (Abb. 5).





**Abb. 5:** Schematischer Längsschnitt durch den unteren Teil einer Blüte des Weihnachtskaktus. Dm dorsaler Ast (Dorsalmedianus) der zum Griffel führt, Gk Griffelkanal, erfüllt mit Pseudoparenchym, Hb Hauptgefäßbündel der Blütenhülle, N Nektardrüsen, Sp Spurstränge der Blütenhülle, Ss Gefäßbündel der Staubblätter, St Gefäßbündel des unterdrückten Carpellstiels, Vm ventraler Ast (Ventralmedianus), der zu den Plazenten verläuft (nach Buxbaum, 1961).

### Literaturhinweise

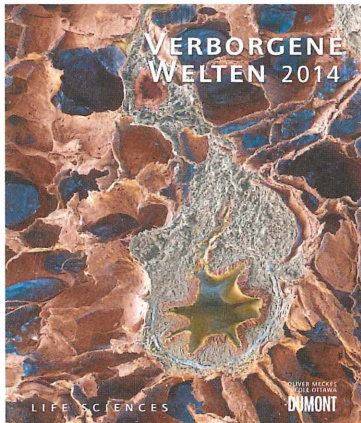
- Buxbaum, F.: Wir untersuchen die Entwicklung einer Kakteenblüte. *Mikrokosmos* 50, 75–81 (1961).  
 Buxbaum, F.: Kakteensamen unter Lupe und Mikroskop. Teil I. *Mikrokosmos* 66, 268–274 (1977).  
 Buxbaum, F.: Kakteensamen unter Lupe und Mikroskop. Teil II. *Mikrokosmos* 66, 307–309 (1977).  
 Hoc, S.: Auch Dauergewebe kann zum Pflanzenwachstum beitragen. *Mikrokosmos* 98, 56–58 (2009).  
 Jurzitza, G.: Eine polyarche Dicotylenwurzel. *Mikrokosmos* 71, 362–363 (1982).  
 Nultsch, W.: Allgemeine Botanik, 3. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1968.  
 Raven, P. H., Evert, R. F., Curtis, H.: Biologie der Pflanzen. Walter de Gruyter, Berlin 1985.  
 Starck, D., Fiedler, K., Harth, P., Richter, J.: Biologie. Verlag Chemie, Weinheim 1981.  
 Strasburger, E., Noll, F., Schenck, H., Schimper, A. F. W.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 30. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1971.  
 von Sengbusch, P.: Einführung in die Allgemeine Biologie. Springer Verlag, Berlin 1974.

Verfasser: Dipl.-Biol. Siegfried Hoc,  
 Donaustraße 1a, 82140 Olching,  
 E-Mail: Siegfried-Hoc@t-online.de

Die Fotos fertigte an:  
 Josef Häckl,  
 Brucker Straße 16A, 82275 Emmering.

## Nachricht

### Und wieder ist ein Jahr vergangen



Spätestens, wenn der neue *eye of science*-Kalender von Oliver Meckes und Nicole Ottawa aus Reutlingen auf dem Markt erscheint, weiß man, dass das neue Jahr nicht mehr fern ist. So auch in diesem Jahr. Der Großformat-Kalender *Verborgene Welten 2014* (Abbildung) wird, wie seit Jahren, vom DuMont Kalenderverlag aus Köln angeboten (35,00 €; ISBN 978-3-8320-2472-7; [www.dumontkalender.de](http://www.dumontkalender.de)). Diesmal umfasst das bunt gemischte Themenspektrum folgende 12 Stationen: Holzkohle, Schalenamöbe, Milzbrand-Erreger, Blatt mit Chloroplasten, Unterkiefertaster des Marienkäfers, Natriumnitrat, Grüne Blattlaus, Spinalganglien, Solarzelle, Lungengewebe, Eichen-Prozessionsspinner, Pollen der Färbekamille. Es ist müßig, darauf hinzuweisen, dass die Monatsbilder wieder von erlesenster Qualität sind. Durch diesen Kalender könnte die immer wieder etwas mühselige Suche nach einem passenden Weihnachtsgeschenk für einen lieben Mitmenschen, welcher sich für die mikroskopische Dimension begeistern kann, sehr zufrieden stellend beendet werden.

Redaktion MIKROKOSMOS



## Form und Funktion im Mikro- und Makrobereich

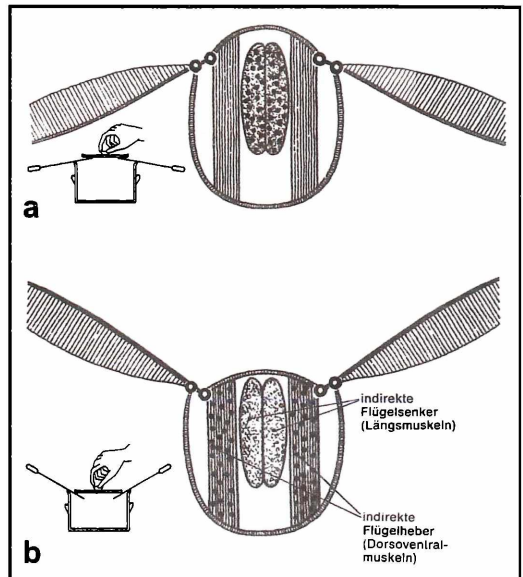
### Wie Fliegen und Mücken ihre Flügel schwingen lassen

Werner Nachtigall und Alfred Wisser

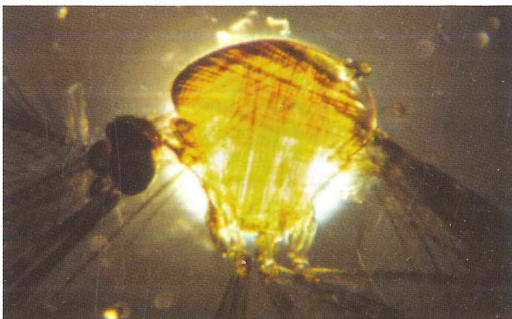
**Kleine Insekten sind durch eine hohe Flügelschlagfrequenz gekennzeichnet. Fliegen lassen ihre Flügel mit etwa 250 Schlägen pro Sekunde schwingen, Mücken mit bis zu 500, die kleinsten Pilzmücken mit über 1000. Wie machen sie das?**

Diese Frage hat die Insektenforscher lange beschäftigt. Eines ist klar: Bei solch hohen Frequenzen geht es nicht mehr mit einem direkten Flügelantrieb, wie er etwa für Libellen typisch ist. Bei diesen Meistern der Flugsteuerung greifen Flugmuskeln direkt an der Basis eines jeden der vier Flügel an. Abschlagsmuskeln ziehen ihn abwärts, Aufschlagmuskeln aufwärts. Wie oft kann sich ein derartiger Muskel in der Sekunde kontrahieren? Auf jeden Fall 20 bis 40 Mal. Libellen arbeiten denn auch mit solchen Frequenzen, Heuschrecken – die einen großen Anteil an direkten Muskeln haben – sind etwas langsamer. Auf jeden Fall reichen diese vergleichsweise geringen Frequenzen bei solch großen und ursprünglichen Tieren aus. Riesige Libellen gab es ja bereits im Karbon. In den folgenden geologischen Zeiträumen sind die Insekten kleiner geworden und müssen deshalb aus physikalischen Gründen mit höheren Frequenzen arbeiten. Die Lösung aus diesem

Dilemma brachte bei den Dipteren (Zweiflüglern) eine Neuentwicklung: Der indirekte Flügelantrieb. Hier greifen die Muskeln nicht mehr am Flügel selbst an, sondern verformen das Bruststück des Insekts, den Thorax. In diesem sind die beiden Flügel so eingelenkt, dass sie durch diese Verformungen ab- und aufwärts bewegt werden.

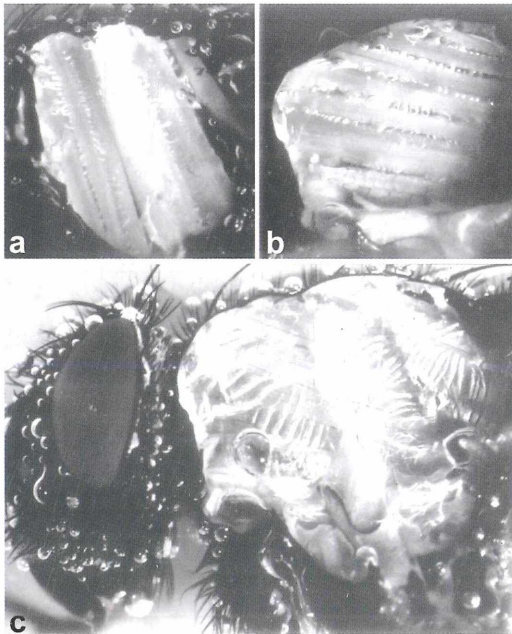


**Abb. 2:** Stark vereinfachtes Prinzipschema der Wirkung indirekter Flugmuskeln einer Fliege. Thorax querschnitt, von hinten gesehen. Jeweils aktiver Muskel überpunktet. Daneben analoge Schemata des Topf-Deckel-Prinzips. **a** Mitte Flügelabschlag. **b** Mitte Flügelaufschlag.



**Abb. 1:** Flugmuskeln einer Mücke. Aufgehelltes Präparat. Thoraxregion hinterleuchtet.

Die Abbildung 1 zeigt das Aufhellpräparat einer Mücke; der Thorax ist durch die Beleuchtung hervorgehoben. Man erkennt zwei Muskelbündel. Eines zieht in der Mitte des oberen Teils von vorne-oben nach hinten-unten, also ungefähr in Längsrichtung durch den Thorax. Das sind die dorsalen Längsmuskeln. Wenn man einen Querschnitt durch den Thorax von hinten betrachtet, erscheinen diese Muskeln also quergeschnitten (Abb. 2). Sobald sie sich kontrahieren, beulen sie den Thorax auf, und die Flügel, die im Prinzip ähnlich eingelenkt sind wie zwei Kochlöffel zwischen einem Topf und einem etwas zu klein geratenen Deckel, senken sich (Abb. 2a; Flügelabschlag). Im Aufhellpräparat sieht man noch ein anderes Muskelbündel, das von hinten-oben nach vorne-unten, also ungefähr von der Rückenseite (dorsum = Rücken) zur Bauchseite (venter = Bauch) zieht. Das sind die Dorsoventralmuskeln. Sie verlaufen etwa unter 90° zu den Längsmuskeln und liegen beidseitig dazu weiter außen. Im Thoraxquerschnitt erscheinen sie längsgeschnitten (Abb. 2). Sobald diese sich kontrahieren, heben sie die vorherige Verspannung auf und verformen den Thorax andersherum. Dadurch heben sich die Flügel (Abb. 2b; Flügelaufschlag).



**Abb. 3:** Flugmuskeln einer Schmeißfliege, *Calliphora erythrocephala*. Aufeinanderfolgende Präparationsschritte.

Das ist das Prinzip des indirekten Flügelantriebs. Festhalten sollte man nur, dass das Topf-Deckel-Modell stark übersimplifiziert ist, doch ist es gerade deshalb hilfreich, wenn man sich das Ganze einmal vorstellen will.

Mit ein wenig Geschick, einer Präpariernadel und einem Miniskalpell (Rasierklingsplitter schräg in Holzstäbchen gefasst) kann man die Flugmuskulatur eines am besten in Formol gehärteten Schmeißfliegenrumpfes unter dem Binokular präparieren. Die Abbildung 3, die so orientiert ist wie Abbildung 1 (Kopf links), zeigt die Präparationsschritte an einem ungehärteten Exemplar; hier sind die Muskeln nicht geschrumpft. Man öffnet zunächst den linken Thorax seitlich und erkennt die linken Dorsoventralmuskeln (Abb. 3a). Nach deren Abpräparation kommen die linken dorsalen Längsmuskeln zum Vorschein (Abb. 3b). Beim weiteren Abpräparieren kommt man an die Grenze zu den rechten dorsalen Längsmuskeln, die man nun von innen sieht, und hinter denen bereits die rechten Dorsoventralmuskeln durchscheinen (Abb. 3c). Natürlich kann man noch weitermachen. Auffallend sind – wenn man unter Wasser präpariert – die vielen silbrig glänzenden Tracheenröhrchen, die den Luftsauerstoff direkt an die Muskelzellen führen.

Und warum kann diese indirekte Muskelmaschinerie so hohe Flügelschlagfrequenzen erzeugen? Wahrscheinlich bildet der Thorax mitsamt seinen Muskeln und Flügeln im Leben ein Resonanzsystem. Einmal angestoßen, schwingt er in sich, und die Flügel schwingen auf und ab. Damit er nicht zur Ruhe kommt, muss er zwischendurch immer wieder angestoßen werden. Aber nicht bei jedem einzelnen Flügelschlag, sondern vielleicht bei jedem fünften. Da kommen die Muskeln dann mit. Werner Nachtigall (1969) hat denn auch einmal nachgewiesen, dass die Frequenz der elektrischen Aktionspotentiale in den Flugmuskeln, die anzeigen, dass sich der Muskel gerade kontrahiert, sehr deutlich geringer ist als die Flügelschlagfrequenz.

#### Literaturhinweis

Nachtigall, W.: Gläserne Schwingen. Aus einer Werkstatt biophysikalischer Forschung. Moos, München 1969.

**Verfasser:** Prof. em. Dr. rer. nat. Werner Nachtigall und Dr. rer. nat. Alfred Wisser, Außenstelle Technische Biologie und Bionik der Akademie der Wissenschaften Mainz und FB 8, Biowissenschaften, der Universität des Saarlands. Postanschrift: Postfach 151150, 66041 Saarbrücken, E-Mail: a.wisser@mx.uni-saarland.de



# **E.L.M.I. Expertensystem für die Lichtmikroskopie – Ein universell einsetzbares Werkzeug zur Dokumentation und Annotation mikroskopischer Aufnahmen**

## **Teil 3: Datenbank, Annotation und E.L.I.S.**

Gerhard Kauer

Eine Sammlung von Mikrofotos kann einen unermesslichen Schatz darstellen, wenn man zusätzlich zu den Bildern noch wissenswerte Information speichert. Dennoch ist das Anhäufen von Information als solches nicht viel wert, wenn diese nicht rasch wiedergefunden werden kann. In diesem Artikel soll in einem Überblick gezeigt werden, wie man mit E.L.M.I. eine wert- und wirkungsvolle Informationsdatenbank aufbauen kann und wie biologische Objekte über E.L.I.S. in einen größeren Kontext gestellt werden können.

**W**ie oft möchte man sich nicht die Haare raufen, wenn man vor seinem Dateiexplorer Bilder ansieht und zum n-fachen Male vergessen hat, wo man die Erklärungen zu seinen fotografierten Objekten zuletzt fand. Was stand im Artikel zu dem fotografierten Billroth-Strang nochmals? Stand dort nicht auch etwas Interessantes über den venösen Milzsinus? Ach ja, und das Kernvolumen der im anderen Foto deutlich zu sehenden T-Lymphocyten war wie groß gewesen? Und da war doch dieser eine T-Lymphocyt, den man so lange im Bild suchen musste. Wo war der nur noch schnell mal in der PALS versteckt gewesen.... Der hatte doch so eine auffällige Struktur im Zellkern gehabt. ...

### **Wozu Ordnung halten, wenn man doch suchen kann**

Nutzt man E.L.M.I.s Annotations- und Datenbankmöglichkeiten finden solche Suchen rasch ein erfolgreiches Ende. Die Informationsfelder, welche man zur Eingabe der Daten verwendet hat, dienen E.L.M.I. gleichzeitig auch als Eingabemasken für eine Datenbankabfrage. Tief in seinen Softwareeingeweiden arbeitet in E.L.M.I. eine der ausgereiftesten Datenbankmaschinen, die man für (erschwingliches) Geld kaufen kann: CodeBase. Dies ist der objektorientierte und für moderne relationale Methoden über

viele Generationen weiterentwickelte Nachkomme des sehr bekannten D-Base Kerns. Der Autor hat für E.L.M.I. und seine Programmmodule eine Lizenz dieser Database-Engine erworben, die eine unbeschränkte Verbreitung an seine User erlaubt. Die Suchanfragen, welche man an die E.L.M.I. Implementation dieser Engine stellen kann, folgen letztendlich den allgemeinen Logikbefehlen und der Datenbanksprache von D-Base. Allerdings wurde für E.L.M.I. ein eigenes Konzept entwickelt, um die Abfragen so wenig abstrakt und so einfach wie möglich zu gestalten. So wird eine komplexe Befehlsformulierung nur in Ausnahmefällen und bei sehr komplizierten Suchanfragen notwendig sein. In den meisten Fällen erzeugt E.L.M.I. den Befehlssatz und die Befehlsstruktur zur Datenbankabfrage automatisch im Hintergrund. Der Benutzer merkt normalerweise nichts von dessen Komplexität, sondern tippt einfach Schlagworte in die betreffenden Informationsfenster ein und klickt auf einen Abfrageknopf, um die passenden Bilder heraus-sortiert zu bekommen. Das war's!

### **Ein kleines Beispiel gefällig?**

Für diesen Artikel wurde eine kleine Beispieldatenbank von nur acht (Stereo-) Bildern Umfang angelegt (Abb. 1), um exemplarisch zu zeigen, wie eine Datenfilterung aussehen kann.





**Abb. 1:** Eine sehr kleine Datenbank zur Demonstration der Abfrage-logik. **a** und **b** *Episyrphus balteatus*, **c** *Aglais urticae*, **d** *Myathropa florea*, **e** *Lasius niger*, **f** *Bombus hortorum*, **g** und **h** *Apis mellifera*.

In der Datenbank sind folgende Aufnahmen und Daten enthalten:

2 Fotos von *Episyrphus balteatus*

- a) Ort: Steingarten, Zeit: 31.07.2011, 18 Uhr 50
- b) Ort: Wiese, Zeit: 31.07.2011, 18 Uhr 43

2 Fotos von *Apis mellifera*

- a) Ort: Wiese, Zeit: 13.08.2011, 20 Uhr 16
- b) Ort: Wiese, Zeit: 14.08.2011, 10 Uhr 09

1 Foto von *Aglais urticae*

- Ort: Wiese, Zeit: 13.08.2011, 20 Uhr 11

1 Foto von *Myathropa florea*

- Ort: Steingarten, Zeit: 13.08.2011, 15 Uhr 38

1 Foto von *Lasius niger*

- Ort: Wiese, Zeit: 23.04.2012, 10 Uhr 58

1 Foto von *Bombus hortorum*

- Ort: Wiese, Zeit: 23.04.2012, 15 Uhr 33

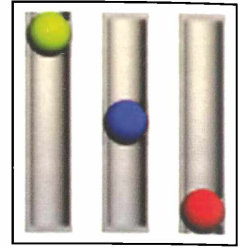
### Erstes Abfragebeispiel

Es sollen alle *Episyrphus balteatus* gefunden werden. Hierzu klickt man auf E.L.M.I.s W-Knopf („Wischt“ alle Eingabefenster leer). Man möchte eine Suchanfrage anhand des Namens starten, also tippt man nun Episyr in das Namensfeld ein (das genügt in diesem einfachen Beispiel, um *Episyrphus balteatus* zu finden) und klickt auf E.L.M.I.s Lupenknopf. Die Datenbankabfrage listet sofort beide Bilder auf. Man erkennt in der Statusanzeige, dass zwei Datensätze aus insgesamt acht gefunden wurden. Scrollt man nun durch diese gefundenen Bildsätze hindurch, so erkennt man, dass die tatsächliche Datenbankposition des herausgesuchten Bildes zusätzlich in Klammern notiert wird. Man kann zu Vergleichszwecken zwischen dem gefilterten Datensatzbestand und dem Gesamtdatensatzbestand hin und herwechseln, in dem man auf E.L.M.I.s „Buchknopf“ drückt.

### Zweites Abfragebeispiel

Es sollen alle Fotos außer denen, welche *Episyrphus balteatus* enthalten, gefunden werden. Man möchte also „NICHT“ *Episyrphus balteatus* erhalten. Zunächst werden die Fensterinhalte mit dem W-Knopf gelöscht und man tippt „Episyr“ ein. Für die NICHT-Logik muss man nun lediglich den kleinen grünen Ball links neben dem Eingabefenster nach unten ziehen. Die

**Abb. 2:** Globale Abfragelogik für ein einzelnes Eingabefeld: Grün = OR („auch enthalten“), Blau = AND („muss enthalten“), Rot = NOT („soll nicht enthalten“).



Logik ändert sich entsprechend (Abb. 2). Die Abfrage lautet also: „Roter Ball“ = „NICHT“ „Episyr“. Aktiviert man die Abfrage mit dem Lupenknopf, dann erhält man scrollbar 8–2 = 6 gefundene Datensätze, eben diejenigen, welche NICHT „Episyr“ enthalten.

### Drittes Abfragebeispiel

Es sollen alle Fotos von *Episyrphus balteatus* gefunden werden, die in einem Steingarten aufgenommen wurden. Alle Eingabefelder haben ihre Logikkugeln auf „Grün“. Man betätigt den W-Knopf, tippt wieder „Episyr“ in das Namensfeld ein und geht nun in das Fundortfenster. Dort tippt man „Steingarten“ ein und aktiviert den Lupenknopf und – ist (scheinbar) enttäuscht! Die Abfrage lieferte drei Ergebnisse, statt des erwarteten einzigen: Zwei Fotos von *Episyrphus balteatus*, eins in einem Steingarten aufgenommen, das andere nicht + 1 Foto von *Myathropa florea* in einem Steingarten am 13.08.2012 aufgenommen = 3 Fotos! Was ist passiert? Das scheinbar falsche Ergebnis hängt mit der Abfragelogik zusammen: Eine grüne Logikkugel heißt logisches „OR“ (im Deutschen am besten mit „sowohl“ oder „auch“ zu übersetzen). Das bedeutet für die Abfrage, dass man alle Bilder sucht, die sowohl „Episyr“ als auch „Steingarten“ enthalten. Klar, dass man aber sehr viel schärfer abfragen möchte: NUR die Bilder welche „Episyr“ UND „Steingarten“ enthalten, sollen gefunden werden. Damit gestaltet sich die Abfrage anders: Die Kugel im Fenster für „Steingarten“ wird auf „blau“ (= „UND“) eingestellt. Also heißt dann die Abfrage: Alle Bilder die (gleichzeitig) die Merkmale „Episyr“ UND „Steingarten“ tragen sollen gefunden werden. Also: [Grüne Kugel „Episyr“] → [blaue Kugel „Steingarten“] → [W-Knopf] → [Lupenknopf] und man erhält – ein einziges Bild: Eine *Episyrphus balteatus*, im Steingarten (die einzige Aufnahme in der

Datenbank mit beiden Merkmalen gleichzeitig = logisches AND). Logisch ist auch, dass die Kombination grüne Kugel „Episyr“ und rote Kugel „Steingarten“ in der gegebenen Datenbank dann das andere Bild der *Episyrphus balteatus* liefert, weil man alle *Episyrphus balteatus* haben möchte, die NICHT in einem Steingarten aufgenommen wurden. Auch klar: Rote Kugel „Episyr“ und blaue Kugel „Steingarten“ liefert dann die *Myathropa florea* als einziges Bild in der oben beschriebenen Datenbank, die nicht *Episyrphus* ist, sich aber im Steingarten befand.

#### Viertes Abfragebeispiel

Es sollen alle Fotos gefunden werden, die am 13.08.2011 gemacht wurden: W-Knopf, dann in das Datumsfeld gehen und 13.08.2011 tippen (oder Kalenderknopf benutzen). Dann die Suchanfrage über den Lupenknopf starten. Es werden die drei Bilder von *Aglais urticae*, *Myathropa florea* und *Apis mellifera* gefunden. Möchte man Bilder finden, die nach dem 13.08.2011 gemacht wurden, notiert man vor das Datum ein Größerzeichen: >13.08.2011. Es werden drei Bilder gefunden: *Apis mellifera* (14.08.2011), *Lasius niger* und *Bombus hortorum*. Mit der roten Kugel vor dem Datumsfeld ergibt sich die Frage NICHT > 13.08.2011, was dann zu fünf Datensätzen führt: *Episyrphus balteatus* (2×), *Myathropa florea* (denn das ist GLEICH dem 13.08.2011), *Aglais urticae*, *Apis mellifera*. Abfragen mit > = und < = funktionieren natürlich auch.

#### Fünftes Abfragebeispiel

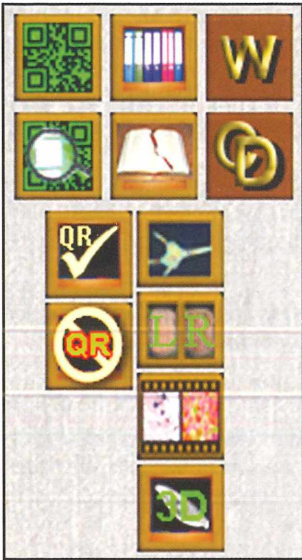
Die Beispiele sollen nicht überhand nehmen – es gibt eine sehr umfangreiche Liste noch zu erwähnender Datenbankbefehle, aber dazu sei auf die entsprechenden Informationen der E.L.M.I. Homepage verwiesen. Nur eine Option soll noch angedeutet werden, die zeigen soll, wie tief solche Abfragen noch gestaltet werden können: Über Befehlsmakros innerhalb der Textfelder. Es sollen nun in unserem kleinen Beispiel Bilder gefunden werden, die zwischen 11 Uhr und 20 Uhr aufgenommen wurden. Der W-Knopf wischt erst einmal wieder alle Felder leer. Man gibt dann in das Zeitfeld folgende Logik ein: >11:00.AND.<20:00, betätigt dann den Lupenknopf und erhält in oben genannter Datenbank vier Datensätze: *Episyrphus balteatus* (2×), *Myathropa florea* und *Bombus hortorum*.

Einen exakten Namensvergleich kann man mit einem Befehl ebenfalls erzwingen: Möchte man eine Namensabfrage sensibler gestalten, dass also die Eingabe von *Episyrphus* exakt passende Datensätze liefert, kann man ein Gleichheitszeichen vor die Anfrage stellen: .AND=.Episyrphus. Im Testbeispiel findet .AND=.Episyr keinen Datensatz mehr. Die Syntax muss exakt eingehalten werden.

#### L.I.M.S. und die Laser: Schießen Sie sich doch Ihre Records auf den Schirm

Die Datenbankfunktionen von E.L.M.I. sind extrem umfangreich, und eine ausführlichere Darstellung würde den Umfang dieses Artikels sprengen. Es sollen nur zwei weitere, wirklich sehr große Bereiche erwähnt werden: Das in Ansätzen vorhandene und QR-Code unterstützte Labor-Informations-Management und die Unterstützung von L.I.M.S. durch die bereits erwähnten Themen. Gerade für histologische Präparate ist es von enormem Vorteil, wenn man E.L.M.I. zur QR-Codierung einsetzt. Man druckt Befunde bis zu 800 Zeichen Umfang auf einem Selbstklebeetikett aus und befestigt dieses einfach auf dem Objektträger. Nun kann E.L.M.I.s Datenbank nicht nur handgeschriebene Datenbankkommandos interpretieren, sondern reagiert blitzschnell auf diese QR-Codes, welche neben dem reinen lesbaren Text natürlich auch spezielle Kommandos enthält, auf die E.L.M.I. reagiert. Halten Sie E.L.M.I. mit einem Handscanner einen derartig codierten Objektträger vor die Lasernase, sucht das Programm automatisch alle passenden Datensätze heraus oder fügt diese Informationen einem neu zu definierenden Datensatz hinzu, was besonders geschickt ist, wenn man erstmalig Fotos von einem bereits QR-codierten Objektträger macht. Alle Felder wie zum Beispiel Name des Objekts, Fixiermittel, Färbung, Befund, werden dann mit den Informationen, welche sich schon auf dem Objektträger befinden, voreingestellt und mit einer LiveView Aufnahme direkt und zeitsparend in die Datenbank geschrieben. Welche der beiden Möglichkeiten des QR-codierten Suchens oder QR-codierten Schreibens von E.L.M.I. ausgeführt werden sollen, wenn man mit dem Laserscanner zu Werke ist, kann man über eine Voreinstellung (Abb. 3) festlegen. Diese erscheint automatisch, wenn ein geeigneter Handscanner an den Rechner angeschlossen





**Abb. 3:** Wird ein geeigneter QR-Code Scanner (Gryphon-GD44xx) angeschlossen, werden diese zusätzlichen Optionen zugeschaltet. Damit können Daten von Objektträgern eingelesen oder Datenbankabfragen mit einem einfachen Scan auf das Objektträgerlabel ausgelöst werden.

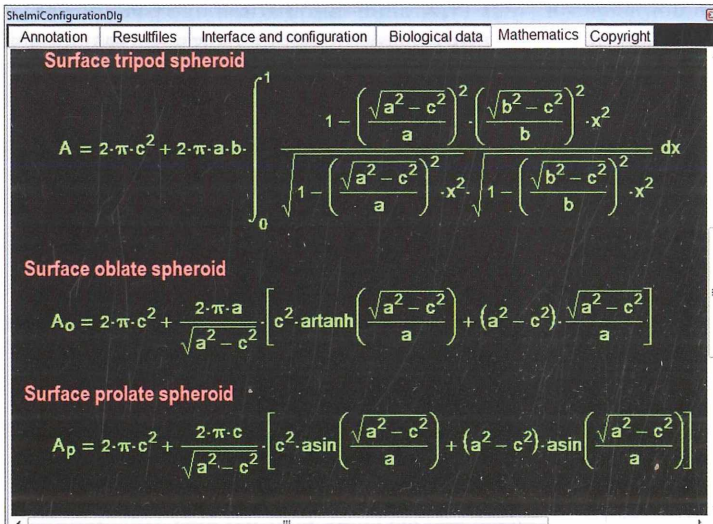
wird. Popup-Balloons helfen, den richtigen Knopf auszuwählen. Über die ebenfalls frei gestaltbaren Themen kann ein so genannter L.I.M.S. Sachbezug hergestellt werden, der die Rückführung der Daten in noch größere Datencluster ermöglicht. So ein Laserscanner kann übrigens auch direkt am Mikroskop angebracht werden, wodurch die Datenbank des Mikrovision-Arbeitsplatzes gleich beim Einlegen des Präparates unter das Mikroskop reagiert und die Befunde am Schirm darstellt. E.L.M.I. ist für

den Multi-Monitorbetrieb gedacht. Auf insgesamt sechs geclusterten Monitoren wurden auf diese Weise an einer Monitorwand die annotierten Befunde neben den mikroskopischen Aufnahmen vergleichend dargestellt.

### Annotation – Stapeln Sie doch hoch!

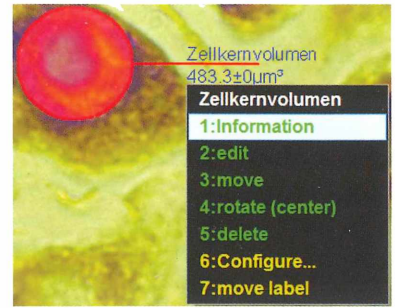
Die Annotation von Mikrofotos dient dazu, einen umfassenden Befund für jedes einzelne Bild zu erzeugen. Sowohl eine allgemeine Beschreibung als auch numerisch/grafische Auswertungen, die innerhalb der Aufnahme gemacht wurden, können mit E.L.M.I. fest an das Bild gebunden werden. Nun kann man zwar schon im Datenbankbereich sehr viele Informationen zum Bild unterbringen, jedoch möchte man sicherlich auch innerhalb der Fotografie Details hervorheben, kommentieren oder bestimmte Sachverhalte durch Messungen darstellen. In das Bild hineinzukommentieren kann nicht im Datenbankbereich bewerkstelligt werden. Hierzu dient das Modul Sh.E.L.M.I. mit seinen weitreichenden grafischen und textuellen Annotationsmöglichkeiten.

Somit wird man prinzipiell generelle Information, die zum Wiederfinden und Recherchieren dienen, in die Informationsfenster des Datenbankbereichs unterbringen, während detailliertere, direkt im Bild darzustellende, insbesondere den Sachverhalt im Bild erläuternde Information in den Annotationsbereich von Sh.E.L.M.I. organisiert werden sollte.



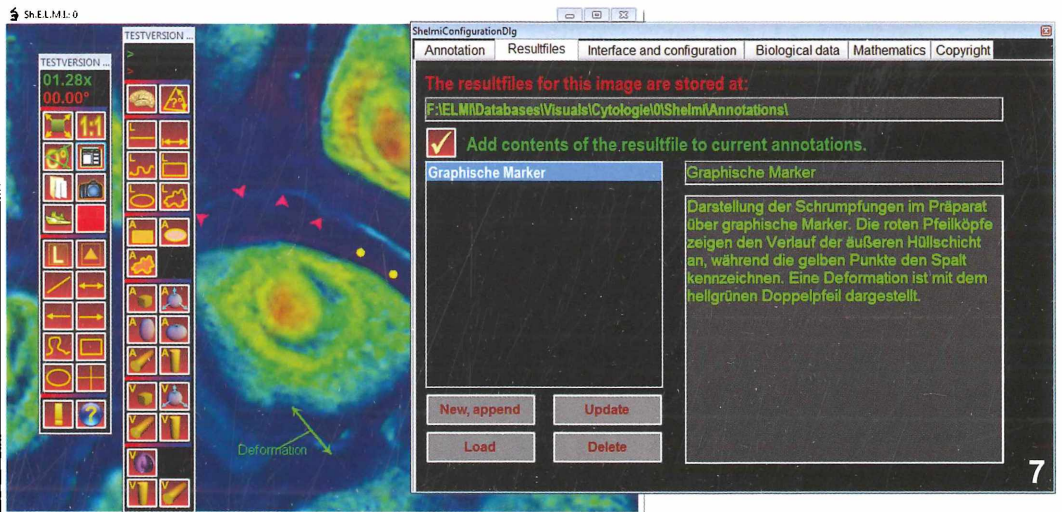
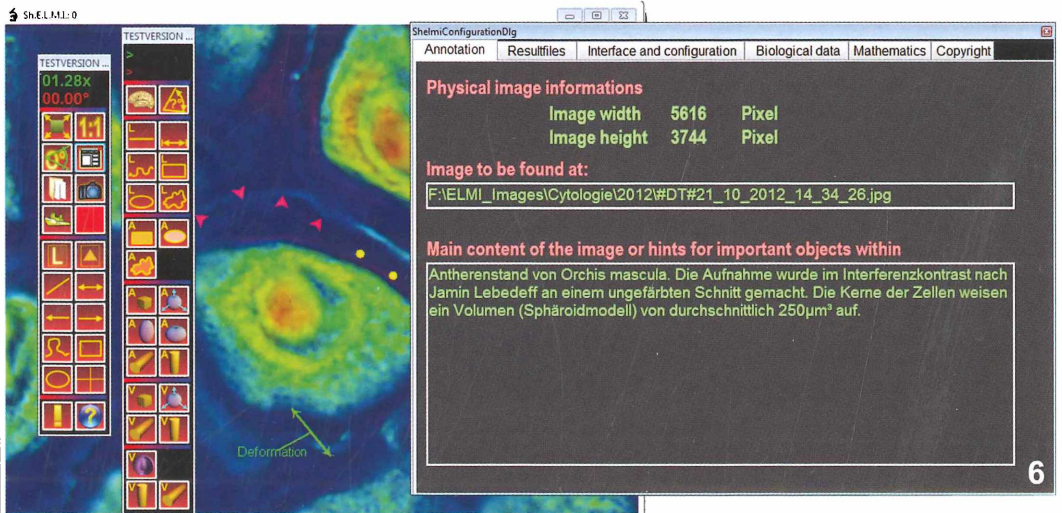
**Abb. 4:** Die mathematischen Methoden zur Abschätzung der Längen, Flächen und Volumina sind offen gelegt und können jederzeit eingesehen werden.

**Abb. 5:** Jedes grafische Objekt kann ausgiebig konfiguriert und editiert werden. Ein Mausklick auf das Label des Objektes öffnet derartige Popupmenüs.



**Abb. 6:** Die globale Annotation dient dazu, alle generellen Aspekte des Befundes zu dokumentieren. –

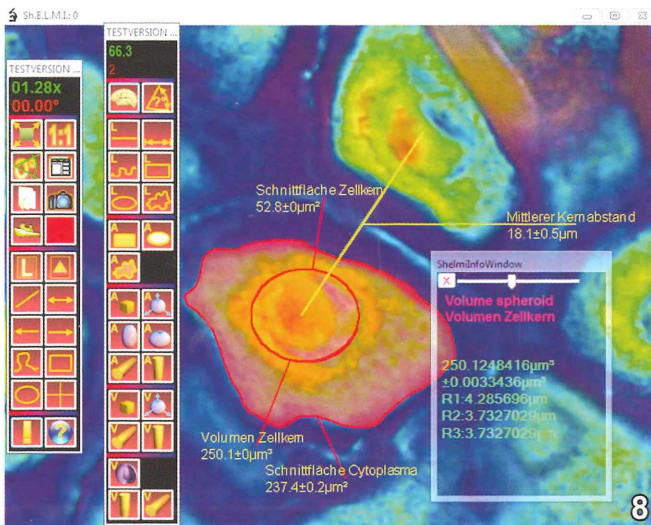
**Abb. 7:** Ein Annotationslayer mit einfachen grafischen Hinweisen wurde angelegt. Der erläuternde Text wird eingegeben, um bei einer späteren Auswahl den gewünschten Layer wiederzufinden.



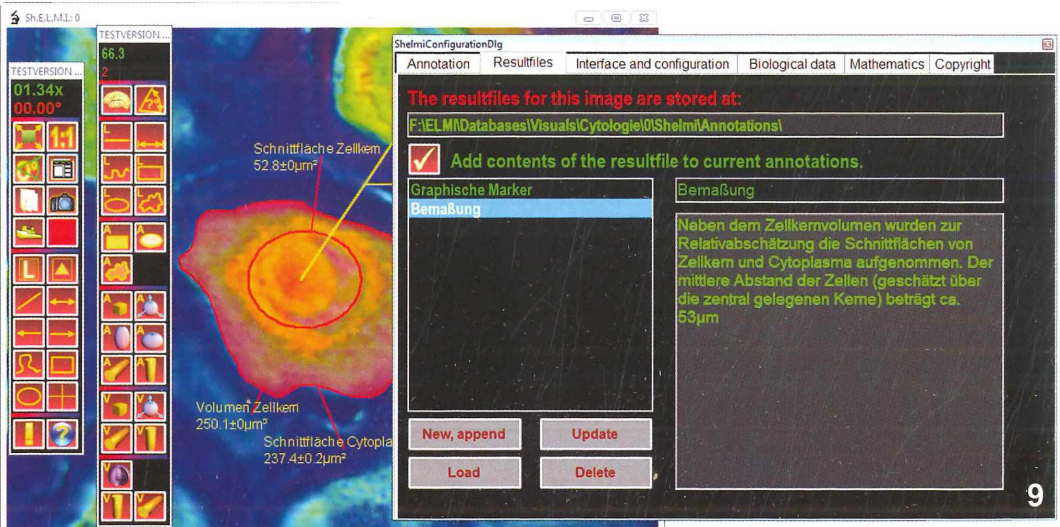


Das Annotationsmodul Sh.E.L.M.I. bietet stets einfache grafische Marker an, mit denen auf besondere Strukturen innerhalb des Bildes hingewiesen werden kann. Mit einfachen Textmarkern können die Bilder auch beschriftet werden. Hat man einen Mikrometerfaktor bestimmt, so wird automatisch eine weitere Leiste mit Messwerkzeugen eingeblendet. Neben einfachen Längenmessungen hat man auch die Möglichkeit, Flächen und über integrierte Volumenmodelle (Sphäroid, Zylinder und Kubus) auch Oberflächen und Volumina beziehungsweise Hohlvolumina abzuschätzen (Abb. 4). Wird das Bild rotiert oder gezoomt, passt Sh.E.L.M.I. alle grafi-

schen Einträge so an, dass die Beschriftungen stets horizontal ausgerichtet werden. Alle Annotationsobjekte können über einen Mausklick sehr komfortabel und ausgiebig konfiguriert werden (Abb. 5). Die Maus verändert sich zum „Fingersymbol“, wird sie über ein grafisches Objekt bewegt. Klickt man nun, erhält man über ein Menü weitere Optionen. Der Beschriftungstext liegt beispielsweise selten an einer günstigen Stelle im Bild. Über die Option „move label“ kann man diesen vom grafischen Objekt trennen und anderswo platzieren. Dabei spannt sich eine „Nabelschnur“ vom Label zum Objekt, so dass der Bezug immer eindeutig bleibt.



**Abb. 8, 9:** Bemaßungen innerhalb des Bildes werden in einen weiteren Layer zusammengefasst. Flächen werden transparent dargestellt, um das „darunterliegende“ Präparat nicht zu sehr zu verdecken.





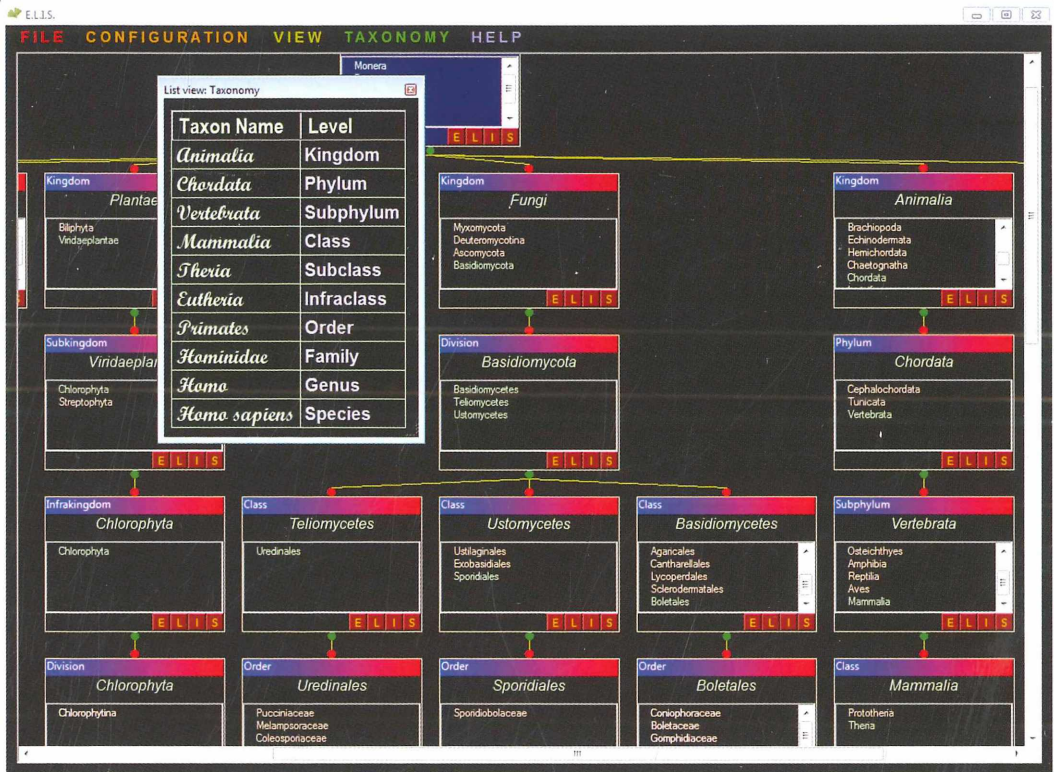


Abb. 10: E.L.I.S. kann taxonomische Information suchen und sowohl in Baumform als auch in einer Liste darstellen.

Die Annotation in Sh.E.L.M.I. sollte zunächst mit einer globalen Beschreibung des Bildinhaltes beginnen (Abb. 6). Schließt man den Dialog, wird die Annotation gespeichert. Nun würde man mit der grafischen Bezeichnung beginnen. Damit das Ganze übersichtlich bleibt, sollte man logisch zusammengehörige Information in Layern organisieren. Zunächst werden einfache grafische Marker im Zellbereich platziert. Für das Beispielsbild wird daraufhin ein Layer "Graphische Marker" mit erläuterndem Text angelegt und die einfachen Marker darin gespeichert (Abb. 7). Dann klickt man nach dem Schließen des Dialogs auf das Ausrufezeichen (links neben dem gelben Hilfe-Fragezeichen) des Marker-Panels. Damit werden alle bisherigen grafischen Annotationen aus dem Bild entfernt. Im zweiten Schritt wird im Bild eine Bemaßung vorgenommen: Geschätztes Zellkernvolumen (Sphäroidmodell), Fläche des Zellkerns und Fläche des Cytoplasmas im Schnittpräparat, sowie noch der mittlere Abstand von Zellkernen benachbarter Zellen

(Abb. 8). Diese Annotation wird in einem weiteren Layer mit dem Namen „Bemaßung“ nebst einigen Erläuterungen dazu gespeichert (Abb. 9). Somit hat man die Möglichkeit, die bei Bedarf interessierenden Informationen schön übersichtlich abzurufen. Würde man alles in einen einzigen Layer quetschen, würde sich schon bei diesem einfachen Beispiel ein unübersichtliches Bild ergeben. In der Hilfe (gelbes Fragezeichen in der Werkzeugleiste) sind die Schritte zur Annotation nochmals ausführlich erläutert.

### E.L.I.S., das wissensdurstige Schwesterchen

E.L.I.S. ist eine Neuentwicklung des Jahres 2013 und ergänzt E.L.M.I. um eine taxonomische Datenbank mit einem aktuellen Umfang von etwas mehr als 600.000 Taxa. Die Datenbank wird bei der Installation zunächst als ZIP-Datei lokal auf den Rechner gelegt. Wird E.L.I.S. das erste Mal gestartet, so wird die taxonomische Datenbank auf dem Rechner

installiert. Das dauert schon mal, je nach Fitness des Rechners, ein paar Minuten. Danach kann man mit E.L.I.S. jedoch jederzeit in nahezu Echtzeit durch die 600.000 Taxa browsen und über eine Baumstruktur taxonomische Studien betreiben (Abb. 10) und nach Herzenslust Taxa suchen (lassen). Über ein TaxonChart kann man sogar beliebig viele Taxa nebeneinander stellen und Vergleichsstudien betreiben. E.L.I.S. und E.L.M.I. sind eigentlich für den Multimonitorbetrieb gedacht. Man sollte E.L.I.S. nicht schließen, wenn sie schon einmal auf dem Schirm ist. E.L.M.I. kommuniziert im Hintergrund heftig mit seinem Schwesterchen, und das sollte man auch gestatten. Wenn man nämlich in einem Feld einen taxonomischen Begriff entdeckt hat, so genügt ein Rechtsklick darauf, um von E.L.M.I. heraus eine taxonomische Anfrage an E.L.I.S. zu starten. Binnen kürzester Zeit hat man dann die Möglichkeit, dort die taxonomische Nachbarschaft zu erkunden, weitere Text- und Bilddokumente (Abb. 11 und 12), auch aus dem Internet, zu laden und seine Datenkollektion zum gerade beobachteten Mikrofoto mit Videos, Bildern und auch erdgeschichtlichen Informationen (so es Sinn macht) zum beobachteten Taxon auf seiner Festplatte zu ergänzen. Für paläontologisch Interessierte: E.L.I.S. bietet über 450 geologisch relevante Stufen, Epochen, Perioden, Ären, und erlaubt sich zwei Äonen (offiziell gibt es nur ein Äon) (Abb. 13). E.L.I.S. nutzt die U.S. amerikanische ITIS Datenbank, erweitert diese jedoch an entscheidenden Stellen: 1. Man hat die Informationen offline zur Verfügung. 2. Man kann beliebig viel (auch multimediale) Information zu jedem Taxon sammeln. 3. Man kann Trivialnamen in beliebigen Sprachen hinzufügen (Abb. 14) und suchen. 4. Geologische (paläontologische) Daten werden berücksichtigt und 5. das Wichtigste: Man kann seine eigenen Taxa hinzufügen!

### **Geplante Weiterentwicklungen und Danksagungen**

E.L.M.I. soll ein weiteres Modul erhalten, das es ermöglicht, aus nahezu jedem beliebigen Mikroskop ein automatisches z-Stapel-Scanningmikroskop zu machen. Hierzu wird ein

Arduino-Chip die Echtzeitansteuerung eines Scanningmotors und das Auslesen eines Höhendetektors übernehmen. E.L.M.I. kommuniziert mit diesem Chip über USB. Die normierten z-Stapeldaten werden an E.L.M.I. übermittelt. Damit wird es möglich, geeignete Elektronikbauteile vorausgesetzt, die Höhenabstände der Stapelbilder in Absolutmikrometern bei beachtlicher Höhenauflösung zu erhalten. Aktuelle Tests ergaben, dass diese mit dem eingesetzten Elektroniksensor tatsächlich an der z-Auflösungsgrenze der Optik liegt. Zunächst wird ein Export der z-normierten Bildstapel zu Picolay, Helicon-Focus oder ähnlichen Softwarepaketen notwendig sein, bald danach jedoch soll das gesamte z-Stapelprocessing zur 3D-Rekonstruktion ebenfalls über ein E.L.M.I. Modul bewerkstelligt werden. Das bereits in E.L.M.I. integrierte 3D-(Shutterbrillen) Visualisierungsmodul kann dann das z-Stapel rekonstruierte Objekt völlig farbecht und ruckelfrei im 3D-Raum interaktiv-drehend-zoomend darstellen (über die erwähnten 3D-Mäuse von 3D-Connexion).

Das Annotationsmodul Sh.E.L.M.I. soll in absehbarer Zeit eine stochastische Auswertungsoption für erhobene Messungen erhalten. So kann dann beispielsweise eine Serie (z. B. Volumenmessungen an Zellkernen) Kolmogorov-Smirnov-getestet mit (z. B. entsprechend wissenschaftsbasierten) Daten korreliert (Tumor/nicht Tumor) und/oder deren Korrelationsfunktion ermittelt werden. Geplant sind ferner die Implementation gängiger stochastischer Tests (Z-Test, T-Test,  $\chi^2$ -Test, F-Test, ANOVA) und Regressionsberechnungen (linear, quadratisch, kubisch, polynominal, exponentiell, logarithmisch, logistisch, usw.) auf die erhobenen Stichproben nebst grafischer Darstellung/Export für Publikationen.

E.L.M.I. und E.L.I.S. sind Module, die stets frei verfügbar sein werden. Die Idee war, ein stetig wachsendes Software Tool zu gestalten, das alle in der mikroskopischen Praxis notwendige und vorstellbare Datenverarbeitung integriert. Natürlich kann und soll das Programmpaket auch in Zukunft weiter umgestaltet, modifiziert und erweitert werden. Es ist als Software Tool konzipiert, das über die Scientific Community definiert werden und auch über deren Anforde-

Taxon

## Cyanophycota


### Bluegreens

ID= 601

Description | Images | Sound documents | Video documents | Natural history | Common names

Normal Arial 12 B I U

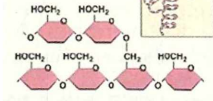
1 2 3 4 5 6 7 8 9



Ribosomen angelagert. Ohne scharfe Abgrenzung im inneren der Zelle befindet sich das mehr oder weniger farblose Centrioplasma. Darin befinden sich feulgenpositive Strukturen, also DNA-haltige Strukturen. Darüberhinaus findet man auch Reservestoffe wie:

- Glycogen
- Stärke
- Volutinpolyphosphat (auch bei Bakterien enthalten)

#### Glycogen



Cyanophyceen besitzen keinen echten Zellkern. Das Elektronenmikroskop zeigt im Centrioplasma kleine stäbchenförmige Körper, die sich teilen können. Deren Gesamtheit wird als Chromatinapparat bezeichnet

INS Page: 1 Line: 3 Col: 2

11

Taxon

## Bacteria

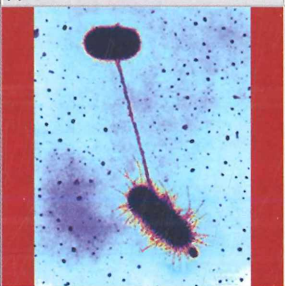
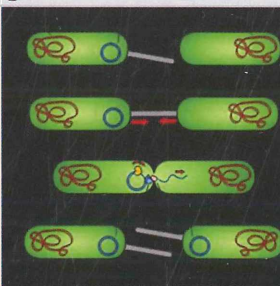
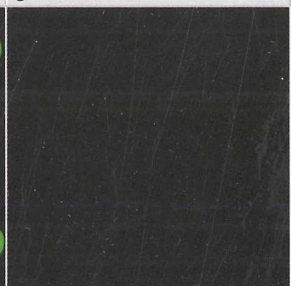
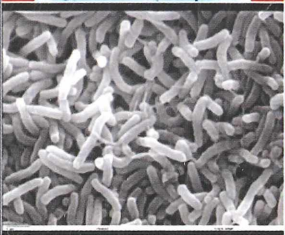
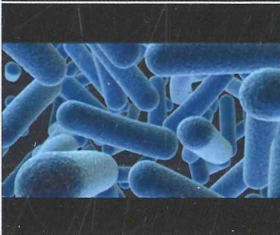
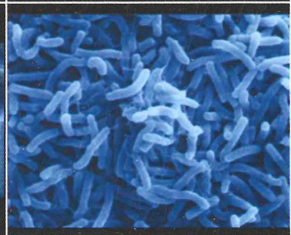
### Bakterien

First appearance: Paläoarchaikum

ID= 202421

Description | Images | Sound documents | Video documents | Natural history | Common names

A B C

Images

Clipboard

Original

Text

12



rungsprofile wachsen soll. Das ist eine echte Mammutaufgabe. Der Autor würde sich folglich sehr freuen, wenn weitere Mikroskopiker mit entsprechender Programmiererfahrung (vorzugsweise in C# oder C++) am Ausbau dieser Projekte teilnehmen und mitgestalten möchten. Sowohl E.L.M.I. als auch E.L.I.S. bieten hierzu entsprechende Schnittstellen, vom simplen Spawning über Interprozesskommunikation und DDE bis hin zu klar definierten Software-IC-Interfaces. Ebenfalls könnte man über eine am Hochschulserver installierte Datenbank zur Taxonomie (z.B. Taxa, die man in E.L.I.S. vermisst und manuell hinzugefügt hat), mikroskopische Präparationsmethoden oder eine Optikdatenbank nachdenken. Hier könnten Interessierte ihre Daten zum allgemeinen Download zur Verfügung stellen. In solch einem Fall könnte der Autor in E.L.M.I. entsprechende Export-/Importfunktionen implementieren. Auch hier würde sich der Autor über entsprechende Vorschläge freuen.

Aus den mittlerweile etwas mehr als 500 internationalen Downloads hat sich ein kleiner, aber erfreulich intensiv interessierter Kreis von Anwendern zusammengefunden. Allen möchte ich an dieser Stelle für die aufmunternden Zuschriften danken. Einen ganz besonderen Dank möchte ich in diesem Zusammenhang jedoch an Heinz Mikle (Schweiz) und Dr. John Rock (Großbritannien) richten. Ihre vielen Wünsche, Anregungen und Hinweise ließen manche Option in E.L.M.I. und E.L.I.S. entstehen und trugen sehr zur Verbesserung der Programme bei. Heinz, mit dem mich mittlerweile eine herzliche Skype-gestützte Freundschaft verbindet, sei ganz besonders für die „homöopathisch einzunehmenden Schokoladenmengen“ gedankt, die den Blutzuckerspiegel durch zu langes Programmieren – was leider zu oft während der frühen Morgenstunden vor dem eigentlichen Hochschulbetrieb stattfinden muss – erfolgreich stützten.

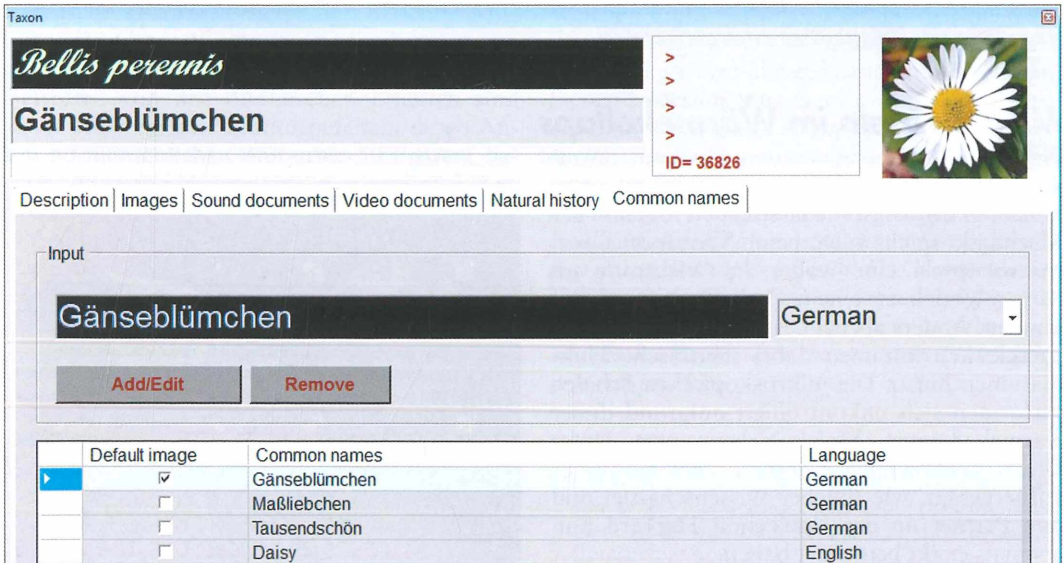
The screenshot shows the E.L.I.S. interface for the taxon 'Bakterien'. The top section displays the taxon name and a 'First appearance' field set to 'Paläoarchaikum' with ID=202421. Below this is a navigation bar with tabs for Description, Images, Sound documents, Video documents, Natural history, and Common names. The main content area features a 'First appearance' search bar with a value of 3.4 billion years, a timeline visualization, and a table of geological periods and ages.

Begin	End	Unit	Name
3.6 billion years	3.2 billion years	Period	Paleoarchean

Begin	End	Unit	Name
1.6 billion years	1.4 billion years	Period	Calymmian
1.8 billion years	1.6 billion years	Period	Statherian
2 billion years	1.8 billion years	Period	Osirian
2.3 billion years	2 billion years	Period	Rhyacian
2.8 billion years	2.5 billion years	Period	Neoarchean
2.8 billion years	2.5 billion years	Period	Siderian
3.2 billion years	2.8 billion years	Period	Mesoarchean
3.6 billion years	3.2 billion years	Period	Paleoarchean
4 billion years	3.6 billion years	Period	Eoarchean
4.1 billion years	4 billion years	Period	Early Imbrian
4.3 billion years	4.1 billion years	Period	Nectarian

Abb. 13: E.L.I.S. bietet die Möglichkeit, erdgeschichtliche Zeiträume für paläontologische Objekte in die Datenbank aufzunehmen.



**Bellis perennis**

**Gänseblümchen**

ID= 36826

Description | Images | Sound documents | Video documents | Natural history | Common names

Input: **Gänseblümchen** German

**Add/Edit** **Remove**

Default image	Common names	Language
<input checked="" type="checkbox"/>	Gänseblümchen	German
<input type="checkbox"/>	Maßliebchen	German
<input type="checkbox"/>	Tausendschön	German
<input type="checkbox"/>	Daisy	English

**Abb. 14:** Trivialnamen können der Datenbank multilingual hinzugefügt werden. Taxone können dann auch über diese gesucht und gefunden werden.

Herrn Prof. Dr. Klaus Hausmann danke ich herzlich für die nicht selbstverständliche Gelegenheit zu einem solchen „E.L.M.I.-Dreiteiler“ und der Redaktion des MIKROKOSMOS für die unglaubliche Geduld (bei viel zu langen Primärmanuskripten).

#### Bezugsquellen

E.L.M.I.: ELMI.hs-emden-leer.de

#### Literaturhinweise

Kauer, G.: Supporting microscopist's needs: new software for annotation, measurement and data mining. *Imaging and Microscopy* 14, 33–35 (2012).

Kauer, G.: E.L.M.I.: The expert system for light microscopy. *Microbe Hunter* 3, 4–18 (2013).

Mikle, H.: E.L.M.I. Expertensystem für Lichtmikroskopie. *Mikroskopische Nachrichten – Mitteilung der Mikroskopischen Gesellschaft Zürich*, Ausgabe 1, Frühjahr 2013

van Zanten, M.: Microscopiseren met E.L.M.I. computerondersteuning. *Microwereld-Nederlands Genootschap voor Microscopie* 70, 16–19 (2012).

**Verfasser:** Prof. Dr. Gerhard Kauer,  
Hochschule Emden-Leer,  
Lehrstuhl für Bioinformatik,  
Constantiaplatz 4, 26723 Emden;  
E-Mail: Gerhard.Kauer@hs-emden-leer.de

## Mikro-Markt

### Zeiss Axioskop

mit Fluoreszenzeinrichtung, Kamera und Monitor  
zu verkaufen.

Detaillierte Informationen finden Sie unter:  
[www.vende2000.de](http://www.vende2000.de)

### [www.mikroskopier-bedarf.de](http://www.mikroskopier-bedarf.de)

online-shop & Service / Reparaturen  
Tel./Fax: 0341/4 61 65 96



## Kurze Mitteilungen

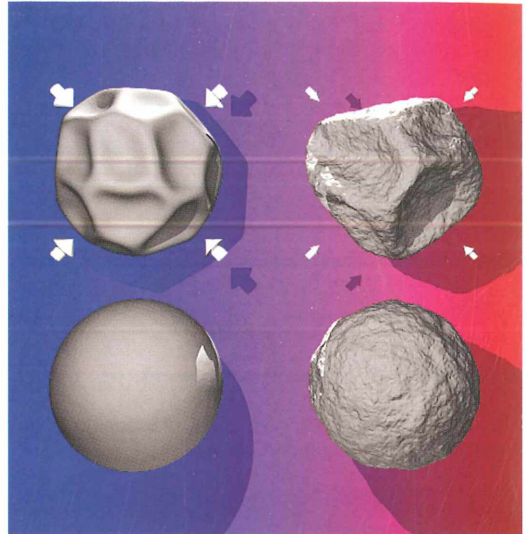
### Mikrokapseln im Wärmekollaps

Ab welchem Druck fängt eine Hohlkugel an zu kollabieren? Dieses klassische Problem der Mechanik spielt auch beim Verständnis von Mikrokapseln eine Rolle, die Wirkstoffe im Körper gezielt zu einem Organ transportieren können. Anders als bei Druckkesseln oder Taucherglocken kommen dabei thermische Fluktuationen hinzu. Die mikroskopischen Schalen verformen sich unkontrolliert aufgrund dieser wärmebedingten Molekularbewegung. Unter Druck kollabieren sie deshalb eher als bisher vorhergesagt, wie Jülicher Wissenschaftler und ihre Partner an der Universität Harvard nun erstmals exakt berechnet haben.

In den letzten Jahren wurden aus verschiedenartigen Materialien Kapseln mit einem Durchmesser von wenigen Mikro- oder Nanometern hergestellt, zum Beispiel aus elektrisch geladenen Polymeren, so genannten Polyelektrolyten, oder aus Siliziumoxid. Ihre Dynamik und Interaktion ist entscheidend für mechanische Eigenschaften, die teilweise völlig neue Möglichkeiten bieten für Implantate, Prothesen oder maßgeschneiderte Träger für medizinische Wirkstoffe. Für die Entwicklung solcher Anwendungen ist es von Interesse, präzise vorherzusagen zu können, wie sich die Kapseln unter Druck verhalten und ab welchem kritischen Wert es zum abrupten Kollaps kommt.

Die Deformation makroskopischer, starrer Kugelschalen wurde bereits vor über 50 Jahren von dem ungarisch-amerikanischen Mathematiker, Luftfahrt-Ingenieur und Physiker Theodore von Kármán sehr genau berechnet und beschrieben. Doch für den Nano- und Mikrometerbereich gilt dessen Formel nur begrenzt. *Aufgrund der thermischen Bewegung im angrenzenden Fluid sind mikroskopische Teilchen ständigen Stößen mit den umgebenden Molekülen und Atomen ausgesetzt, die sie abhängig von ihrer Elastizität und Größe unablässig verformen*, erläutert Prof. Gerhard Gompfer vom Institut für Komplexe Systeme vom Forschungszentrum Jülich.

Die Jülicher Physiker haben gemeinsam mit Wissenschaftlern der Universität Harvard auf Superrechnern simuliert, wie sich die Form der winzigen Kugelschalen unter Einbeziehung der



**Abb. 1:** Thermische Fluktuationen verursachen kleine Knicke und Dellen in der Kugeloberfläche (untere Reihe; Temperatur steigend von links nach rechts). Diese führen dazu, dass thermisch angeregte Hohlkugeln bereits bei einem niedrigeren Druck kollabieren als solche mit völlig glatter Oberfläche (obere Reihe; links hoher kritischer Druck, rechts niedriger kritischer Druck) (Quelle: Forschungszentrum Jülich).

thermischen Fluktuationen verändert (Abb. 1). *Mit unseren Berechnungen konnten wir erstmals zeigen, dass thermische Fluktuationen die Stabilität tatsächlich beeinflussen, speziell dann, wenn nicht nur die Teilchen selbst, sondern auch ihre Wanddicken im Verhältnis zum Radius sehr klein ausfallen*, so der Leiter des Bereichs Theorie der Weichen Materie und Biophysik.

Besonders stark sind die thermischen Effekte, wenn äußere Kräfte wirken, beispielsweise ein osmotischer Druck, der durch unterschiedlich hohe Stoffkonzentrationen innerhalb und außerhalb einer Zelle hervorgerufen wird. *Die thermisch bedingten Dellen und Knicke in der Oberfläche wirken wie eine Art Sollbruchstelle, die unter Druck schnell weiter anwächst. Das führt dazu, dass sich thermisch angeregte Kugeln um bis zu 20 Prozent leichter verformen und deutlich eher kollabieren, als durch die*



*klassische Theorie vorhergesagt*, berichtet Mitautor Dr. Gerrit Vliegenthart vom *Institute for Advanced Simulation*.

Betroffen von den thermischen Effekten sind unter anderem rote Blutkörperchen, deren Anteil im menschlichen Blut etwa 50 Prozent beträgt. Auf vergleichbare Werte bezüglich Größe und Elastizität kommen auch Polyelektrolyt-Kapseln, die unter anderem in der Druckindustrie als Farbkapseln eingesetzt werden. Derzeit werden sie zudem als Medikamenten-Träger weiterentwickelt, die medizinische Wirkstoffe gezielt über die Zeit abgeben oder zu bestimmten Organen transportieren können. Am stärksten wirken sich die thermischen Fluktuationen wahrscheinlich bei einem ziemlich exotischen Material aus: Mikrokapseln aus künstlicher Spinnenseide, entwickelt von Wissenschaftlern der Technischen Universität München. Ihre Hülle ist extrem reißfest und mit einer Dicke von wenigen Nanometern konkurrenzlos dünn.

Welchen Einfluss thermische Fluktuationen auf die Formstabilität haben, lässt sich Gerhard Gompper zufolge übrigens auch mit einem einfachen Experiment nachvollziehen: *Man nehme ein Blatt Papier, lege es auf den Tisch, und versuche, diagonal entgegengesetzte Kanten gegeneinander zu verschieben, was wegen der hohen Schersteifigkeit kaum gelingt. Nun zerknüllt man das Papier, streicht es fast glatt und legt es wieder auf den Tisch. Die Kanten lassen sich nun deutlich besser gegeneinander verschieben als vorher, wobei die verbliebenen Knicke im Papier den thermischen Fluktuationen entsprechen.*

#### Literaturhinweis

Paulose, J., Vliegenthart, G. A., Gompper, G., Nelson, D. R.: Fluctuating shells under pressure. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 19551–19556 (2012). (Internet: arXiv:1210.3704v1).

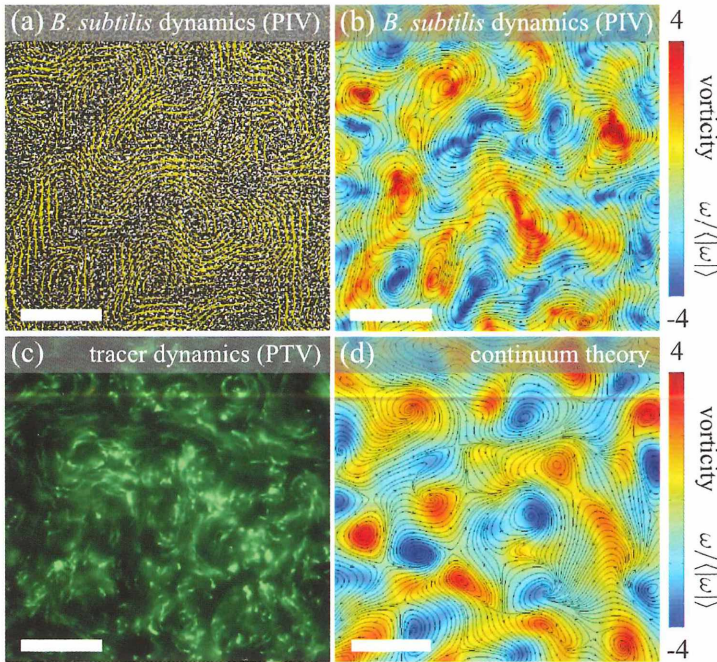
Redaktion MIKROKOSMOS

## Der Tanz der Bakterien

Es sieht aus wie eine ganz gewöhnliche Flüssigkeit und benimmt sich doch oftmals ungewöhnlich: Ein „aktives Fluid“, bestehend aus einer großen Menge Bakterien und Wasser. Eine solche „Bakterienflüssigkeit“ strömt unter Bedingungen, bei denen man laminare Strömungen erwarten sollte, erstaunlicherweise chaotisch und mit Wirbeln durchsetzt. Forscher der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Berlin und der Universität Cambridge in England haben jetzt gemeinsam ein theoretisches Modell entwickelt, mit dem sich solche Bewegungen berechnen lassen.

Bakterien sind überall auf der Erde von immenser Bedeutung: Sie halten die Bodenstruktur aufrecht, kontrollieren die Biochemie in den Ozeanen oder reinigen verseuchte Böden, um nur einige Beispiele zu nennen. Und doch ist über manche Eigenschaften dieser Organismen, die zu den ältesten und artenreichsten Lebensformen der Erde gehören, erstaunlich wenig bekannt. Dazu gehört auch ihr Fließverhalten. Um effizienter vorwärts zu kommen, tun sich Bakterien nämlich gerne zusammen und machen sich gemeinsam auf die Reise.

In hochorganisierten, kollektiven Schwarmbewegungen können sie große Entfernungen zurücklegen. Dieses Verhalten bietet große Vorteile gegenüber dem Leben als einzelnes Individuum: Eine ganze Kolonie von Bakterien hat es leichter, in schwierigen Umgebungen zu überleben, Nahrung zu suchen oder neues Terrain zu erobern. Wenn sich eine solche Bakterienkolonie fortbewegt, dann ähnelt sie von außen betrachtet einer Flüssigkeit, weshalb man das Ganze aktives Fluid nennt. Doch untersucht man das Fließverhalten genauer, dann offenbaren sich erstaunliche Unterschiede: Dort, wo eine echte Flüssigkeit laminar, also störungsfrei fließt, zeigen sich in der bakteriellen Flüssigkeit chaotische Strömungen und Wirbel (Abb. 1). Es herrscht also letztlich eine ganz andere Fließdynamik. Das liegt daran, dass die Bewegung anders in Gang gebracht wird. Bei einer normalen Flüssigkeit sind es Einflüsse von außen, bei Bakterien dagegen stammt der Antrieb aus dem Inneren der Bakterienflüssigkeit, nämlich von den vielen Millionen Flagellen, die ihrer Fortbewegung dienen.



**Abb. 1:** Strömungsfelder von *Bacillus subtilis* (links Lebendbeobachtung, rechts Computersimulationen) (aus Dunkel et al., 2013).

Dass sich Mathematiker der PTB mit Flüssigkeiten beschäftigen, hat einen triftigen Grund. Ihre Simulationsrechnungen könnten gleich für mehrere Industriezweige wichtig sein. So hat die Beschreibung normaler Flüssigkeiten durch die Navier-Stokes-Gleichung für die industrielle Anwendung eine enorme Bedeutung, wie an der Verwendung von Simulationen zur Fluid-Struktur-Wechselwirkung oder im Zusammenhang mit Durchflussmessungen sichtbar wird. Das Verständnis und die Simulation der neuartigen Klasse von aktiven Flüssigkeiten stellen einen wichtigen ersten Schritt zu einer Vielzahl von zukünftigen Anwendungen dar. Beispielsweise könnten einer Flüssigkeit Mikroschwimmer zugefügt und so ihre Fließeigenschaften gezielt manipuliert, Flüssigkeiten effektiv durchmischt oder Medikamente im Körper transportiert werden. Obwohl das kollektive Verhalten von Mikroschwimmern Gegenstand der aktuellen Forschung ist, weiß man noch zu wenig über die Eigenschaften aktiver Fluide. Insbesondere sind die entwickelten Modelle sehr kompliziert und benötigen viele Parameter, was den quantitativen Vergleich mit Experimenten zurzeit unmöglich macht.

Über in gewisser Hinsicht vergleichbare Strömungserscheinungen in Massenkulturen des eukaryotischen Einzellers *Euglena gracilis* wurde vor längerer Zeit ausführlich im MIKROKOSMOS berichtet (Kamphuis, 1996). Es lohnt sich, diesen Artikel zu lesen und die Schlussfolgerungen aus den damaligen Untersuchungen mit den hier nun für Bakterien dargestellten Resultaten zu vergleichen.

#### Literaturhinweise

- Dunkel, J., Heidenreich, S., Drescher, K., Wensink, H. H., Bär, M., Goldstein, R. E.: Fluid dynamics of bacterial turbulence. *Physical Review Letters* 110, 228102, 1–5 (2013).  
 Kamphuis, A.: Biokonvektionsmuster in Kulturen der Alge *Euglena gracilis*. *Mikrokosmos* 85, 83–92 (1996).

Klaus Hausmann, Berlin

**Werbet  
für den Mikrokosmos!**

## Mikro-Lyrik

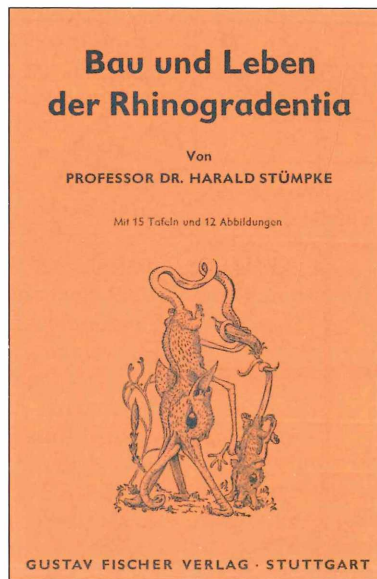
### Medusorrhynchus gudei gen. nov. et sp. nov. – Ein submerser Zwergnasling (Rhinogradentia, Mammalia)

Die vor längerer Zeit ins Leben gerufene Rubrik Mikro-Lyrik ist, wie kürzlich unser Autor Erich Lüthje aus Kiel so richtig feststellte, bislang literaturwissenschaftlich noch nicht näher definiert worden. Somit mag, wie er folgerichtig bemerkte, unter dieser Gattung ein jeder das verstehen, was er gefühlsmäßig damit verbindet (Lüthje, 2013). Vor diesem Hintergrund haben wir den nachfolgenden Bericht, der nach Meinung der Redaktion irgendwo zwischen "Dichtung und Wahrheit" angesiedelt ist, dieser Rubrik zugeordnet.

In der Einleitung zu seinem Artikel konstatiert Sebastian Hess aus Wiehl: Die ausgestorbene Säugetiergruppe der Rhinogradentia (Nasenschreitlinge oder Naslinge, engl. snouters) ist seit Jahrzehnten aus den Lehrplänen von Schulen und Universitäten gestrichen und somit aus den Köpfen vieler Menschen – Biologen inbegriffen – verschwunden. Dies, obwohl die auf dem Heieiei-Archipel (engl. Hi-Iay-Islands) im Pazifik endemische und von Prof. Dr. Harald Stümpke (Darwin Institute of Hi-Iay, Mairúwili) in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts und Jahrtausends exzellent dargestellte Tiergruppe ein Musterbeispiel für die adaptive Radiation einer geografisch isolierten Säugetierlinie darstellt (Stümpke, 1961, 2006; Abb. 1).

#### Unvermuteter Fund

Kaum jemand hätte wohl gedacht, dass heute noch unbenannte Arten der durch einen Atombombentest im pazifischen Ozean ausgelöschten Naslinge gefunden und beschrieben werden. Dies ist einem glücklichen Zufallsfund beim Umzug der biologischen Institute der Universität zu Köln in ein neues Biozentrum zu verdanken (2009), in dessen Verlauf zahlreiche



**Abb. 1:** Titelbild der Erstauflage (1961) der epochalen Rhinogradentia-Monografie von Prof. Dr. Harald Stümpke.

Proben und Exponate in den Kursräumen der alten Gebäude gesichtet und teilweise auch entsorgt wurden. In einer Holzkiste unbekannter Herkunft fanden sich zwei halb eingetrocknete Probenflaschen mit formalinfixiertem Material, offensichtlich von *Elodea*-ähnlichen Wasserpflanzen. Ein verblichenes Etikett offenbarte zu meinem Erstaunen, dass es sich um eine Aufsammlung eines aquatischen Naslings handelte, die im Jahre 1952 auf der nördlich gelegenen Insel Noorubbissy des Heieiei-Archipels von Prof. Stümpke gemacht wurde. Beiliegend waren einige Aufzeichnungen über Vorkommen, Habitat und Lebensweise der bislang noch unbeschriebenen Spezies. Es ist unklar, ob Stümpke den kleinen Rhinogradentier auch im Aquarium ge-

hältet und beobachtet hat. Seine Notizen sowie spärliche, teils stark beschädigte Zeichnungen legen allerdings nahe, dass er sehr ausführliche Beobachtungen an dem nur wenige Zentimeter großen Tier machen konnte. Tatsächlich war das fixierte Material (drei Individuen) gut erhalten und für eine sorgfältige Untersuchung verwendbar.



Da der überraschende Neufund der Wissenschaft nicht vorenthalten bleiben darf, sollen die Ergebnisse meiner Untersuchungen an fixiertem Material zusammen mit Stümpkes Aufzeichnungen in die Beschreibung einer neuen, ökologisch hochinteressanten Rhinogradentia-Spezies münden. Diese möge unser Bild über die längst verlorenen Naslinge erweitern.

### **Taxonomische Zuordnung des neu entdeckten Naslings**

Unterordnung: Polyrhina (Vielnasen-Naslinge)

Tribus: Hexarrhinida (Sechsnasenartige)

Familie: Isorhinidae (Gleichnasen)

Gattung: *Medusorrhynchus* (Nesselnase)

Spezies: *M. gudei* (Gudes Nesselnase)

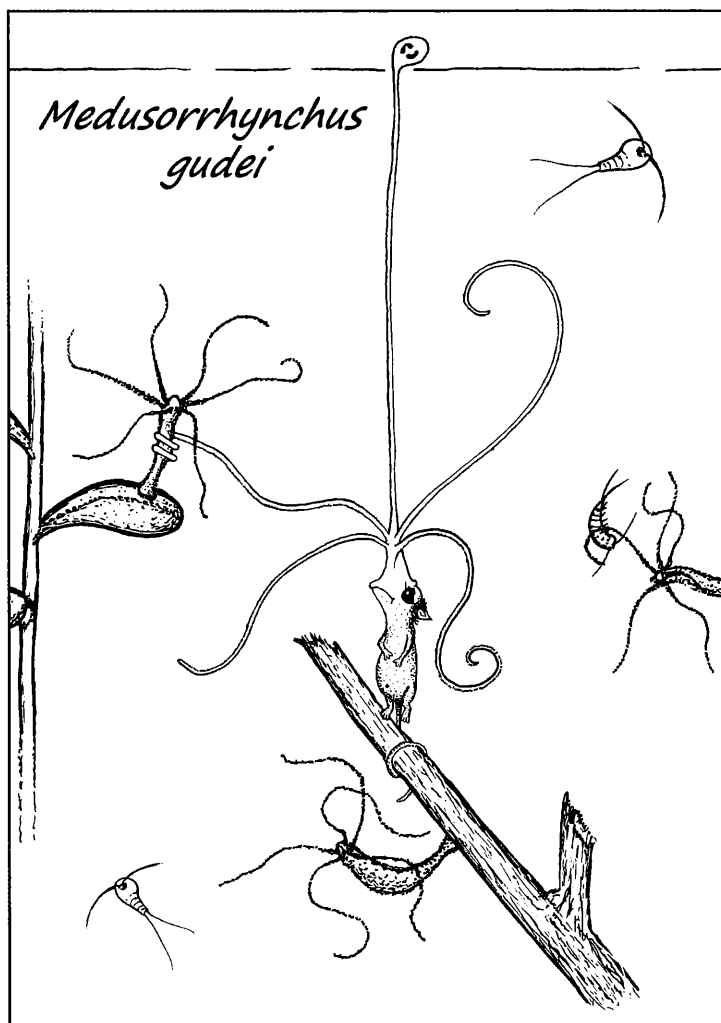
### **Etymologie**

Der Gattungsname leitet sich vom griechischen *medusa* (schlangenhaariges Wesen der griechischen Mythologie) und *rhynchos* (Schnauze, Rüssel, bei Säugern Nase) ab und bezieht sich auf die Gestalt des Nasariums. Die Art *M. gudei* ist zu Ehren der Biologielehrerin Ulrike Gude benannt, die den Autor während seiner Schul- und Studienzeit in der Verwirklichung seiner biologischen Interessen stets gefördert hat.

### **Beschreibung**

Adulte Individuen von *M. gudei* messen in der Körperlänge ohne Nasarium nur etwa 20 mm, sodass diese miniaturisierte Rhinogradentia-

Form die Bezeichnung Zwergnasling nur zu Recht erhält. Die Tiere besitzen einen keulenförmigen Habitus mit vergleichsweise kurzen Gliedmaßen, die ihre Funktion als Lokomotions- oder Greiforgane eingebüßt haben und eng am Körper anliegen (Abb. 2). Lediglich die Vorderextremitäten werden gelegentlich zum Putzen der Fangnasen verwendet. Der etwa 25 mm lange, klauenlose Greifschwanz hingegen ist gut ausgeprägt. Mit seiner Hilfe befestigt sich *M. gudei* an untergetauchten Pflanzenstängeln und Ästen (Ringelgriff). Neben der fast gänzlich reduzierten Behaarung (nur im Bereich der Ohren vorhanden) ist die Stellung der großen und wohl sehr lichtempfindlichen Augen zu bemerken. Durch ihre extrem laterale Lage ermöglichen sie dem Tier eine Rundumsicht, vermutlich jedoch kein stereoskopisches Sehen.



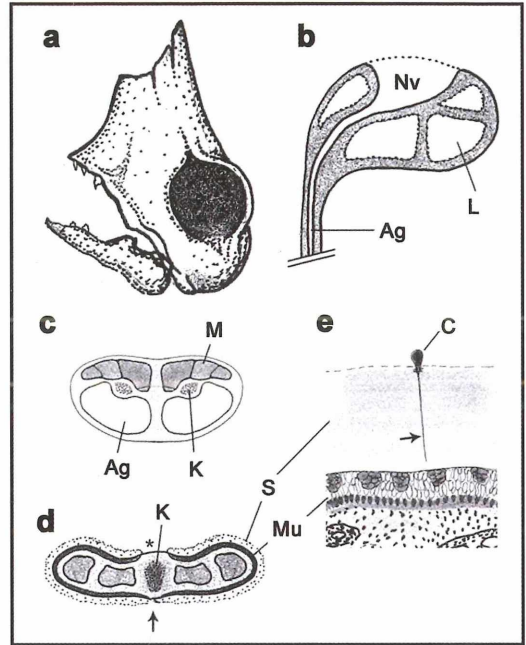
**Abb. 2:** *Medusorrhynchus gudei* (♂) in seinem Lebensraum. Natürliche Größe.

*M. gudei* ist ein submerser Hydrenfresser. Dies wird nicht nur durch das besonders modifizierte Gebiss mit wenigen, zum Schlund gerichteten Hakenzähnen deutlich (Abb. 3a; *M. gudei* verschlingt ganze Hydren!), sondern auch durch das außergewöhnliche Nasarium. Der polyrrhine Nasling besitzt scheinbar (!) fünf Nasen, von denen eine auffällig abweicht. Tatsächlich handelt es sich dabei, wie Nasenquerschnitte belegen (Abb. 3c), um ein Fusionsprodukt zweier, dorsal gelegener Nasen, die im Dienste der Atmung stehen. Dies wird nur noch durch die Position von Muskeln und Knorpelsträngen deutlich, da sich die Nasenscheidewände zurückgebildet haben und das so genannte Ventilationsnasenfusionsprodukt (Vnfp) folglich nur zwei Atemgänge besitzt.

Das Organ ist vermutlich stark kontraktile, da es an fixiertem Material runzelig gekrümmt ist, den Zeichnungen Stümpkes nach bei lebenden Tieren aber ein Vielfaches der Körperlänge erreicht (Abb. 2). Das knopfartige Ende, die so genannte Schnorchelboje, besitzt zwei Ventilationsöffnungen und enthält einige gasgefüllte Kammern (Abb. 2 und 3b). Letztere sind dafür verantwortlich, dass die Schnorchelboje, wie von Stümpke berichtet, auf der Wasseroberfläche treibt. Seinen Zeichnungen nach kann sich das distale Ende des Vnfp jedoch auch um emerse Pflanzenstängel winden, sodass die Schnorchelboje frei in der Luft hängt.

Histologische Schnitte durch die Schnorchelboje zeigen, dass *M. gudei* eine stark ausgeprägte Muskulatur um die fusionierten Nasenvorhöfe besitzt (nicht dargestellt). Diese dient vermutlich dem von Stümpke geschilderten alternierenden Verschließen der Nasenöffnungen beim Ein- und Ausatmen. Ziehen wir den großen anatomischen Totraum in den Nasengängen in Betracht, wird klar, dass erst eine so erzeugte unidirektionale Atmung durch das Vnfp eine submers Lebensweise des Zwergnaslings ermöglicht. Die vier Fangnasen erreichen 4–6 cm in der Länge und sind bandförmig, also mit abgeplattetem Querschnitt (Abb. 3d).

Neben einem zentralen Knorpelstrang sind vier gut ausgeprägte Längsmuskeln für die differenzierten Bewegungen der Fangnasen zuständig. Luftleitende Strukturen gibt es in den Fangnasen nicht. Die hochspezialisierten Organe dienen ausschließlich dem Nahrungserwerb und offenbaren nur im histologischen Querschnitt, auf welche Weise sie sich von der ursprünglichen Nasenmorphologie ableiten: Eine



**Abb. 3:** Anatomische und histologische Details von *M. gudei*. **a** Schädel mit typischer Bezahnung. **b** Schnorchelboje, längs. Bei dieser Schnittführung ist nur einer der beiden Atemgänge (Ag) zu erkennen. **c** Nasenfusionsprodukt mit zwei Atemgängen, quer. **d** Fangnase, quer. **e** Mucosa nasi, quer. Ag Atemgang, C Cnidocyste, K Knorpelgewebe, L Luftkammer, M Muskelgewebe, Mu Mucosa nasi, S Schleimschicht.

Längsöffnung der Nasengänge und die Reduktion der Nasenscheidewand (Abb. 3d, Pfeil) ermöglichte es der Nasenschleimhaut (Mucosa nasi), sich stark zu vergrößern und fast die gesamte Oberfläche der Fangnase einzunehmen. Lediglich ein schmaler, dorsal gelegener Streifen (der ursprüngliche Nasenrücken) ist davon nicht betroffen (Abb. 3d, \*).

Auf wundersame Weise umschlingt *M. gudei* mit seinen Fangnasen Süßwasserpolyphen der Gattung *Hydra*, ohne dass die sensiblen Nesseltiere irgendeine Reaktion zeigen. Hat *M. gudei* die *Hydra* fest in seinem Griff, so zieht er das Beutetier mit einem Ruck von seinem Substrat ab und verschlingt es sodann in Gänze.

Die Erklärung für diese außergewöhnliche Fähigkeit liegt in der Beschaffenheit der Nasenschleimhaut: Im mikroskopischen Schnittbild wird eine massive Schleimschicht von etwa 120 µm Dicke sichtbar (Abb. 3e), die den todbringenden Nasenschlinggriff von *M. gudei*

vollkommen unbemerkt lässt. Nur selten wurden in der Schleimschicht explodierte Nesselkapseln (Cnidocysten) aufgefunden. Da der Nesselfaden das Nasengewebe jedoch nicht erreichen kann, bleiben die Fangnasen des kleinen Rhinogradentiers vollkommen unversehrt (Abb. 3e, Pfeil).

### Systematik

Die Einordnung von *M. gudei* nach morphologischen Kriterien ist aufgrund der besonderen, stark abgeleiteten Charakteristika (Nasenfusion, submerse Lebensweise, Kleinwuchs) nicht ganz einfach und sollte deshalb als provisorisch angesehen werden. Die Anisorrhinie bei *M. gudei* ist jedoch sicher nicht mit jener von *Mammontops ursulus* homolog, dessen Nasarium sich in Schreitnasen und Greifnase gliedert (Stümpke, 1961). Auch die submerse Lebens-

weise sowie den Kleinwuchs können wir als kongruente Entwicklungen zu den aquatischen und kleinen Formen der Monorrhina (z. B. *Rhinostentor* spp., *Rhinotalpa angustinasus*) ansehen. Stattdessen gehört die Gattung *Medusorhynchus* vermutlich den Isorhynidae an und hat durch Nasenfusion unabhängig von *Mammontops ursulus* einen Zustand der Anisorrhinie erreicht (vgl. das Nasarium von *Eledonopsis suavis*).

### Literaturhinweise

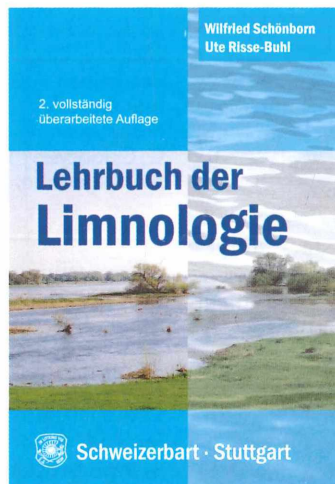
- Lüthje, E.: Ballistik und Seilkunde – Zwei Fälle für die Mikro-Lyrik. *Mikrokosmos* 102, 170–171 (2013).  
 Stümpke, H.: Bau und Leben der Rhinogradentia. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1961, 2006 (\$6.–58. Tausend!).

Sebastian Hess, Wiehl  
[www.rhinogradentia.de.vu/](http://www.rhinogradentia.de.vu/)

## Buchbesprechung

Schönborn, W., Risse-Buhl, U.:  
**Lehrbuch der Limnologie,**  
 2. Auflage.  
 Schweizerbart, Stuttgart 2013,  
 685 Seiten, 323 schwarzweiße  
 Abbildungen, 72 Tabellen,  
 gebunden, € 79,00,  
 ISBN 978-3-510-65275-4.

Die 1. Auflage (2003) des *Lehrbuch der Limnologie*, also der Wissenschaft von der Süßwasser- oder Binnengewässerkunde, geht auf die langjährigen Erfahrungen aus der Lehrtätigkeit des Vollblut-Limnologen Prof. Dr. Wilfried Schönborn an der Jenaer Universität zurück. Für die vollständig überarbeitete 2. Auflage holte sich Prof. W. Schönborn die engagierte Nachwuchswissenschaftlerin Dr. Ute Risse-Buhl mit ins Limnologie-Boot. Herausgekommen ist ein beachtlich erweitertes, solides Werk. Neben einer allgemeinen Aktualisierung mit Einfügung neuer Abbildungen, Tabellen und zahlreicher Literaturzitate sind insbesondere das neu hinzugekommene, umfangreiche Glossar und das Abkürzungsverzeichnis erwähnenswert. Als Protistologin freut mich speziell, dass die Be-



deutung der einzelligen Eukaryoten (Protisten) in Wasser-Ökosystemen stärkere Berücksichtigung findet. Großer Wert wird weiterhin auf die Erläuterung von Zusammenhängen und ökologischen Wechselwirkungen gelegt. Der grundsätzliche Aufbau des Lehrbuchs mit einer Einteilung in die Theoretische Limnologie (Grundlagen) und die Angewandte Limnologie ist geblieben. Im theoretischen Teil werden bei-

spielsweise die verschiedenen Gewässertypen und ihre Zusammenhänge mit der belebten (Nahrungsnetze, Konkurrenz,...) und unbelebten (physikalisch-chemische Faktoren, Klima,...) Umwelt dargestellt. Der angewandte Teil berücksichtigt den Gewässerschutz, Wasser- und Gewässernutzung und Renaturierung geschädigter Gewässer-Ökosysteme. Neu aufgenommen sind hier zum Beispiel die Regelungen der Wasserrahmenrichtlinie, die Belastung der Gewässer und die Abwasserreinigung.

Es handelt sich um ein klassisches Lehrbuch, was alle wichtigen Bereiche der Limnologie tiefgehend, aktuell und gut verständlich darlegt. Studierende der Biologie mit Schwerpunkt Limnologie/Ökologie und beruflich mit der wasserwirtschaftlichen Praxis verbundene Personen werden die Neuauflage dieses Standardlehrbuchs zu schätzen wissen. Mehr peripher gewässer-ökologisch Interessierten kann es als fundiertes Nachschlagewerk dienen. Mein Glückwunsch zum gelungenen Werk!

Renate Radek, Berlin



# **Variabler Phasen-Hellfeld-Kontrast (VPHK) – Verbesserte Objektbeobachtungen durch gleichzeitige Anwendung von Phasenkontrast und Hellfeld**

Timm Piper

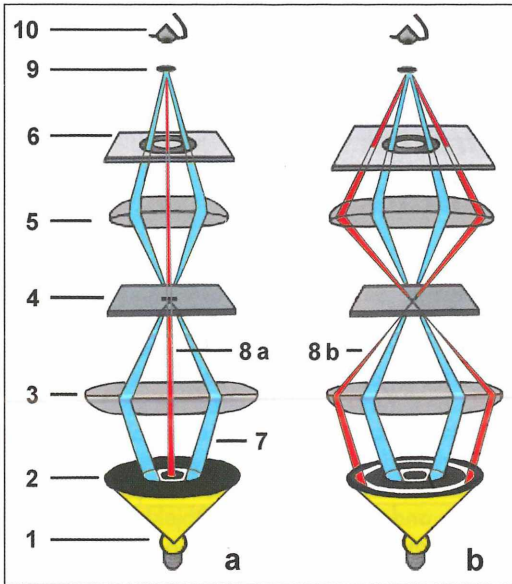
Mit den in Routineuntersuchungen häufig angewandten Standardtechniken Hellfeld, Dunkelfeld und Phasenkontrast können bestmögliche Ergebnisse in der Regel nur erzielt werden, wenn das zu untersuchende Objekt bestimmte Eigenschaften aufweist: Für eine Kontrastierung in Hellfeldbeleuchtung ist erforderlich, dass das einfallende Licht teilweise absorbiert wird. Wenn die Transparenz des Objektes sehr gering ist, sodass ein Großteil des einfallenden Lichtes absorbiert wird, können solche Objekte jedoch silhouettenartig abgebildet werden. Auf der anderen Seite treten Objekte mit zu geringer optischer Dichte in Hellfeldbeleuchtung flau, also mit geringem Eigenkontrast in Erscheinung, wenn diese das einfallende Licht größtenteils nicht absorbieren. Solche typischen Phasenobjekte lassen sich meist bei Anwendung von Phasenkontrast in hoher Deutlichkeit abbilden. Optisch dichtere Objekte, welche die kritische Dichte oder Schichtdicke für Phasenkontrast überschreiten, können jedoch nur eingeschränkt untersucht werden. Zwar kann an dieser Stelle Dunkelfeldbeleuchtung eine Alternative darstellen, erhebliche Randüberstrahlungen können jedoch dazu führen, dass die Randkonturen nicht mehr klar zu erkennen sind und feinere Details hierdurch überlagert werden.

Vor dem Hintergrund dieser Problemstellung wird ein Variabler Phasen-Hellfeld-Kontrast (VPHK) vorgestellt, welcher speziell bei Problemobjekten zu Verbesserungen in der Bildqualität führen kann, wenn lichtabsorbierende Details gemeinsam mit Phasenstrukturen dargestellt werden sollen. Die in diesem Beitrag beschriebene Beleuchtungstechnik kann die Methoden Variabler-Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (VPDK; Piper, 2012) und Axialer Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (APDK; Piper, 2013) sinnvoll ergänzen.

## **Prinzip des VPHK**

Das Prinzip des Variablen Phasen-Hellfeld-Kontrastes besteht darin, dass zwei in unterschiedlichen Farben gefilterte und von örtlich separierten Strahlen erzeugte Teilbilder, welche auf Phasenkontrast und axialer beziehungsweise peripherer Hellfeldbeleuchtung basieren, gleichzeitig ausgeführt und optisch überlagert

werden. Wie den Strahlengangsskizzen in Abbildung 1 entnommen werden kann, ist für die Erzeugung von VPHK eine Lichtmaske notwendig, welche neben dem herkömmlichen Lichtring für Phasenkontrastbeleuchtung über einen zentrischen Lichtdurchlass oder alternativ über peripher angeordnete Perforationen für Hellfeldbeleuchtung verfügt. Um zu vermeiden, dass die Überlagerung von Hellfeld und Phasenkontrast zu kontrastarmen Ergebnissen führt, sollte der den Phasenkontrast erzeugende Lichtring in einer anderen Farbe gefiltert werden, als die das Hellfeld erzeugenden Lichtdurchlässe. Die Beleuchtung kann mit Hilfe der Aperturblende optimal an das Objekt angepasst werden: Wird diese schrittweise geschlossen, nimmt bei axialer Ausführungsvariante die Dominanz des Phasenkontrast-Teilbildes ab. Dementsprechend nimmt bei Schließen der Aperturblende die Dominanz des Hellfeld-Teilbildes ab, wenn dieses durch peripher angeordnete Perforationen erzeugt wird, welche jenseits des Lichtringes für Phasenkontrastbeleuchtung liegen.

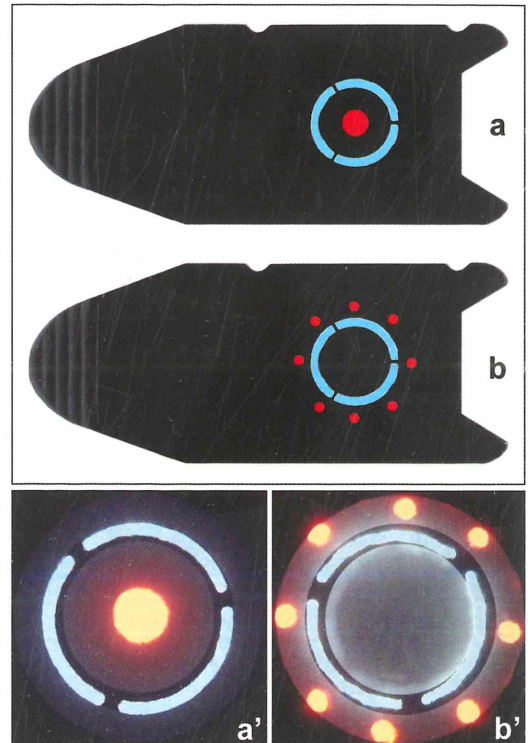


**Abb. 1:** Strahlengang im axialen (a) und peripheren (b) VPHK. 1 Lichtquelle, 2 modifizierte Lichtmaske mit separaten Durchlässen für Phasenkontrast und Hellfeld, 3 Kondensorlinse, 4 Objekt, 5 Objektiv, 6 Phasenplatte mit Phasenring, 7 Beleuchtungslicht für Phasenkontrast, 8 Beleuchtungslicht für axiales (8a) und peripheres (8b) Hellfeld, 9 Okular mit Zwischenbild, 10 Auge.

### Praktische Umsetzung

Zur praktischen Realisierung des VPHK diente mir ein Leitz-Mikroskop HM-Lux 3. Bei diesem Mikroskop erfolgt die Beleuchtung für Phasenkontrast nicht über einen fest eingebauten und daher unzugänglichen Lichttring in einem Universal-Kondensor, sondern über auswechselbare Filterschieber, welche nahe der Aperturblende in den vorhandenen Standardkondensor eingeschoben werden können. Aufgrund dessen war es für mich möglich, Filterschieber, welche bereits über einen Lichttring für Phasenkontrast verfügen, mit zusätzlichen kleinen Lichtdurchlässen zu versehen, welche anschließend mit unterschiedlich gefärbten Filtern zu unterlegen waren. Um sicherzustellen, dass mit der erstellten Lichtmaske die Beleuchtung optimal an das jeweilige Objekt angepasst werden kann, waren die Flächen für Phasenkontrast- und Hellfeldbeleuchtung so aufeinander abzustimmen, dass bei voll geöffneter Aperturblende der jeweils außen befindliche Lichtdurchlass dominiert. Auf diese Weise war sichergestellt, dass bei peri-

pherer Ausführungsvariante die Dominanz des peripher verlaufenden Hellfeldteilbildes soweit verringert, beziehungsweise bei axialer Ausführungsvariante die Dominanz des Phasenkontrastteilbildes soweit reduziert werden kann, dass eine ausgewogene Gewichtung beider Teilbilder resultiert. Für die praktische Umsetzung verwendete Filterschieber sind in den Abbildungen 2a und b dargestellt. Im konkreten Fall wurden entsprechend den Strahlengangsskizzen die Hellfeld erzeugenden Lichtdurchlässe in Rot und der Phasenkontrast erzeugende Lichttring in Blau gefiltert. Zugehörige Ansichten der korrekt justierten Lichtmasken beim Blick durch ein Einstellfernrohr liefern Abbildungen 2a' und b'. Wie in Abbildung 2b' ersichtlich, projizieren sich die kreisförmig angeordneten Perforationen in den Randbereich des optisch wirksamen Objektquerschnitts.



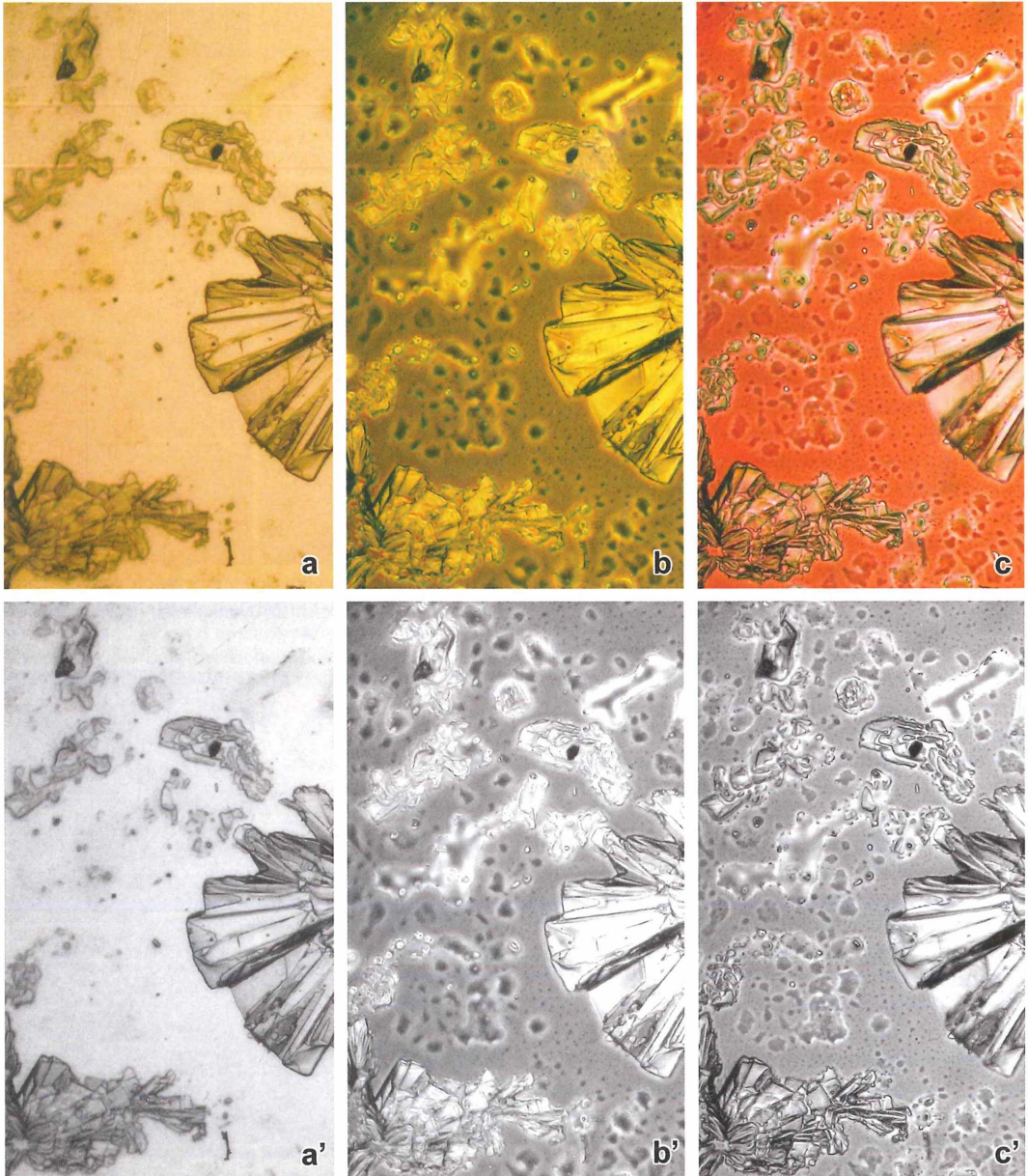
**Abb. 2:** Prototypen von Lichtmasken für axialen (a) und peripheren (b) VPHK auf Schiebern zum Einschub in den Kondensor, Filterung der Lichtdurchlässe für Phasenkontrast in Blau, für Hellfeld in Rot. Justierung der Lichtmasken aufgenommen durch ein Phasenkontrast-Einstellfernrohr, axialer (a') und peripherer (b') VPHK.



## Ergebnisse

Dass die Überlagerung unterschiedlich gefilterter Hellfeld- und Phasenkontrast-Teilbilder die Abbildungsqualität steigert, indem Halo-Artefakte abgeschwächt werden, lichtabsorbie-

rende optisch dichtere Objektanteile dank Hellfeldbeleuchtung in erhöhter Klarheit erfasst und gleichzeitig feine Maserungen deutlicher hervorgehoben werden, kann anhand verschiedener Bildbeispiele demonstriert werden. Die in Abbildung 3 gezeigte Vitamin C-Kristallisation



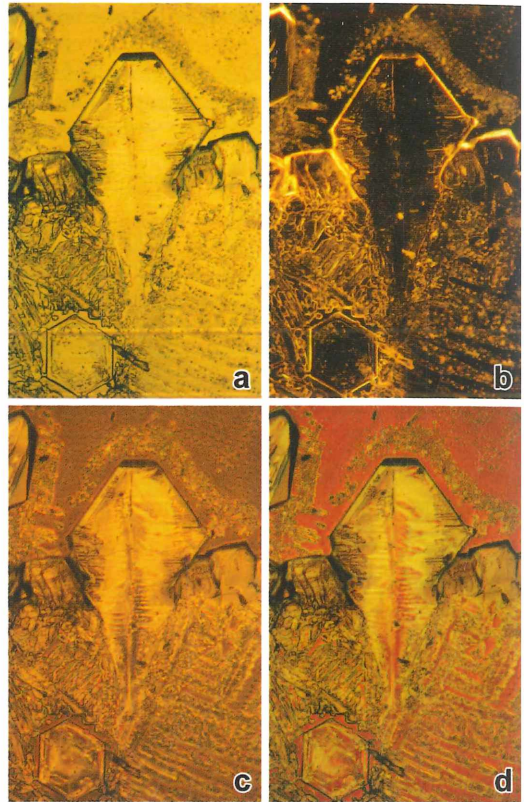
**Abb. 3:** Vitamin C, horizontale Feldweite (HFW) 0,24 mm, Objektiv 20x, numerische Apertur (NA) 0,32, (a) Hellfeld, (b) Phasenkontrast, (c) axialer VPHK. Konversion in Schwarz-Weiß (a'–c'), manuelle Optimierung der roten und blauen Farbkanäle.



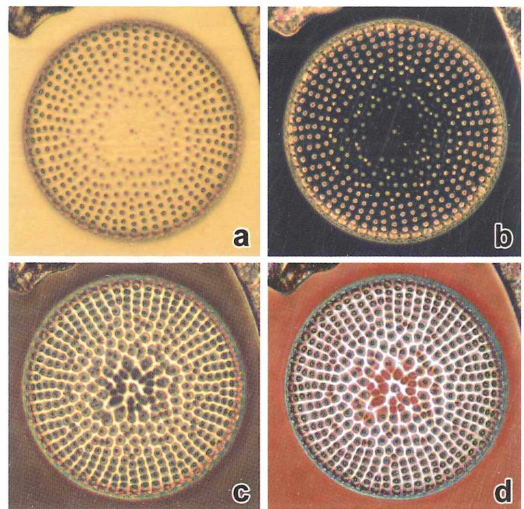
lässt sich in reiner Hellfeldbeleuchtung (Abb. 3a) nicht zufrieden stellend wiedergeben, da im Wesentlichen nur die Randkonturen ersichtlich sind. Im Phasenkontrast (Abb. 3b) lassen sich zwar optisch dünnere Strukturen darstellen, welche im Hellfeld nahezu unsichtbar bleiben. Allerdings stören ausgeprägte Halos, da diese eine klare Abgrenzung insbesondere feiner, dicht beieinanderliegender Strukturen erschweren. Im axialen VPHK (Abb. 3c) ist ersichtlich, dass bei dieser Methode Halos deutlich abgeschwächt werden und der zentral gelegene Kristall, welcher für reinen Phasenkontrast bereits eine kritische Schichtdicke aufweist, in überlegener Deutlichkeit erfasst wird. Zusätzlich können auch die Randbegrenzungen flacherer Phasenstrukturen wesentlich exakter definiert werden. Die Abbildungen 3a'–c' zeigen die gleichen Bilder wie 3a–c in schwarzweiß konvertierter Version. Die Intensitäten und Gradationen der Blau- und Rot-Kanäle konnten bei der Erstellung der Schwarzweiß-Ansicht manuell angepasst werden.

Auch im VPHK mit peripherer Hellfeldbeleuchtung können Verbesserungen in der Abbildungsqualität erzielt werden, wenn ein Vergleich zum Phasenkontrast gezogen wird (Abb. 4). Bei Verwendung des peripheren VPHK können feine Maserungen in der gezeigten Alaun-Kristallisation, welche im Hell- und Dunkelfeld nahezu unsichtbar (Abb. 4a und b) und im Phasenkontrast (Abb. 4c) nicht klar erkennbar sind, besonders kontrastiert hervorgehoben werden, sodass sich bei dieser Methode die entsprechenden Oberflächenprofile besser nachvollziehen lassen (Abb. 4d). Zusätzlich erscheinen optisch dichtere Objektanteile ähnlich wie im axialen VPHK wesentlich klarer. Ebenso kann als Vorteil gewertet werden, dass speziell dort, wo feine Strukturen dicht beieinander vorliegen, sicherer zwischen Objekt und Hintergrund unterschieden werden kann, da diese im VPHK in verschiedenen Farben zur Abbildung kommen.

Wie in Abbildung 5 belegt wird, sind die Innenstrukturen der gezeigten Kieselalge bei herkömmlicher Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung kaum zu erkennen (Abb. 5a und b). Zwar kommen diese in Phasenkontrastbeleuchtung deutlicher zum Vorschein (Abb. 5c), dennoch ist hier die Abbildungsqualität begrenzt aufgrund von Überstrahlungen und Halos, welche mit der für Phasenkontrastbeleuchtung relativ hohen Schichtdicke einhergehen. Bei den mit



**Abb. 4:** Alaun-Kristalle, HFW 0,3 mm, Objektiv 10x, NA 0,25, (a) Hellfeld, (b) Dunkelfeld, (c) Phasenkontrast, (d) peripherer VPHK.

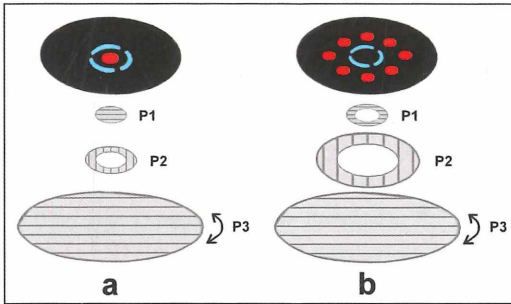


**Abb. 5:** *Coscinodiscus* sp. (Kieselalge), HFW 0,24 mm, Objektiv 32x, NA 0,40, (a) Hellfeld, (b) Dunkelfeld, (c) Phasenkontrast, (d) konzentrisch peripherer VPHK (d).

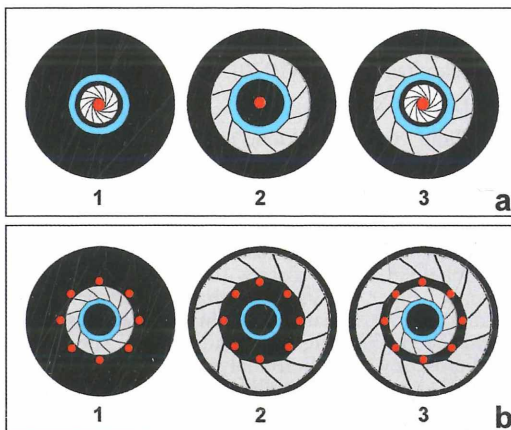
VPHK erzeugten Aufnahmen (Abb. 5d) sind die Strukturen der Kieselalge hingegen in erhöhter Klarheit erfasst, indem Überstrahlungen und Halo-Artefakte abgeschwächt wurden.

### Mögliche technische Weiterentwicklungen

Mit der vorherbeschriebenen Ausrüstung konnte die Beleuchtung bisher mit Hilfe der Aperturblende an die Objektgegebenheiten angepasst werden. Sofern der verwendete Kondensor nicht über eine Aperturblende verfügt, können in Analogie zum axialen Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (APDK) Polfilter eine geeignete Alternative darstellen, um die Intensitäten der einzelnen Teilbilder unabhängig voneinander zu regulieren (Abb. 6). Werden die Phasenkontrast



**Abb. 6:** Lichtmasken für VPHK mit konzentrischen Polfiltern (P1 und P2) und zusätzlichem drehbarem Polarisator (P3) unterhalb der Lichtmaske bzw. des Kondensors, ausgelegt für axialen (a) und peripheren VPHK (b).



**Abb. 7:** Doppelblenden-Systeme für axialen (a) und peripheren VPHK (b); innere (1) und äußere (2) Irisblenden sowie konzentrische Iris-Doppelblende (3).

und Hellfeld erzeugenden Lichtdurchlassflächen im Kondensor mit Polfiltern ausgestattet, welche in gekreuzter Stellung zueinander stehen, könnten deren Helligkeiten mittels eines unmittelbar ober- oder unterhalb im Kondensor befindlichen zweiten, drehbar angeordneten Polfilters stufenlos und gegenläufig verändert werden. Sofern mindestens zwei der angebrachten Polfilter drehbar gelagert werden, können die Intensitäten der einzelnen Teilbilder unabhängig voneinander reguliert werden. Variable Übergänge können ebenso mit Doppelblenden-Systemen erreicht werden, welche jeweils die Flächen der einzelnen Lichtdurchlässe eingrenzen. Beispiele für die axiale und periphere Ausführungsvariante werden in der Abbildung 7 gezeigt.

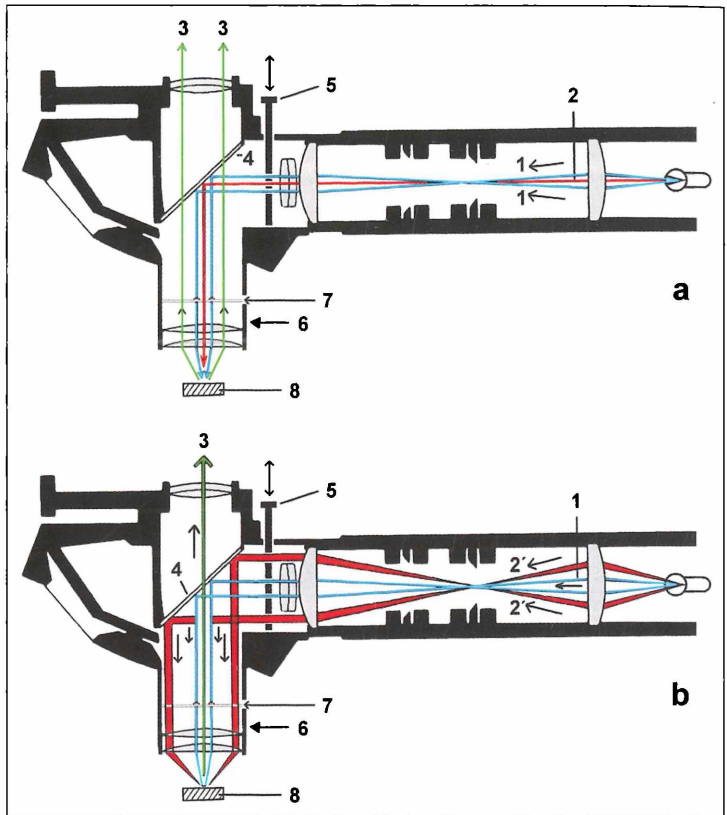
Axialer und peripherer VPHK können auch im Auflicht realisiert werden, wenn ein Auflicht-Illuminator mit geeigneten auswechselbaren Lichtblenden bestückt und ein Auflicht-Hellfeldobjektiv mit einem Phasenring ausgestattet wird. Zwei Konstruktionsvorschläge werden in Abbildung 8 präsentiert. Zur Verbesserung der Übersicht sind die beleuchtenden Strahlen für Auflicht-Hellfeld und -Phasenkontrast in beiden Planskizzen über ihre gesamte Verlaufsstrecke in unterschiedlichen Farben hervorgehoben; selbstredend kann das Beleuchtungslicht bei einer praktischen Realisation ungefiltert bis zu dem einführbaren Lichtblenden-schieber geleitet werden, sofern dieser mit verschiedenen Farbfiltern ausgelegt ist. In Abbildung 8a wird eine geeignete Anordnung für axialen VPHK demonstriert, in Abbildung 8b eine entsprechende Auslegung für VPHK mit konzentrisch-peripherer Hellfeldkomponente. In beiden Ausführungsvarianten wird ein blau gefiltertes Auflichtphasenkontrastbild mit einem rot gefilterten Auflicht-Hellfeldbild überlagert.

### Diskussion

Wie anhand der Bildbeispiele veranschaulicht, kann VPHK bei verschiedenen Problemobjekten zu Verbesserungen in der Bildqualität beitragen. Zwar können auch mit Hilfe eines Heine-Kondensors, bei welchem die Größe eines Lichttringes beliebig verändert werden kann, Phasenkontrast und Hellfeld optisch überlagert werden, indem die Projektionsgröße des Lichttringes derart verändert wird, dass ein Teil des Beleuchtungslichtes am Phasenring im



**Abb. 8:** Auflicht-Illuminatoren für axialen (a) und peripheren (b) VPHK, Beleuchtungslicht für Phasenkontrast (1) und Hellfeld (2), reflektiertes Objektlicht (3), Teilerspiegel (4), Schieber mit Lichtmasken für VPHK (5), Objektiv (6), Phasenplatte mit Phasenring (7), Objekt (8) (nach Leitz, 1969).



Objektiv vorbeiläuft (Leitz, 1970), jedoch sind bei dieser Vorgehensweise keine vergleichbaren Ergebnisse erreichbar. Ebenso ist in der Regel keine Verbesserung der Bildqualität beobachtbar, wenn der Lichtring für Phasenkontrastbeleuchtung in einem normalen Phasenkontrastkondensor leicht dezentriert wird. Diese Erfahrung muss, wie von J. Brief in einem früheren Beitrag gezeigt, allerdings nicht zutreffend sein, wenn hoch vergrößernde Ölimersionen verwendet werden. Unter diesen Voraussetzungen kann eine leichte Dezentrierung des Lichtringes zu Verbesserungen führen (Brief, 2005).

Im Unterschied zu den vorbeschriebenen Verfahren werden im VPHK die Phasenkontrast und Hellfeld erzeugenden Lichtdurchlässe örtlich separiert. Zusätzlich werden die erzeugten Teilbilder in unterschiedlichen Farben gefiltert. Erst auf diese Weise können Phasenkontrast- und Hellfeld-Teilbilder auch im niedrigen und mittleren Vergrößerungsbereich vorteilhaft, ohne wechselseitige Störungen kombiniert werden. Da das Objekt speziell in der peripheren Ausführungsvariante aus unterschiedlichen Winkeln beleuchtet wird, können feine Oberflächentexturen akzentuiert werden.

### Danksagung

Herrn Eberhard Raap, Sangerhausen, danke ich für die Überlassung eines Diatomeen-Legepräparates, welches für Abbildung 5 verwendet wurde.

### Literaturhinweise

- Brief, J.: Minimal dezentrierter Phasenkontrast – Eine sehr einfache Methode zur Kontrastverbesserung bei hoher Vergrößerung. *Mikrokosmos* 94, 203–205 (2005).
- Leitz, E.: Abbildende und beleuchtende Optik des Mikroskops, Auflicht-Illuminatoren, Werksdruckschrift 512-99 (1969).
- Leitz, E.: Phasenkontrast-Einrichtungen. Werksdruckschrift 513-5c (1970).
- Piper, T.: Variabler Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (VPDK) – Eine Methode zur verbesserten Darstellung von Objekten mit hohen regionalen Dichteunterschieden. *Mikrokosmos* 101, 117–123 (2012).
- Piper, T.: Axialer Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (APDK) – Eine alternative Technik zur variablen Kontrastierung mit Phasenkontrast und axialem Dunkelfeld. *Mikrokosmos* 102, 312–319 (2013).
- Piper, T., Piper, J.: Variable phase bright-field contrast – An alternative illumination technique for improved imaging in transparent specimens. *Microscopy and Microanalysis* 19, 11–21 (2013).

Verfasser: Timm Piper,  
Marienburgstr. 23, 56859 Bullay,  
E-Mail: timm.piper@gmx.de



# Aus den Arbeitsgemeinschaften

## Programm Januar bis August 2014



- 07.01.: Vorweisungsabend.  
Die Mitglieder der Gesellschaft werden ersucht, Präparate zur Besprechung mit der Mikroskop-Videoeinrichtung mitzubringen.
- 14.01.: Jahreshauptversammlung
- 21.01.: Univ.-Doz. Dr. Peter Weish: Naturschutz
- 28.01.: Prof. Mag. Alfred Ratz: Präparationsabend Botanik
- 11.02.: Prof. OStR Mag. Peter Schulz: Präparationsabend Botanik
- 18.02.: Alfred Schultes: Mikro-Dias-Abend
- 25.02.: Dr. Thomas Kann: Präparationsabend Histologie
- 04.03.: Dr. Thomas Kann: Erklärungen zum Präparationsabend vom 25. 02. 2014
- 11.03.: Herbert Csadek: Astronomische Filme
- 18.03.: Ing. Daniel Böswirth: Botanische Experimente
- 25.03.: Mag. Walter Ruppert: Präparationsabend Botanik
- 01.04.: Klaus Boiger: Präparationsabend Spinnen
- 08.04.: Dipl.-Ing. Dr. Rochus Nepf: Lebensmittel und Futtermittel in Österreich
- 29.04.: Peter Recher: Das Leben im Wassertropfen
- 06.05.: Flohmarkt
- 13.05.: Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Foissner: Morphologie und Phylogenie einiger seltsamer Ciliaten
- 20.05.: Hermann Hochmeier: Präparationsabend Diatomeen
- 27.05.: Dr. Hans Frey: Bruthilfe für gefährdete Greifvögel und Eulenarten
- 03.06.: Friedrich Wertl: Präparationsabend Botanik
- 17.06.: Gerhard Zimmert: Präparationsabend Gesteinsanschliffe
- 24.06.: Urlaubsvorbereitungen, Berichte, Vorweisungsabend

In den Sommerferien findet für Mitglieder der MGW am 15. 07. und 12. 08. eine zwanglose Zusammenkunft in den Gesellschaftsräumen statt.

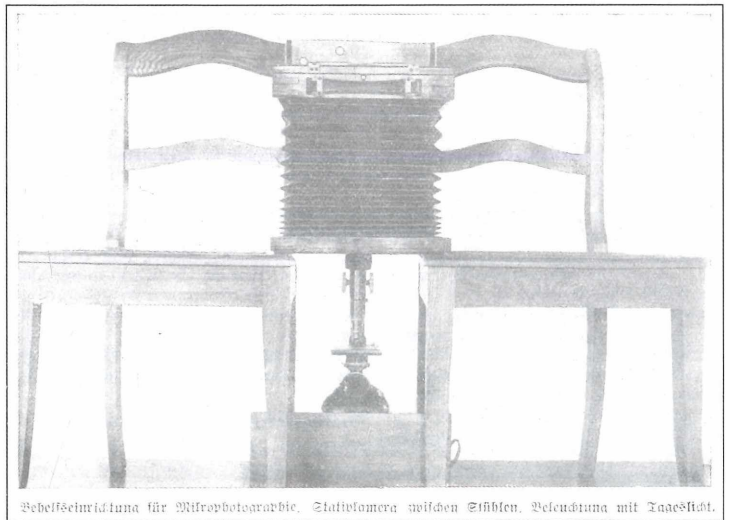
Alle Vorträge und Kurse finden in den Räumen der Gesellschaft in Wien, Marinelligasse 10a an Diens- tagen statt und beginnen um 19 Uhr. Gäste sind willkommen.

Anmerkung: Die MGW bietet gegen Porto- und Ver- sandspesensersatz Lebendmaterial von *Euglena viridis* an. Lieferzeit circa vier Wochen nach Bestellung.

Kontaktadresse: Prof. OStR. Erich Steiner, Triestinggasse 35, A-1210 Wien, Österreich, Tel./Fax: 01/813 84 46.

## Das ist wahrhaftig eine Behelfs- einrichtung für die Mikrophoto- graphie!

(aus Dr. med. Carl Kaiserling:  
Die mikrophotographischen Appa-  
rate und ihre Handhabung.  
Handbuch der mikroskopischen  
Technik, Band 4, Franckh'sche  
Verlagshandlung, Stuttgart 1918)





**LED-Mikroskopbeleuchtung für alle Mikroskope / Einbau oder Umbau!**  
**von BW-OPTIK**  
**denn LED ist nicht LED!**  
**ausführliche Info: [www.bw-optik.de](http://www.bw-optik.de)**

**SONDEROPTIK**  
**BW - OPTIK**  
**DIREKTVERSAND LANGNER-VOSS**  
**ASTRONOMIE MIKROSKOPE**

Telefon: 04962/996484 • Fax: 04962/996717  
 Blücherstr. 5 • D-26871 Aschendorf  
[www.bw-optik.de](http://www.bw-optik.de) • [shop@bw-optik.de](mailto:shop@bw-optik.de)

# Impressum

Herausgeber: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin, Telefon: +49(0)30/83 85 64 75, Telefax: +49(0)30/83 85 64 77, E-Mail: [hausmann@zedat.fu-berlin.de](mailto:hausmann@zedat.fu-berlin.de); Redaktionsassistentin: PD Dr. Renate Radek, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin, Tel.: +49(0)30/83 85 63 73, E-Mail: [rradek@zedat.fu-berlin.de](mailto:rradek@zedat.fu-berlin.de)

Verlag: Elsevier GmbH – Urban & Fischer, Hackerbrücke 6, 80335 München, Tel.: +49(0)89/5 38 30, Fax: +49(0)89/5 38 39 39, E-Mail: [info@elsevier.de](mailto:info@elsevier.de)

Anzeigenleitung: Marcel Fischer, Advertising Management, Kirchgasse/Vicolo della chiesa 3, 39030 Olang/Valdaora (BZ), Italien (Südtirol/Italia (Alto Adige), Tel.: +39 04 74 49 66 65, Mobil: +39 3480159984; E-Mail: [marcel.fischer@elsevier.com](mailto:marcel.fischer@elsevier.com)

Anzeigenpreise: Gültig ist die Preisliste vom 1. Januar 2013.

Lieferkonditionen (2013): Band 102 (1 Band mit 6 Ausgaben)

Abopreise\* (2013):

Land	Institutionen	Persönlich	Vorzugspreis für Schüler, Azubis und Studenten	Einzelheft
D, A, CH*	105,00 EUR	84,00 EUR	63,00 EUR	21,00 EUR

\* Deutschland, Österreich, Schweiz

\*Die Preisangaben sind unverbindliche Preisempfehlungen. Preisänderungen müssen wir uns vorbehalten. Alle Preise verstehen sich inklusive Versandkosten und exklusive Umsatzsteuer. Bei der Rechnungsstellung wird Umsatzsteuer gemäß der zum Rechnungszeitraum geltenden Richtlinien erhoben. Versand per Luftpost ist möglich, Preise auf Anfrage. Kunden in den EU-Ländern werden gebeten ihre Umsatzsteuernummer anzugeben.

Der Verlag behält sich das Recht vor, Zusatzbände im Abonnementzeitraum zu publizieren. Erscheinende Supplement-Bände zu einzelnen Zeitschriften sind in den genannten Preisen enthalten.

Kündigung von Abonnements: Abonnements laufen jeweils für ein Kalenderjahr und werden automatisch verlängert, falls nicht bis zum 31. Oktober des Jahres gekündigt wird.

Abonnements: Bitte richten Sie Ihre Bestellung an HGV Servicecenter Fachverlage, Abo-Service, Postfach 11 64, 72125 Kusterdingen, Deutschland.

Tel.: +49(0)7071/93 53 16, Fax: +49(0)7071/93 53 35, E-Mail: [journals@elsevier.com](mailto:journals@elsevier.com)

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Reutlingen, Kontonummer 159 9950 (BLZ 640 700 85), IBAN DE54 6407 0085 0159 9950 00; BIC DEUTDE33

Postbank Stuttgart, Kontonummer 6930-706 (BLZ 600 100 70), IBAN DE80 6001 0070 0006 9307 06, BIC PBNKDEFF

Bitte geben Sie bei der Zahlung Ihre vollständigen Daten an.

Copyright: Alle Artikel, die in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden, sind urheberrechtlich geschützt, alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Erlaubnis des Verlages ist es verboten, Teile der Zeitschrift in irgendeiner Form zu reproduzieren. Dies beinhaltet sowohl die Digitalisierung als auch jede andere Form der elektronischen Weiterverarbeitung wie Speichern, Kopieren, Drucken oder elektronische Weiterleitung des digitalisierten Materials aus dieser Zeitschrift (online oder offline).

Für den allgemeinen Vertrieb von Kopien für Anzeigen- und Werbezwecke, für die Neuzusammenstellung von Sammelbänden, für den Wiederverkauf und andere Recherchen muss eine schriftliche Erlaubnis vom Verlag eingeholt werden.

Satz: Verlagsservice Baier, Mallendorfer Weg 126, 99518 Auerstedt.

Druck/Bindung: Henry Ling Ltd., Dorchester, UK.

(∞) Seit Band 85, Ausgabe 1 (1996) erfüllt das Papier, das für diese Zeitschrift genutzt wurde, die Anforderungen von ANSI/NISO Z39.48-1992 (Beständigkeit von Papier).

Hergestellt in Deutschland

Alle Rechte vorbehalten.

© Elsevier GmbH

Für weitere Informationen gehen Sie bitte auf unsere Website <http://journals.elsevier.de/mikrokosmos>

# Hinweise für Autoren

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

2. Die Redaktion bittet, Manuskripte digital als Word-Dokumente ohne spezielle Formatierung einzureichen. Keine Trennungen einfügen. Bitte das Manuskript zusätzlich ausgedruckt auf nummerierten DIN A4-Bögen mitschicken. Zugunsten der Themenvielfalt in einem Heft können keine überlangen Artikel berücksichtigt werden. Ein Manuskript darf bei 1,5fachen Zeilenabstand und einer 12-Punkt-Schriftgröße (Arial) einschließlich der Literaturhinweise und Bildlegenden nicht länger als 10 Seiten sein; der Abbildungsanteil darf insgesamt vier Druckseiten nicht überschreiten (Platzbedarf der Abbildungen gemäß der vorgegebenen Bildgrößen berechnen). Der Text soll durch Zwischenüberschriften untergliedert werden. Keine Fußnoten einfügen. Am Ende des Manuskriptes steht die vollständige Autorenadresse.

3. Tabellen und Bildlegenden (beide jeweils fortlaufend nummerieren) nicht in den Haupttext einbauen, sondern ans Ende des Manuskriptes anhängen. Alle Abbildungen fortlaufend im Text zitieren, aber nicht in den laufenden Text einfügen, sondern gesondert beilegen.

4. Die Abbildungen vorzugsweise digital als Tiff-Dateien (300 dpi bei 14 cm Bildbreite) auf CD-R oder Datenstick einreichen. Bei digitalen Bildern unbedingt auch eine unbeschriftete Version einreichen. Wenn Beschriftung in digitalen Vorlagen vorgenommen wird, bitte Arial 10 pt normal verwenden; die Nummerierung der Abbildungen in Arial 12 pt fett einfügen. Die Abbildungen so abspeichern, dass die Beschriftung nachträglich verändert werden kann (z.B. in Photoshop die Ebenen nicht vereinen, sondern getrennt belassen). Die Bilder werden in drei verschiedenen Breiten reproduziert: 7 cm (1-spaltig), 9,5 cm (1,5-spaltig) und 14 cm (2-spaltig = seitenbreit). Es können mehrere Bilder zu Tafeln kombiniert werden. Als Bildvorlagen sind auch Dias, Fotos sowie Strichzeichnungen geeignet, die von uns eingescannt werden. Alle Bildvorlagen bleiben Eigentum des Autors und sollten namentlich gekennzeichnet werden. Auf den Originalabbildungen keine Beschriftungen vornehmen, sondern nur auf Kopien. Vergrößerungen sollten erst anhand der Bildandrucke

berechnet werden, die vor Drucklegung zusammen mit den Korrekturandruckten der Artikel den Autoren zugesandt werden. Anstelle einer Vergrößerungsangabe können auch Maßstriche in die Abbildungen eingefügt werden.

5. Literaturzitate bitte in alphabetischer Reihenfolge anordnen und nach folgendem Schema anfertigen.

Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:

Körner, S.-J., Hausmann, K.: Das Periphyton im rasterelektronenmikroskopischen Bild. Teil 3: Heliozoen und Flagellaten. Mikrokosmos 101, 207–212 (2012).  
Boenigk, J., Ereshefsky, M., Hoef-Emden, K., Mallet, J., Bass, D.: Concepts in protistology. Europ. J. Protistol. 48, 96–102 (2012).

Buchzitate:

Larink, O., Westheide, W.: Coastal plankton. Photo guide for European seas, 2<sup>nd</sup> ed. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München 2011.

Zitate von Buchbeiträgen:

Hausmann, K., Hülsmann, N., Radek, R.: „Einzellige Eukaryota“, Einzeller. In: Westheide, W., Rieger, R. (Hrsg.): Einzeller und Wirbellose Tiere, 2. Auflage, S. 1–65. Elsevier Verlag, München 2007.

6. 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.

7. Jeder Autor erhält von seiner im MIKROKOSMOS veröffentlichten Arbeit kostenlos 25 Sonderdrucke oder eine PDF-Datei. Zusätzliche Sonderdrucke können auf Nachfrage vom Verlag auf eigene Kosten bezogen werden.

8. Der Verlag honoriert jede Druckseite mit 30,00 €, ein Foto, das auf der Titelseite erscheint, mit 60,00 € und ein Foto, das auf der Rückseite erscheint, mit 45,00 €.

9. Manuskripte bitte einsenden an:

Prof. Dr. Klaus Hausmann  
Redaktion MIKROKOSMOS  
Institut für Biologie/Zoologie  
Freie Universität Berlin  
Königin-Luise-Straße 1–3  
14195 Berlin

---

## Das letzte Bild

Das umseitige Bild zeigt einen Querschnitt durch Backenzähne einer Maus.

Präparationstechnik: Histologischer Schnitt, Masson-Goldner-Färbung. Mikroskopiertechnik: Dunkelfeld; Vergr. 110fach.

Foto: Michael Dillberger, Puchheim; E-Mail: familie.dillberger@t-online.de.

Vorschläge für *Das letzte Bild* bitte Herrn Wolfgang Bettighofer, Rutkamp 64, 24111 Kiel, zusenden. Bitte nur Hochformate für die Endgröße 14 × 20 cm einreichen. Elektronische Vorlagen nur als Tiff-Dateien (300 dpi bezogen auf die Bildendgröße) vorbereiten. E-Mail: wolfgang.bettighofer@gmx.de.

Die Redaktion behält sich vor, die Bilder, wenn es nötig erscheint, zu beschneiden.



