II-90372/101,2

Elsevier Copyright. Alle Rechte vorbehalten. http://www.elsevier.de/

ELSEVIER
URBAN & FISCHER

MIKROKOSMOS

Heft 2
101. Jahrgang
März 2012

www.elsevier.de/mikrokosmos

ISSN 0026-3680

MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

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

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

65 Bau und Entwicklung der Rippenqualle *Pleurobrachia pileus*
Thomas Fromm

73 Mikroskope aus Kiel mit Z – Adolf Zwickert (1849–1926), Kieler Optiker und Mechaniker
Erich Lüthje

77 Aus dem Dornröschen-Schlaf erwacht: Das Rädertier *Ptygura rotifer*
Michael Plewka

90 Das Periphyton im rasterelektronenmikroskopischen Bild Teil 1: Prokaryoten
Sarah-Julia Körner und Klaus Hausmann

110 Bau und Funktion von Drehflieger-Diasporen Teil 1: „Nur" ein Fichtensamen … 200 Millionen Jahre effektive Verbreitung
Werner Nachtigall

117 Variabler Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (VPDK) – Eine Methode zur verbesserten Darstellung von Objekten mit hohen regionalen Dichteunterschieden
Timm Piper

Rubriken

81
Buchbesprechung

82, 107
Mikro-Galerie

84, 85, 109, 116, 123
Kurze Mitteilungen

86, 87, 96, 124, 127
Nachrichten

88
Form und Funktion im Mikro- und Makrobereich

95, 128
Mikro-Cartoon

100
Mikro-Lyrik

125
Aus der Industrie

126
Mikro-Dialoge

127
Aus den Arbeitsgemeinschaften

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

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

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

Umschlagabbildung: Ventrale Ansicht der Korona des Rädertiers *Ptygura rotifer*.
Siehe Artikel M. Plewka, S. 77–81.

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

Bau und Entwicklung der Rippenqualle Pleurobrachia pileus

Thomas Fromm

Die etwa 80 Arten der Rippenquallen (Ctenophora) sind rein marin und kommen in unterschiedlichen Wasserschichten vor. Die artenarme, aber sehr formenreiche Gruppe verdankt ihren Namen den typischen – immer acht – Reihen (Rippen) von Wimperplättchen (Membranellen), welche die Tiere wie die Längengrade eines Globus überziehen. Jedes Plättchen besteht aus einer Querreihe kammartig nebeneinander liegender Cilien, die den Tieren die Fortbewegung ermöglichen, indem sie diese wie ein Ruder in eine Richtung schlagen, sie dann wieder zurückziehen und erneut kräftig bewegen.

Die sich autonom bewegenden einzelnen Wimperplättchen sind miteinander über ein diffuses Nervennetz verschaltet, und die Bewegung der Wimperplättchen erfolgt rasch metachron und über den ganzen Körper des Tieres pulsierend, wodurch das Tier mit dem Mund voran schwimmt. Durch schwaches beziehungsweise stärkeres Schlagen der einen oder anderen Plättchenreihe lassen sich auch komplizierte Bewegungen im Raum ausführen. Die Tiere sind durchsichtig bis schwach rosa gefärbt, bestehen zu 99 % aus Wasser und hinterlassen beim Betrachter wegen ihrer zerbrechlichen Schönheit oft einen nachhaltigen Eindruck.

Bau von Pleurobrachia pileus

Pleurobrachia pileus ist kugelig bis eiförmig gebaut und erhielt deshalb auch den Vulgärnamen Seestachelbeere (Abb. 1). Die Art lebt pelagisch auch in der Nord- und Ostsee, wo sie manchmal in Schwärmen auftritt und so einen dominierenden Teil des gelatinösen Planktons ausmachen kann. *Pleurobrachia pileus* wird bis zu 30 mm lang.

Orientiert man diese Art so, dass die Mundöffnung nach unten zeigt, dann befindet sich am oberen Pol, dem Scheitelpol, die für diese Gruppe charakteristisch gebaute Statocyste, welche die Schwerkraft wahrnimmt und so die Orientierung der Tiere im Raum ermöglicht. In zwei gegenüberliegenden, ektodermalen Taschen befindet sich jeweils ein Tentakel, der dem Beutefang dient und ausgefahren und entspannt oft die hundertfache Länge des Tieres ausmachen kann (Abb. 1 und 2). Die Tentakel sind verzweigt, und spezialisierte Zellen der Oberfläche – so genannte Klebzellen (Colloblasten) – dienen dem Ergreifen der Beute, namentlich kleine Krebschen, Fischbrut, Pfeilwürmer und Trochophora-Larven. Die Colloblasten sind gänzlich anders gebaut als die Nesselzellen der Nesseltiere (Cnidaria) und können höchstens funktionell mit den Glutinanten der Nesseltiere verglichen werden. Gegenüber den Nesselzellen der Cnidarier stellen sie aber insoweit eine Verbesserung dar, als dass sie nach dem Gebrauch nicht wertlos werden, sondern immer wieder erneut verwendet werden können.

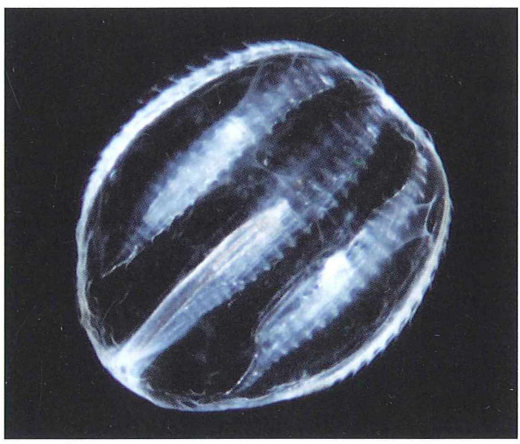


Abb. 1: *Pleurobrachia pileus* mit kontrahierten Tentakeln.

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

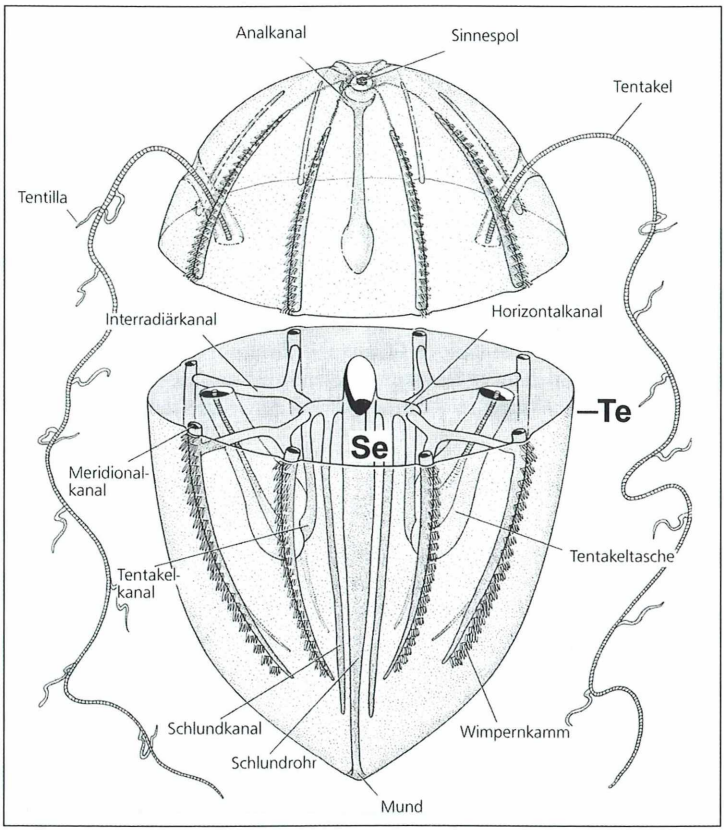


Abb. 2: Schema der Organisation von *Pleurobrachia pileus*. Tier in der Mitte aufgeschnitten. Se Schlundebene, Te Tentakelebene (aus Rieger, 2007).

Auffällig sind die acht Längskanäle im Inneren des Tieres, die über den Magen mit dem in der mittleren Längsachse befindlichen, entodermalen Darmkanal in Verbindung stehen und so die Versorgung des Tieres mit Nahrungsstoffen ermöglichen (Gastrovaskularsystem). Der Darmkanal ist in eine mächtig entwickelte Mesogloea (Gallertschicht) eingebettet, die auch Bindegewebszüge, sowie Schichten von Ring- und Längsmuskelzellen enthält. Im Magen wird die zerkleinerte Nahrung durch Cilienströmungen herumgewirbelt bis sie schließlich in den Röhrenwandzellen der Längskanäle intrazellulär verdaut und resorbiert wird. Die Ausscheidung erfolgt dann über Verästelungen des Darmkanals in der Umgebung des Scheitelpols. Die Längskanäle selbst enden an beiden Polen blind. Die Nahrungsaufnahme erfolgt sozusagen durch Ablecken der zu diesem Zweck verkürzten Tentakel mit dem ektodermalen Mund.

Die Körperform lässt sich demnach auf zweierlei Weise in gleiche Hälften zerlegen: Ein Längsschnitt durch die Tentakelebene oder senkrecht dazu weist die Tiere als biradial gebaute Organismen aus (Disymmetrie).

Fortpflanzung und Entwicklung von Pleurobrachia pileus

Pleurobrachia pileus ist – wie alle Ctenophoren – zwittrig. Die Geschlechtszellen werden von den entodermalen Gonaden in den acht Meridionalkanälen erzeugt, wobei jeder Kanal voneinander separierte männliche und weibliche Gameten besitzt. Bei *P. pileus* kommt das Phänomen der Dissogonie vor: Die Tiere werden zweimal in ihrem Leben geschlechtsreif, einmal in der Juvenilphase auf dem Cydippe-Stadium (die Tiere sind dann nur 0,5–1,5 mm groß und ihr Entoderm besteht nur aus vier radiär angeordneten Taschen) und ein zweites Mal als Adultus. Die von den adulten Formen gebildeten Eier (Oocyten) sind dann doppelt so groß wie die der juvenilen Tiere. Zwischen den Phasen der Geschlechtsreife werden die Gonaden zurückgebildet. Die Gameten der geschlechtsreifen Tiere werden nach Sonnenaufgang über

© Elsevier. Copyright. Nur zum persönlichen Gebrauch. Keine Weitergabe.

den Mund ins Wasser abgegeben, wo es zur Besamung und Befruchtung kommt. Eine vegetative Vermehrung kommt nicht vor, und eine Planulalarve wird nicht gebildet.

Eier

Unmittelbar nachdem ein Spermium die Eimembran durchdrungen hat, wird die Reifeteilung abgeschlossen, infolgedessen es zur Abschnürung der beiden Polkörperchen kommt. Die Lage der Polkörperchen kennzeichnet den animalen Pol. Mit der Verschmelzung von männlichem und weiblichem Kern ist das Ei dann befruchtet.

Stadium I: Zygote (Abb. 4). Die Zygoten von *P. pileus* sind circa 800 µm groß und von einer Gallerthülle umgeben. Sie sind außerdem mesolecithal (mittlerer Dottergehalt) und bestehen aus einer ektoplasmatischen Außenschicht und einer dotterreichen, von einem protoplasmatischen Netz durchzogenen Innenmasse, dem Endoplasma. Die beiden Schichten verhalten sich gegenüber Vitalfarbstoffen unterschiedlich, und während der Embryonalentwicklung zeigt sich, dass aus dem Ektoplasma die ektodermalen Organe hervorgehen, während das Endoplasma das entodermale Material der späteren Rippenqualle liefert. Der Kern liegt im Ektoplasma.

Furchung

Die Furchung bei *P. pileus* verläuft extrem schnell: Bei Zimmertemperatur folgen die einzelnen Furchungsteilungen im Abstand von 10 min aufeinander, so dass nach 2,5–3 Stunden bereits die Gastrulation einsetzt (Abb. 3).

Stadium II: Erste Furchungsteilung, 2-Zellstadium (Abb. 5 und 6). Die erste Furchungsteilung verläuft total-äqual und führt zum 2-Zellstadium. Die Furchungsebene verläuft meridional, also durch die beiden Pole.

Stadium III: Zweite Furchungsteilung, 4-Zellstadium (Abb. 7 und 8). Die zweite Furchungsteilung verläuft ebenfalls total-äqual. Wie bei der ersten Teilung verläuft die Furche meridional und schneidet am vegetativen Pol ein. Beide Furchen stehen demnach senkrecht aufeinander. Die erste Furche entspricht der Magenebene des Tieres, während die zweite der Tentakelebene entspricht.

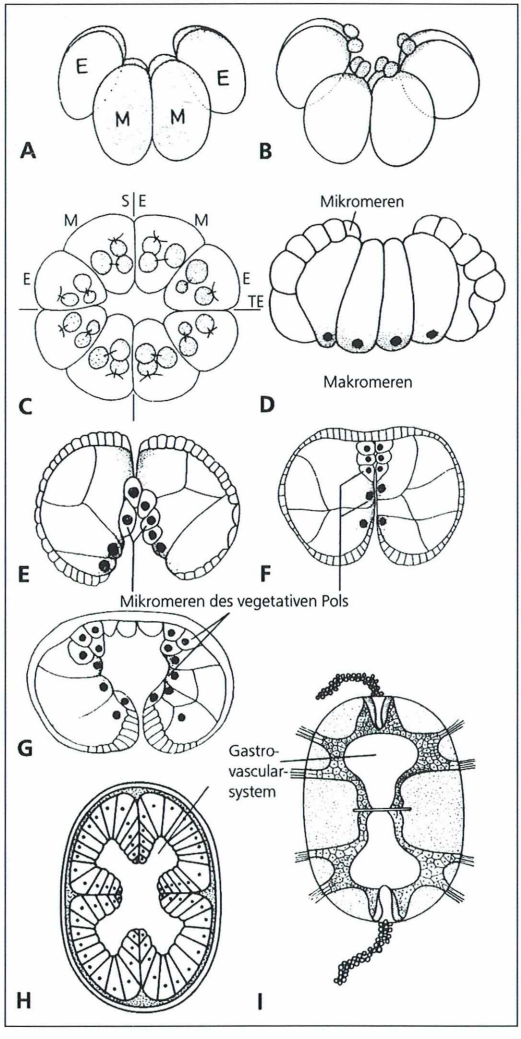


Abb. 3: Disymmetrische Furchung bei den Ctenophoren. **A–C:** Inäquale Furchung; von der Seite (A und B), Blick auf den animalen Pol (C). **D:** Sterroblastula. **E–G:** Gastrulation durch Epibolie; von der Seite. **H** und **I:** Entstehung des Gastrovaskularsystems. E kleinere Blastomere, M größere Blastomere, SE Schlundebene, TE Tentakelebene (aus Siewing, 1969).

Stadium IV: Dritte Furchungsteilung, 8-Zellstadium (Abb. 9). Die dritte Furchungsteilung verläuft im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen nicht klar äqual: Bei der Teilung geben je zwei der vier Blastomeren zwei Zellen schräg nach außen ab. Diese adäquale Teilung führt zu vier größeren (M) und vier etwas kleineren Blastomeren (E) (Abb. 3A). Damit ist aus der während der ersten beiden Teilungen entstandenen Radiärsymmetrie eine Bilateralsym-

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

Abb. 4–11: Furchung bei *Pleurobrachia pileus*.– **Abb. 4:** Zygote. – **Abb. 5:** Beginnende erste Furchungsteilung. Polkörperchen (Pk), kennzeichnen den animalen Pol. Die Furche schneidet, vom animalen Pol aus beginnend, total-äqual und meridional verlaufend, die Zygote in zwei Halbzellen. – **Abb. 6:** 2-Zellstadium. – **Abb. 7:** Beginnende zweite Furchungsteilung. – **Abb. 8:** 4-Zellstadium. – **Abb. 9:** 8-Zellstadium aus vier kleineren Blastomeren (E) und vier größeren Blastomeren (M), welche aus den adäqualen Teilungen der vier Blastomeren des 4-Zellstadiums hervorgegangen sind. – **Abb. 10:** 16-Zellstadium (Aufsicht). – **Abb. 11:** 16-Zellstadium (Seitenansicht). Ekp Ektoplasma, Enp Entoplasma, Mik Mikromeren, Mak Makromeren.

metrie entstanden. Wie beim Adultus zeigt sich aber, dass es sich um einen Spezialfall der Bilateralsymmetrie handelt, denn bereits hier kann man durch den Keim zwei zur Polaritätsachse parallel verlaufende, senkrecht aufeinander stehende Symmetrieebenen legen. Diese Disymmetrie kann man entwicklungsgeschichtlich als ersten Schritt zur Bilateralsymmetrie deuten und ist nur auf die Ctenophoren beschränkt.

Stadium V: Vierte Furchungsteilung, 16-Zellstadium (Abb. 10). Kurz vor Beginn der vierten Furchungsteilung kommt es nun zu einer Segregation des Plasmas in den acht Blastomeren: Das Ektoplasma sammelt sich in den Blastome-

© Elsevier

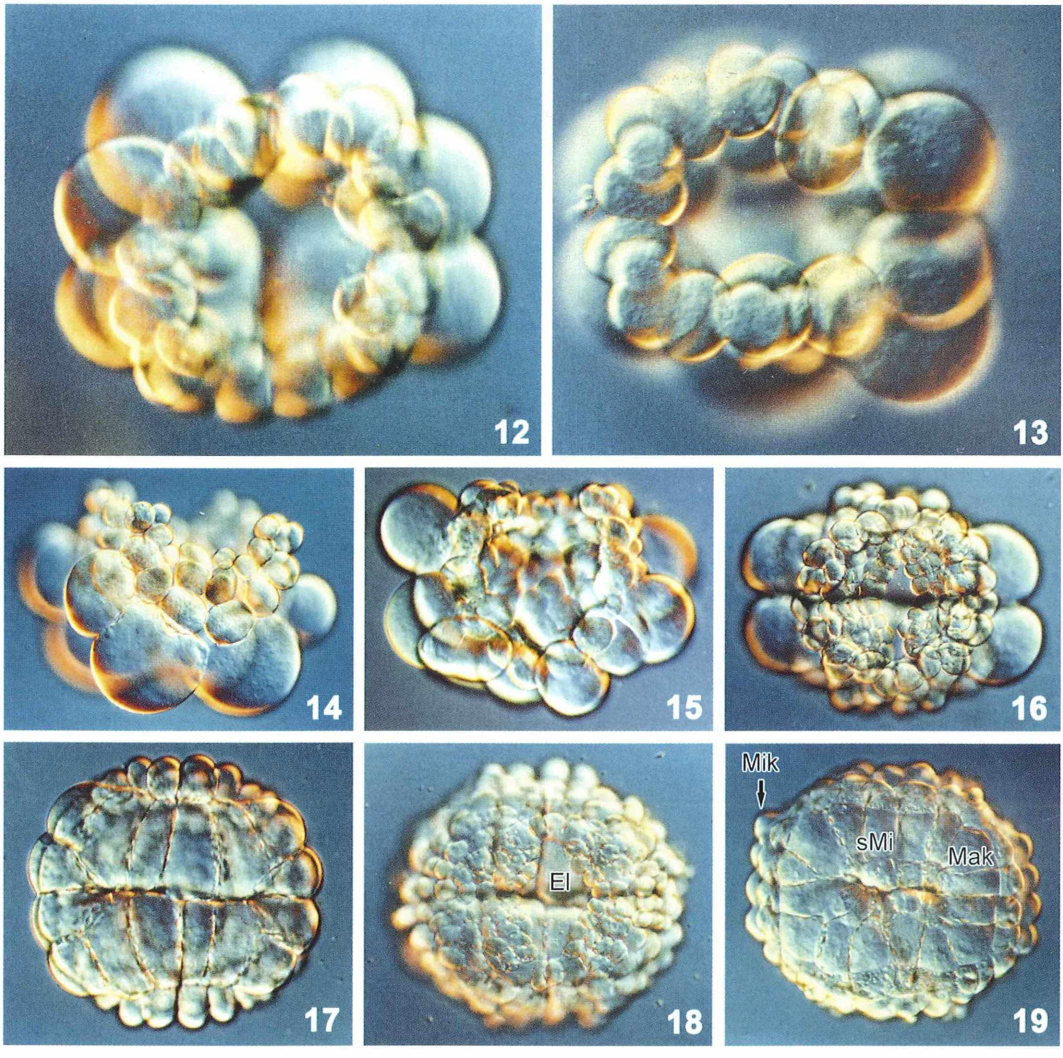


Abb. 12–19: Furchung bei *Pleurobrachia pileus*. – **Abb. 12** und **13:** 32-Zellstadium.– **Abb. 14:** 64-Zellstadium (Seitenansicht). – **Abb. 15:** 64-Zellstadium mit Blick auf den Mikromerenkranz. – **Abb. 16:** Etwa 128-Zellstadium mit Blick auf die animale Mikromerenkappe. – **Abb. 17:** Etwa 128-Zellstadium mit Blick auf die 16 vegetativen Makromeren. – **Abb. 18:** Blick von oben auf das circa 256-Zellstadium mit der Mikromerenkappe. Durch die Ektodermlücke (El) hat man einen Blick in den Hohlraum der Sterroblastula. – **Abb. 19:** Blick auf die 16 vegetativen Makromeren, welche nun die sekundären Mikromeren (sMi) abgeschnürt haben. Mik Mikromeren, Mak Makromeren.

ren an dem zum animalen Pol gewandten Teil an, wodurch jede Blastomere nunmehr eine animale, ektoplasmatische Kappe erhält. Dies hat zur Folge, dass der folgende Furchungsschritt stark inäqual verläuft und die Teilungsebenen nicht meridional, sondern annähernd äquatorial verlaufen. Jede der acht Blastomeren teilt sich inäqual weiter, das heißt es entstehen acht Mikromeren und acht Makromeren, wobei die Mikromeren hauptsächlich das Ektoplasma enthalten. Das so entstandene 16-Zellstadium besteht demnach aus einer Schale aus acht Makromeren des vegetativen Pols, in der acht Mikromeren liegen (Abb. 3B).

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

Stadium VI: Fünfte Furchungsteilung, 32-Zellstadium (Abb. 12 und 13). Der sich noch in den acht Makromeren befindliche Ektoplasmarest wird nun bei der fünften Furchungsteilung größtenteils abgeschnürt. Dabei entstehen noch einmal acht Mikromeren. Gleichzeitig teilen sich auch die aus dem vorigen Furchungsschritt entstandenen Mikromeren, so dass das 32-Zellstadium aus acht vegetativen Makromeren mit je drei darauf sitzenden animalen Mikromeren besteht (Abb. 3C).

Stadium VII: Sechste Furchungsteilung, 64-Zellstadium (Abb. 15). Zum 64-Zellstadium führen zum einen die fast äqualen Teilungen der acht Makromeren (die 16 Makromeren bilden dann die Entodermanlage) und zum anderen die äqualen Teilungen der Mikromeren, wodurch 48 Mikromeren resultieren.

Stadium VIII: Siebte Furchungsteilung (Abb. 16 und 17). Bei der siebten Furchungsteilung teilen sich die Mikromeren lebhaft weiter und beginnen nun kappenartig die Makromeren zu überdecken und epibolisch zu umwachsen, das heißt die Gastrulation beginnt bereits während der Furchung. Die 16 Makromeren scheinen sich nach meinen Beobachtungen nicht zu teilen (Abb. 3D).

Stadium IX: Achte Furchungsteilung (Abb. 18 und 19). Bei der achten Furchungsteilung teilen sich nun wieder Makro- und Mikromeren synchron. Die Mikromeren teilen sich weiter und vergrößern die innen hohle, kegelförmige, animale Kappe. Diesem Mikromerenkegel fehlt jedoch die Spitze, so dass es bei geeigneter Orientierung des Keims möglich ist, in den Hohlraum hineinzuschauen. An der Basis des Kegels setzt sich ebenfalls die Teilungsaktivität fort, so dass die Umwachsung der Makromeren weiter fortgesetzt wird. Letztere teilen sich ebenfalls, schnüren sich jedoch nun am vegetativen Pol ab. Die so entstandenen „sekundären Mikromeren" enthalten den letzten Rest Ektoplasma und sind für die weitere Entwicklung des Embryos von großer Bedeutung, denn sie sind – wie die anderen Mikromeren – prospektive Ektodermzellen. Aus den Mikromeren des vegetativen Pols geht später die Muskulatur der Tentakel hervor, während die Muskulatur des übrigen Ctenophorenkörpers aus den Abkömmlingen der animalen Mikromeren hervorgeht, also auch ektodermaler Abkunft ist. Aus diesen Ausführungen geht nun auch hervor, welches Schicksal die Makro- und Mikromeren während der Embryonalentwicklung besitzen: Die Mikromeren, die fast ausschließlich ektoplasmatisches Material enthalten, liefern das Ektoderm, die Makromeren dagegen das gesamte Entoderm.

Stadium X: Am Ende der Furchung steht eine kissenförmige Blastula mit einem zeitweisen Hohlraum am animalen Pol. Dieser geht jedoch während der Epibolie auch verloren, indem er von den Mikromeren vollständig ausgefüllt wird. Das bedeutet, dass die typische Form der Blastula verlorengegangen ist, denn es fehlt sowohl die Form einer Kugel als auch ein zentraler Hohlraum (Blastocoel). Des Weiteren sind auch die Blastomeren unterschiedlich groß. Deshalb spricht man in diesem Fall von einer Sterroblastula. Da Furchung und Gastrulation ineinander übergehen, entsprechen dem Stadium der Sterroblastula weitestgehend die Stadien IX bis XI.

Bildung der Keimblätter

Stadium XI: Epibolie und Invagination. Durch die Umwachsung (Epibolie) der Makromeren durch die Mikromeren kommt es zu einer Einwärtsverlagerung des prospektiven Entoderms, und am Ende der Epibolie umschließt ein lückenloses Epithel die epibolische Gastrula. Dadurch ist der Keim nun zweischichtig geworden: Er besteht aus einem äußeren Ektoderm (gebildet aus Mikromeren) und einem inneren Entoderm (gebildet aus Makromeren). Die Umwachsung geht jedoch auch so weit, dass Mikromeren auch in den Blastoporus eindringen und so die ektodermale Auskleidung des Schlundrohres bilden. Bevor es jedoch dazu kommt, senken sich die im Stadium IX abgeschnürten 16 vegetativen „sekundären Mikromeren" ein und verschieben sich – durch den Keim hindurch – zum animalen Pol hin (Abb. 20). Dort werden sie in den Verband der übrigen Entodermzellen eingefügt. Die 16 Mikromeren beziehungsweise ihre Abkömmlinge bilden nun aber nicht den entodermalen Urdarm, sondern sie ordnen sich vielmehr vierstrahlig-radiärsymmetrisch an, nachdem sie am Dach des Urdarms aus dem Verband der prospektiven Urdarmzellen wieder herausgetreten sind. Sie bilden so Bindegewebs- und glatte Fasermuskelzellen in der Mesogloea, namentlich die Muskulatur der Tentakel. Die Verlagerung der 16 „sekundären Mikromeren" ins Innere

© Elsevier, Copyright, Unauthorized use prohibited. Authorized users can download, display, view and print a single copy for personal use

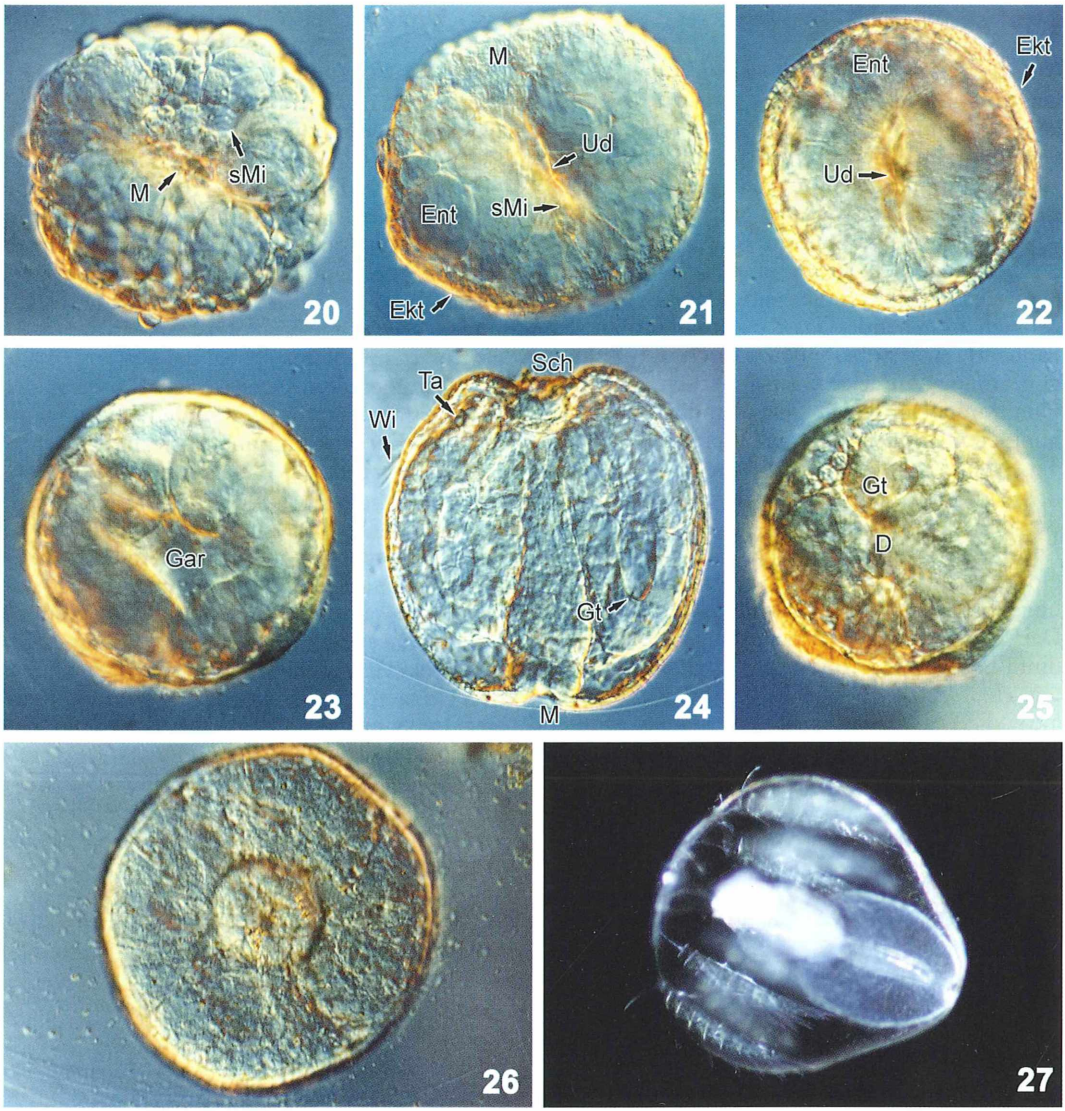


Abb. 20–27: Keimblattentwicklung und Organogeneses bei *Pleurobrachia pileus*. – **Abb. 20:** Der Blick auf den vegetativen Pol des Embryos zeigt die beginnende Einsenkung der 16 vegetativen Mikromeren. – **Abb. 21:** Fortgeschrittene Einsenkung der sekundären Mikromeren und Bildung des Urdarms. Keim im optischen Längsschnitt. – **Abb. 22:** Gleiches Stadium wie in Abb. 21, jedoch Keim im optischen Querschnitt. – **Abb. 23:** Gastralraum-Bildung, Keim im optischen Querschnitt. – **Abb. 24:** Stadium mit vier Gastraltaschen im optischen Längsschnitt. – **Abb. 25:** Stadium mit vier Gastraltaschen im optischen Querschnitt. – **Abb. 26:** Älteres Stadium im optischen Querschnitt (leicht gequetscht) mit mehreren Gastrovaskulargefäßen sowie – in der Mitte über dem Darm liegend – die Statolithen des Scheitelorgans. – **Abb. 27:** Cydippe-Stadium. D Darm, Ekt Ektoderm, Ent Entoderm, Gar Gastralraum, Gt Gastraltasche, M Mund, sMi sekundäre Mikromeren, Ta Tentakelanlage, Ud Urdarm, Sch Scheitelorgan, St Statolithen, Wi Wimpern.

des Keims kann man auch nur bedingt als Invagination deuten, denn die „sekundären Mikromeren“ bilden keine entodermalen Organe, sondern behalten durch ihren hohen Ektoplasmagehalt ihren ektodermalen Charakter bei (Abb. 3E–G).

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

Organogenese

Mit der Entwicklung des Gastralraumes ist die Gastrulation abgeschlossen, und die Organogenese beginnt: Am animalen Pol entsteht das Scheitelorgan. Die Makromeren haben sich inzwischen weiter geteilt und sich epithelartig zur Bildung des Gastralraumes angeordnet (Abb. 21–23). Über ein Stadium mit vier Gastraltaschen beginnen sie dann das komplizierte, aus acht Rippengefäßen und zwei Tentakelgefäßen bestehende Gastrovaskularsystem der Rippenquallen aufzubauen. Durch die Bildung von anfangs nur vier Gastraltaschen entstehen Quadranten, in denen sich in radiärer Anordnung eine Doppelreihe von Wimperplatten bildet (Abb. 25 und 26). Die Tentakel treten dann in symmetrischer Anordnung als Ektodermverdickungen auf. Die zwischen Ektoderm und Entoderm liegende Gallertschicht – die Mesogloea – geht im Verlauf der Embryonalentwicklung ebenfalls aus dem Ektoderm hervor.
Der so entstandene Keim wird als Cydippe-Stadium bezeichnet (Abb. 27). Er sieht bereits aus wie eine winzige Seestachelbeere. Nachdem er aktiv die Gallerthülle durchbrochen hat, lebt er planktisch, wo er sich zum Adultus weiterentwickelt (Abb. 3H–I).

Schlussbetrachtung

Die Entwicklung der Rippenqualle *Pleurobrachia pileus* ist ein hochdeterminativer Prozess, wobei es aber nicht so ist, dass bereits das ungefurchte Ei ein Mosaik verschiedener Potenzen darstellt. Entfernt man nämlich beispielsweise aus dem Ei große Teile des animalen Bereichs, so kommt es trotzdem zu einer Normalentwicklung. Erst während des Furchungsgeschehens kommt es zu Differenzierungen, wobei der disymmetrische Furchungstypus vor allem auf eine unterschiedliche Strukturierung des Plasmas im Ei zurückzuführen ist.
Trennt man die Blastomeren des 2-, 4- und 8-Zellstadiums voneinander, so kommt es zu Teilentwicklungen. Beispielsweise entwickelt sich eine Achtel-Blastomere zu einer Teillarve mit nur einer Rippe und ohne Gastralraum. Der übrige Keimabschnitt wird zu einer Larve mit sieben Wimperrippen. Des Weiteren ist es so, dass jeder Mikromere auf dem 16-Zellstadium noch die Potenz zur Entwicklung einer Rippe zukommt. Auch eine Teilung der Gastrula in zwei oder vier Teile führt zu Teilentwicklungen, also zu Larven mit vier beziehungsweise zwei Rippen. Dagegen führt eine künstlich herbeigeführte Verlagerung von Blastomeren zu stark deformierten Keimen, wobei die abnorme Lage der Blastomeren mit der abnormen Lage der aus ihnen entstanden Larventeile korrespondiert. Die Entwicklung und Position des Scheitelorgans wird durch die Lage zu den Rippen bestimmt.
Die systematische Stellung der Ctenophoren ist weiterhin unklar, wobei vor allem die unterschiedliche Nähe dieser Tiergruppe zu den Cnidariern (zusammengefasst als Coelenterata) beziehungsweise zu den Bilateriern (zusammengefasst als Acrosomata) kontrovers diskutiert wird. Neueste molekularbiologische Befunde legen sogar die Annahme nahe, die Ctenophoren – trotz ihres komplizierten Baus – als primitivste Metazoen überhaupt anzusehen.

Literaturhinweise

Jarms, G.: Ctenophora, Rippenquallen. In: Westheide, W., Rieger, R. (Hrsg.): Spezielle Zoologie, Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere, 2. Auflage. Elsevier Verlag, München 2007.
Kaestner, A.: Lehrbuch der speziellen Zoologie, Band I: Wirbellose. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1968.
Pflugfelder, O.: Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsphysiologie der Tiere. Gustav Fischer Verlag, Jena 1962.
Siewing, R.: Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der Tiere. Verlag Paul Parey, Berlin 1969.

Verfasser: Dipl. Biol. Thomas Fromm,
Carstennstraße 29a, 12205 Berlin,
E-Mail: Micrasterias@web.de

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

Mikroskope aus Kiel mit Z – Adolf Zwickert (1849–1926), Kieler Optiker und Mechaniker

Erich Lüthje

Wer nicht mit dem Preise knickert,
Kaufe sich ein Netz bei Zwickert!
Dieser Herr ist schon seit Jahren
Grad im Netzbau wohlerfahren.

Diese launigen Zeilen von Otto Zacharias aus den Jahren 1903/4 erinnern an die frühere Firma Ad. Zwickert in Kiel (Ibs, 2010). Wer war dieser im Netzbau wohlerfahrene Herr? Das hohe Lob von Otto Zacharias (zu diesem Forscher vgl. Ibs, 2007) lässt vermuten, dass es sich bei seiner *Fabrik wissenschaftlicher Apparate, Kiel, Dänische Straße 21–25* seinerzeit um eine erstklassige Quelle für *Apparate für Hydrobiologie und Planktonforschung* gehandelt haben muss. Und tatsächlich konnte das Unternehmen bereits im zweiten Jahrzehnt nach seiner Gründung Ehrendiplome und Goldmedaillen und andere Auszeichnungen der Weltausstellungen Brüssel 1897 und Paris 1900 vorweisen.

Die von Zacharias mit humorvoller Schleichwerbung bedachten Planktonnetze wurden in Kiel von Prof. Victor Hensen und dem Firmengründer Adolf Zwickert gemeinsam entwickelt und im Kieler Hafen vom Ruderboot aus erprobt. Hensen, der sich als Mitglied des preußischen Landtages bereits stark für die Fischerei eingesetzt hatte, leitete fünf große meeresbiologische Expeditionen, darunter 1889 die Plankton-Expedition im Atlantik (Tillmann und Rosenplänter, 2011). Seine Netze waren einige Meter lang und wurden allein von einer Schwiegertochter Zwickerts an einer Nähmaschine (mit Fußbedienung) in Heimarbeit hergestellt.

Kieler Markenzeichen Z

Die 1881 gegründete Firma mit dem Markenzeichen Z präsentierte ihr Sortiment in einem umfangreichen Katalog, welchen die Enkelin des Gründers, Frau Gisela Zwickert, dem Archiv des Instituts für Meereskunde (IfM Kiel) überließ. Leider erlaubt es die Qualität einer Kopie, welche sie davon noch besitzt, nicht, die Illustration zu nachstehender Annonce hier wiederzugeben.

Abb. 1: Eheleute Heinrich Adolf Eduard und Johanna Wilhelmine Ottilie Zwickert, geborene Neuhaus.

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

Nr. 1. Das grosse Plankton-Zählmikroskop nach Prof. HENSEN für R Mk 650 (...) ist eigens für die Zwecke der Zählung konstruiert und dem großen Zähltisch entsprechend sehr massiv gebaut. (...) Das Plankton-Zählmikroskop ist für größere Arbeiten unentbehrlich.
Zum ausgezeichneten Ruf in der Fachwelt kam alsbald auch die Wertschätzung weiterer Kundenkreise. *Der ganze Adel kaufte bei uns*, erinnert sich Gisela Zwickert. Der erlauchten Kundschaft stand laut Inserat von 1886 eine *Auswahl von Brillen, Pincenez, Barometern, Thermometern, Loupen, Operngläsern, Marinespectiven, Fernröhren, Reisszeugen etc. etc.* zur Verfügung.
Mehr noch: Der *Optiker und Mechaniker, Dänischestr. 25, Anlagen von Telephon und electr. Haustelegraphen*, Ad. Zwickert hatte auch einen direkten Draht zum Kaiserhaus. Denn im nahe gelegenen Kieler Schloss (damals Residenz von Prinz Albert Wilhelm Heinrich von Preußen) verlegte seine Firma die gesamten Klingelleitungen.

Großes Z aus Jena

Auch das große Z aus Jena war auf die *Werkstatt für wissenschaftliche Präzisionsinstrumente* an der Kieler Förde aufmerksam geworden. Ernst Abbe besuchte Ad. Zwickert, und beide Firmen arbeiteten bei der Herstellung von Mikroskopen zeitweilig zusammen; wie, ist leider nicht genauer verbürgt. Selbst die Firma Carl Zeiss konnte der Enkelin des Gründers auf Anfrage dazu nichts mitteilen. Möglicherweise waren nur Zwickerts Stative für Zeiss-Jena von Interesse. Als Indiz dafür mag gelten, dass eine Zwickert-Präparierlupe, die ich besitze, optisch mit einer 10×-Lupe von Ernst Leitz Wetzlar ausgestattet ist.
Für einen feinmechanisch-optisch ausgerichteten Betrieb war die Universitätsstadt Kiel kein schlechtes Pflaster, zumal sie als Reichskriegshafen einen rasanten Bevölkerungszuwachs zu verzeichnen hatte. 1836 gab es nach einer Zusammenstellung von Wilhelm Handorff (handschriftlich, 1956) in Kiel einen *Universit.-Mechanikus* namens I. W. Cramer. Für 1857 nennt derselbe Chronist bereits vier Mechaniker, 1867 sind es sechs, 1877 acht derartige Betriebe. In diesem Zeitraum wuchs die Kieler Bevölkerung etwa um das Fünffache (Tillmann und Rosenplänter, 2011).

Gründung und Entwicklung der Firma Zwickert

Heinrich Adolf Eduard Zwickert (Abb. 1) wurde am 10. 10. 1849 in Altenau/Oberharz geboren. Er war mit Johanna Wilhelmine Ottilie Neuhaus verheiratet, der Tochter des Kieler Goldschmiedes Jakob Neuhaus. 1878 wird Ad. Zwickert erstmalig als in Kiel ansässig erwähnt; er soll bei einem Mechanikus Ad. Steger als Gehilfe tätig gewesen sein. Am 1. Oktober 1881 eröffnet er eine Mechanikerwerkstatt im Hause eines Kupferschmieds, 1882 firmiert er als *Ad. Zwickert, Optiker und Mechaniker, Neumarkt 9*. Er verlegt seine Werkstatt 1886 in die Dänische Straße 25 und erwirbt dieses Gebäude 1888. 1904 kauft er das Nachbarhaus Nr. 23 und baut 1905 auf den Grundstücken Nr. 23 und 25 weitere Häuser. 1922 gelangt auch das Anwesen Nr. 21 in seinen Besitz. Mithin gehörten ihm nun die Grundstücke Dänische Str. 21, 23 und 25. Abbildung 2 zeigt die drei Geschäftsgebäude. Die langen Planktonnetze hingen hinter den weißen Fenstern im 1. Stock des linken (zweistöckigen) Hauses. Hinter dessen Schaufenster lag die optische Werkstatt, in welcher auch die nachmalige Alleinerbin Gisela Zwickert ihre $3\,^1/_2$-jährige Lehre als Optikerin absolvierte. Die feinmechanische Werkstatt (Abb. 3) befand sich im Erdgeschoß der Häuser 23/25.
Der Inhaber und seine Gemahlin bewohnten die erste Etage der Häuser Nr. 23/25, seine Kinder und deren Familien das 4. Stockwerk. Aus den Seitenfenstern des Erkers kann man zum

Abb. 2: Die Geschäftshäuser der Firma Ad. Zwickert in der Dänischen Straße, Kiel.

Kieler Schloss hinüberblicken. Unter dem Erker hängt über dem Ladeneingang ein großer Zwicker – eine augenfällige Anspielung auf den Namen des Inhabers.

Übergabe an die nächste Generation

Im Jahr 1922 wird erstmals sein Sohn Hans Zwickert als Optiker und Mechaniker in der Beseler Allee 15 erwähnt. Dort fertigt seine Frau, wie bereits erwähnt, die Planktonnetze an. Kiel ist in dieser Zeit erneut gewachsen: *Auf dem heutigen Stadtgebiet lebten 1871 etwa 43 000 Personen, 1910 waren es 232 250 Personen, bis 1918 dürfte die Zahl auf über 260 000 angestiegen sein, eine Versechsfachung gegenüber 1871,* stellen Tillmann und Rosenplänter (2011) fest.
1924 übergibt Adolf Zwickert, nunmehr 75 Jahre alt, seinen zwei Söhnen Hans und Max Zwickert das Geschäft. Am 19. 10. 1926 verstirbt er. Ein Bild des damals blühenden Unternehmens (Abb. 3) zeigt die Inhaber (mit Anzug; links: Hans, rechts Max) im Kreise von 14 Mitarbeitern in der feinmechanischen Werkstatt. 1933 firmieren die Söhne als Inhaber der *Ad. Zwickert Optische Anstalt und Werkstätten für Feinmechanik, Dänische Straße 21/25.* Die kleine Firmenchronik von W. Handorff endet mit dem Jahr 1940.

Zerstörung, Wiederaufbau und Untergang

Am 22. Mai 1944 werden die Gebäude mit Laden und Werkstätten durch Brandbomben zerstört. Zunächst können ein paar Häuser weiter der feinmechanische Betrieb, die Brillenfertigung und der Verkauf bei einem Teppichhändler fortgeführt werden. *Auf der einen Seite des schmalen Geschäfts wurden Teppiche verkauft, am Ladentisch gegenüber Brillen,* erinnert sich Gisela Zwickert. Im Keller des Hauses Nr. 21 ermöglicht man inzwischen die Brillenfertigung mit geretteten alten Schleifsteinen. Darauf wird ein Raum am Blocksberg für die Feinmechanik angemietet, und man zieht „in eine gepflegte Holzbaracke“ in der Dänischen Str. 17 mit Laden und Büro um. Schließlich erfolgt ein bescheidener Neubau auf dem Grundstück Nr. 21. Die optische Werkstatt bleibt im Keller.

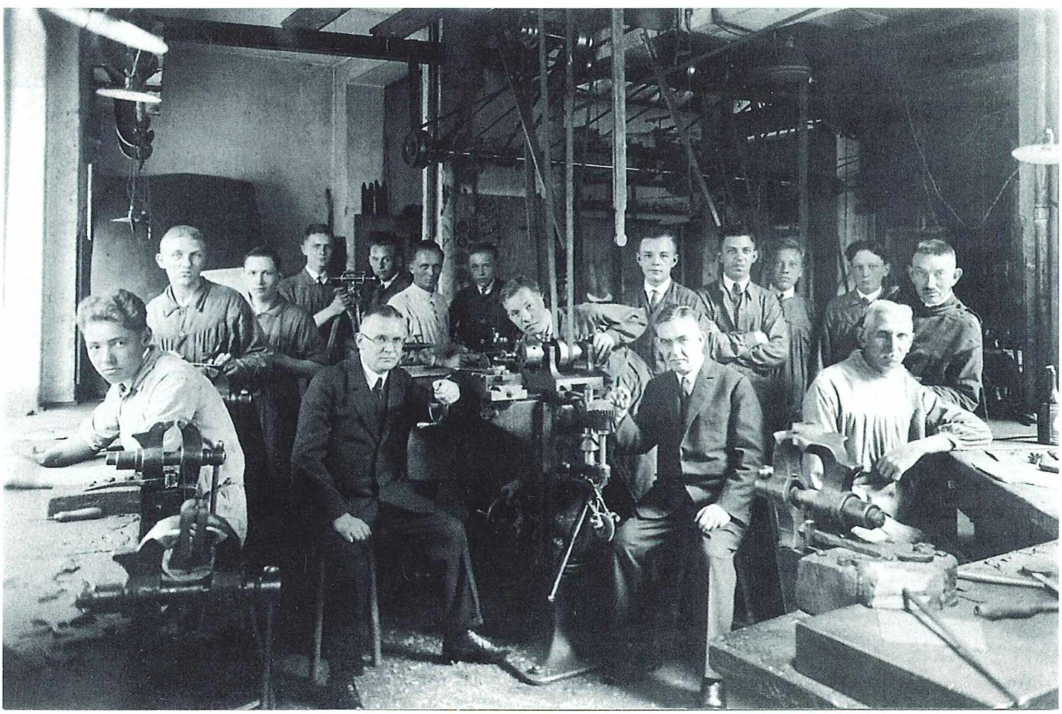
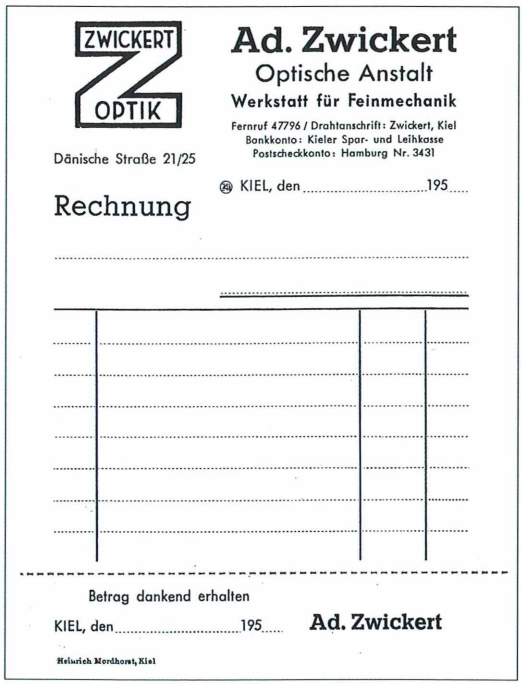


Abb. 3: Die Feinmechanische Werkstatt der Firma Ad. Zwickert mit ihren zwei Inhabern und 14 Mitarbeitern (ca. 1925–1930).

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


ZWICKERT OPTIK

Ad. Zwickert
Optische Anstalt
Werkstatt für Feinmechanik
Fernruf 47796 / Drahtanschrift: Zwickert, Kiel
Bankkonto: Kieler Spar- und Leihkasse
Postscheckkonto: Hamburg Nr. 3431

Dänische Straße 21/25

KIEL, den .....195.....

Rechnung

Betrag dankend erhalten

KIEL, den.....195..... Ad. Zwickert

Heinrich Mordhorst, Kiel

Abb. 4: Kassenzettel der Firma Zwickert.

Im Erdgeschoß verfügt der Bau über einen Verkaufsladen mit Ofenheizung und ein kleines Büro. Mit Reparaturarbeiten an Barometern, Ferngläsern, Brillen usw. geht es langsam wieder aufwärts. Ein Kassenzettel zeigt das Z-Logo aus diesen Tagen (Abb. 4).

Nach dem Tode des älteren Sohnes Max Zwickert führt dessen Witwe zusammen mit ihrem Schwager Hans die Firma weiter bis zum Jahre 1967. Im Mai dieses Jahres teilen sie ihren Kunden und Geschäftspartnern mit: *Unser alteingesessenes Augenoptiker-Geschäft lösen wir aus Altersgründen mit Ablauf dieses Monats auf. (...) Die feinmechanische Werkstatt, Kiel, Blocksberg 13, wird von unserem langjährigen Feinmechanikermeister Herrn Heinrich Schlotfeld unter dem bisherigen Firmennamen weitergeführt.* Das gesamte Firmenareal in der Dänischen Straße wird an die evangelische Kirche veräußert.

Unter der neuen Leitung bezieht die Werkstatt bald ein neues Gebäude und stattet sich mit (damals) modernsten Anlagen aus. Eigens hierfür stellt der Nachfolger einen Mitarbeiter ein, der sich nach eigenem Bekunden *hundertprozentig damit auskennt.*

Zum Beweis setzt er die Anlage per Knopfdruck in Gang. Leider ist es der falsche Knopf, und die gesamte Einrichtung ist irreparabel zerstört. *Was soll ich machen – ich muss aufgeben*, resignierte Schlotfeld gegenüber Gisela Zwickert. Das war das Ende der Firma mit dem großen Z aus Kiel.

Noch heute sind über das Internet Zwickert-Mikroskope erhältlich. So offeriert ein Auktionshaus ein *Mikroskop Zwickert-Kiel um 1900, mit Revolverobjektiv, Messing, schwarz lackiert und zapponiert, im Mahagonikasten mit etwas Zubehör, H 31 cm* für 120 EUR (Stand 1. 3. 2011).

Aus den Beständen der ehemaligen Pädagogischen Hochschule zu Kiel besitze ich zwei Messing-Stative mit dem großen Z (Nr. 1675 und Nr. 1690), zudem die schon genannte Präparierlupe. Freilich kann Gisela Zwickert nicht mehr sagen, ob auch die Mikroskop-Objektive von Zwickert gefertigt wurden. Eines der Mikroskope ist im MIKROKOSMOS mehrfach abgebildet (Lüthje, 2007).

Älteren Kieler Bürgern ist die feinmechanische Werkstatt des Nachfolgers Heinrich Schlotfeld noch erinnerlich: *Da haben wir uns Zwischenringe für unsere Kameras drehen lassen!* Wählt man indes die im Internet noch immer angegebenen Telefonnummern der Firma Ad. Zwickert, hört man nurmehr *Kein Anschluss unter dieser Nummer.*

Dank

Frau Gisela Zwickert gab mit bereitwillig Auskünfte über die Firma Ad. Zwickert und stellte Bild- und Textmaterial zur Verfügung.

Literaturhinweise

Handorff, W.: Chronik der Firma Ad. Zwickert, Kiel 1956 (Manuskript im Besitz von Frau Gisela Zwickert, Kiel).

Ibs, J. H.: Mikroskopie in der Schule zwischen 1871 und 1914. Teil 2: Mikroskope, mikroskopische Präparate und Lehrerfortbildung. Mikrokosmos 96, 329–338 (2007).

Ibs, J. H.: Plankton-Gedicht. Mikrokosmos 99, 294–295 (2010).

Lüthje, E.: Anschnitt im Auflicht – Lupenfotos mit dem Zeiss-Tessovar. Mikrokosmos 96, 339–343 (2007).

Tillmann, D., Rosenplänter, J. (Hrsg.): Kiel Lexikon. Wachholtz Verlag, Neumünster 2011.

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

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

Aus dem Dornröschen-Schlaf erwacht: Das Rädertier Ptygura rotifer

Michael Plewka

In der Wahner Heide bei Köln wurde das Rädertier *Ptygura rotifer* gefunden. Die Beschreibung stimmt weitgehend mit derjenigen von Stenroos aus dem Jahr 1898 überein. Wahrscheinlich ist das Rädertier seitdem nicht mehr beschrieben worden, so dass jetzt erstmalig eine Fotodokumentation lebender Tiere vorgelegt werden kann.

Die Wahner Heide östlich vom Flughafen Köln-Bonn ist ein ehemaliges Truppenübungsgelände, das jetzt als Naherholungsgebiet dient. Neben Waldgebieten gibt es noch einige Heideflächen und *Sphagnum*-Tümpel, die seit einigen Jahren auch von Mikroskopikern beprobt werden. In den Schlenken wurde beispielsweise auch der grüne Flagellat *Gonyostomum semen* (Raphidiophyceae), ein Indikator für dystrophe Gewässer, gefunden. Hier entdeckte ich im November 2010 in einer der *Sphagnum*-Schlenken, die aufgrund ihrer braunen Färbung ebenfalls als dystroph angesehen werden kann, ein mir unbekanntes Rädertier, das sich durch einige Besonderheiten auszeichnete. Immer, wenn man im Mikroskop einen für einen selbst unbekannten Organismus vorfindet, ist es eine spannende Sache herauszufinden, um welche Art es sich handelt.

Auffällige Merkmale des Rädertiers

Zum einen ähnelte das Rädertier mit seiner trichterartigen Korona den *Ptygura*-ähnlichen Formen (Abb. 1), war aber im Gegensatz zu diesen sehr mobil, insofern, als es sich zumeist nach einer anfänglichen Ruhephase schwimmend im Präparat fortbewegte. Beim Schwimmen ähnelt es dabei Formen wie beispielsweise

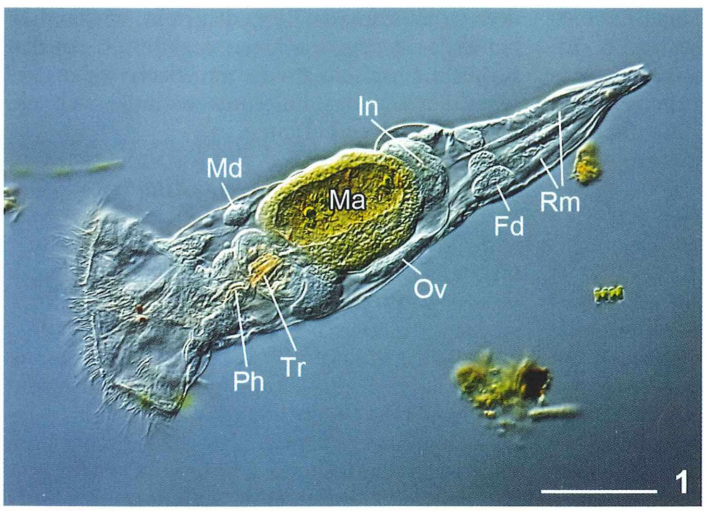
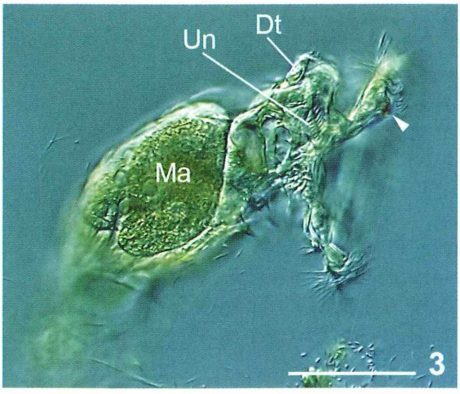


Abb. 1: *Ptygura rotifer*, strudelndes Tier. Deutlich sind die zwei roten Augenflecke in der Korona zu erkennen. Fd Fußdrüsen (paarig), Md Magendrüse (paarig), In Intestinum (Darm), Ph Pharynx, Rm Retraktormuskeln für den Fuß, Ma Magen, Tr Trophi des Mastax mit umgebender Mastaxmuskulatur. – **Abb. 2:** *Ptygura rotifer*, strudelndes Tier mit Ei. Deutlich sind die beiden Augenflecke zu sehen. Maßstriche 100 µm.

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



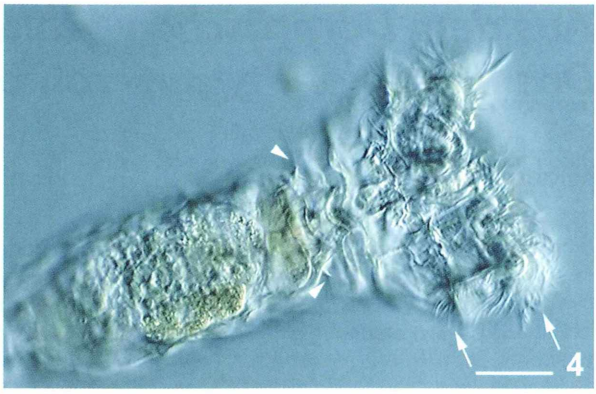


Abb. 3: *Ptygura rotifer*, Seitenansicht; optischer Längsschnitt durch die Mediane. Erkennbar ist die Position der roten Augenflecke innerhalb der Korona (Pfeilkopf). Dt Dorsaltaster, Ma Magen, Un Unci des Kauers, hier als rippenartiges Gebilde erkennbar. – **Abb. 4:** *Ptygura rotifer*, schwimmend mit Fokus auf die Ventralseite. Sichtbar sind die unscheinbaren Lateraltaster mit Sinneshaaren (Pfeilköpfe) sowie die beiden Wimpernkränze (Pfeile). Maßstriche 50 µm.

Philodina citrina, einem bdelloiden Rotator. Weitere auffällige Merkmale sind zwei deutlich sichtbare Augenflecken. Ein Gehäuse, wie es bei vielen sessilen *Ptygura*- oder auch *Collotheca*-Arten vorkommt, war dagegen nicht feststellbar.

Da von den *Ptygura*-Arten einige im Juvenilstadium Augen aufweisen, die dann beim Übergang zur sessilen Lebensweise zurückgebildet werden beziehungsweise verschwinden, musste nun geklärt werden, ob es sich um ein solches Jugendstadium handeln könnte. Nach einigen Tagen zeigten sich in der Probe einige Exemplare, an denen sich Eier befanden (Abb. 2). Diese Exemplare sind nicht umhergeschwommen, zeigten aber ebenfalls deutlich ausgebildete Augenflecke, was belegt, dass auch erwachsene Tiere Augenflecken aufweisen.

Körperbau

Die Gesamtlänge der Tiere beträgt circa 300 bis 350 µm, wobei der Fuß etwa 130–150 µm ausmacht. Die Korona hat einen Durchmesser von 120–140 µm und sieht unterschiedlich aus, je nachdem, ob das Tier schwimmt oder sich angeheftet hat und strudelt. Beim Strudeln ähnelt das Aussehen demjenigen der andern *Ptygura*-Arten (Abb. 1–3). Es lassen sich zwei Kränze längerer Cilien erkennen: Trochus (präoral) und Cingulum (postoral), zwischen denen kürzere Cilien stehen (Abb. 4). Die Korona erscheint im Längsschnitt eher trichterförmig oder dreieckig, beim Schwimmen dagegen fünfeckig, da die Cilien nun die Funktion der Fortbewegung erfüllen (Abb. 5 und 6). Innerhalb der Korona befinden sich Spangen (Koronarippen, Abb. 8), durch welche die Korona aufgespannt wird.

Dem Kauer kommt bei den Rädertieren eine besondere diagnostische Bedeutung zu. Eine schöne Darstellung der verschiedenen Kauertypen erschien erst kürzlich im MIKROKOSMOS (Wilts und Wulfken, 2011). Die Analyse des Kauers (Abb. 7 und 8) ergibt, dass dieser dem malleoramaten Typ entspricht, wie er auch bei anderen *Ptygura*-Arten vorkommt. An den Rami-Innenseiten sowie am nach innen gewandten Teil des Fulcrums befindet sich ein Saum aus feinen Härchen.

Auffällig ist weiterhin der dickwandige Magenraum (Abb. 1), der in das Intestinum übergeht. Der Mageninhalt weist den vorliegenden Vertreter der Gattung *Ptygyra* als Fresser kleiner Grünalgen (Desmidiaceen) und Goldalgen (Chrysophyceen) aus. Stäbchenartige Gebilde an dem mazerierten Kauer lassen den Schluss zu, dass auch Bakterien auf dem Speiseplan stehen. Die paarigen, kugeligen bis eiförmigen Magendrüsen liegen links und rechts des Magens und sind gut entwickelt. Im Gegensatz zu vielen anderen Rädertieren ist das Ovarium bei den von mir gefundenen Exemplaren relativ klein; es liegt parallel zum Magen.

Der Fuß wird beim Schwimmen zeitweise kontrahiert. Dieses wird durch die vier Retraktormuskeln bewirkt, die den Fuß bis zum Ende

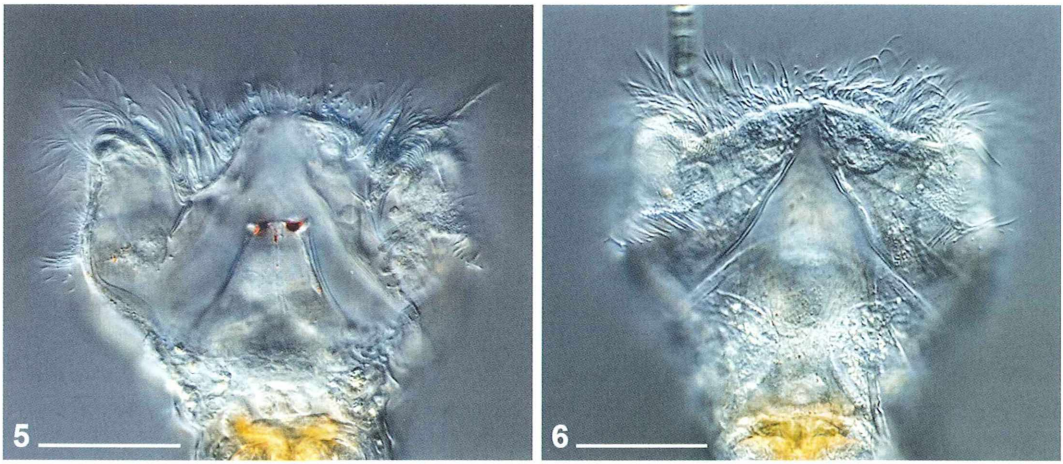


Abb. 5 und **6:** *Ptygura rotifer*, dorsale (links) und ventrale (rechts) Ansicht der Korona. Maßstriche 50 µm.

durchziehen. Der Fuß erscheint bei Kontraktion querfaltig geringelt. Der Fuß endet stumpf in einer Platte (Abb. 9), mit der sich das Tier beim Filtrieren festsetzten kann. Die gut ausgebildeten Fußdrüsen, die kaudal an den Magen anschließen, münden über Kanäle in die Fußplatte. Möglicherweise werden über die in Abbildung 9 erkennbaren kreisförmigen Strukturen, welche Öffnungen entsprechen, Haftsekrete abgesondert.

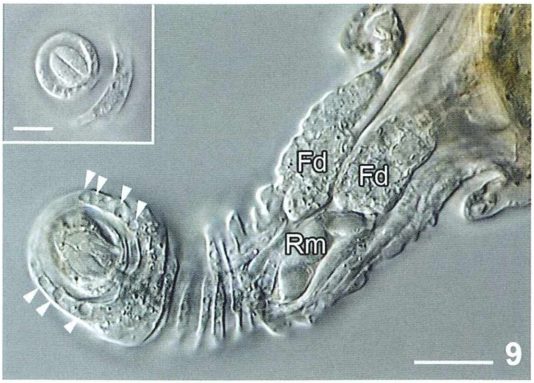
Die kolben- oder kegelförmigen Lateraltaster (Ventraltaster, Abb. 4) sind im Vergleich zu anderen *Ptygura*-Arten mit circa 6 µm recht klein. Mehrere 20 µm lange Sinnesborsten gehen davon aus. Der Dorsaltaster ist besonders gut bei kontrahierten Tieren als Papille an der Spitze zu erkennen (Abb. 10). Die roten Pigmentflecken (Augenflecken) in der Korona waren bei allen gesichteten Exemplaren erkennbar, teilweise mit kleinen Absprengseln. Offenbar schließt sich an beide Pigmentansammlungen jeweils eine Zelle an. Während ich bei *Ptygura pilula* kleine Lipidtropfen (linsenförmige Strukturen) beobachten konnte, waren diese beim vorliegenden Vertreter von *Ptygura* nicht zu erkennen.

Bestimmung der Ptygura-Art

Mit der mir zur Verfügung stehenden Bestimmungsliteratur, hier vor allem das Standard-

Abb. 7 und **8:** *Ptygura rotifer*, zwei Ansichten des malleoramaten Kauers mit unterschiedlichen Fokusebenen. Fu Fulcrum, Man Manubrium, Ra Rami, Un Unci. Rami und Fulcrum bilden zusammen als Incus den ventralocaudalen Teil des Kauers, während Manubrien und Unci dorsal/apikal liegen. Die Pfeilköpfe weisen auf den Bürstensaum aus feinen Härchen. Maßstriche 10 µm.

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



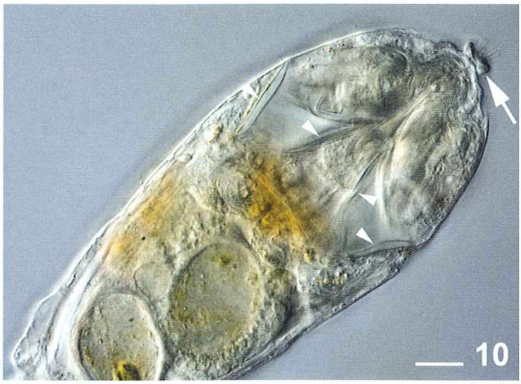


Abb. 9: *Ptygura rotifer*, Fuß mit Fokus auf der Endplatte. Erkennbar sind kreisförmige Strukturen, möglicherweise die Öffnungen der Ausführgänge der Fußdrüsen. Das Inset fokussiert das letzte Ende der Fußplatte und zeigt möglicherweise die von Stenroos (1898) erwähnten zwei lichtbrechenden elliptischen Körperchen. Maßstrich 20 µm, Inset 10 µm. – **Abb. 10:** *Ptygura rotifer*, kontrahiertes Tier, Kopfbereich. Neben dem papillenartigen Dorsaltaster an der Spitze (Pfeil) sind vier derjenigen Spangen zu sehen, welche die Korona im entfalteten Zustand wie einen Regenschirm aufgespannt halten (Pfeilköpfe). Maßstrich 20 µm.

werk von Walter Koste (1978), kam eigentlich nur die Art *Ptygura rotifer* in Frage, die jedoch von Koste nicht weiter in den Bestimmungsschlüssel aufgenommen worden ist, so dass nähere Informationen fehlen. Ich habe deshalb meine Fotos Dr. Christian Jersabek (Universität Salzburg, Österreich) und Dr. Henrik Segers (Universität Gent, Belgien) zugesandt, und beide haben mir bestätigt, dass es sich um *Ptygura rotifer* handeln muss.

Ptygura rotifer wurde zunächst von Stenroos (1898) als *Pseudoecistes rotifer* beschrieben, um diese Art von *Oecistes* (Synonym für *Ptygura*) wegen des deutlich anderen Habitus abzugrenzen. In welchem Zusammenhang die Formen in die Gattung *Ptygura* übernommen wurden, konnte ich nicht ermitteln. Die Beschreibung von Stenroos (1898) stimmt mit meinen Beobachtungen weitgehend überein. Allerdings sind die von mir gefundenen Tiere kleiner. Stenroos gibt die Gesamtlänge mit circa 700 µm und die Koronabreite mit circa 200 µm an. Meine Tiere weisen eine Länge von 300–350 µm bei einem Koronadurchmesser von 120–140 µm auf.

Der Kauer in der Beschreibung von Stenroos ist sehr ungenau, so dass Vergleiche nicht möglich sind. Der Kauer wurde außerdem mit demjenigen der *F. J. Myers Collection* verglichen (Jersabeck et al., 2003). Myers fand einige Exemplare in den Jahren 1938/39. Soweit erkennbar stimmen die Kauer überein. Über die Dokumentation eines weiteren Fundes von Berzins (1949) fehlen weitere Angaben.

Laut Dr. Jersabek scheint diese Art sehr selten zu sein. Es liegen wohl keine Aufzeichnungen über weitere Funde vor. Offenbar haben also auch große Rädertierforscher wie zum Beispiel Donner, Koste oder Wulfert diese Art niemals lebend gesehen. Vermutlich deshalb wurde sie nicht in den Bestimmungsschlüssel der *Rädertiere Mitteleuropas* von Koste (1978) aufgenommen. Ich habe *P. rotifer* im Zeitraum von November 2010 bis Februar 2011 beobachten können. Trotz regelmäßiger Beprobung habe ich danach kein einziges Exemplar mehr gefunden.

Danksagung

Ich danke Dr. Hendrik Segers (Universität Gent, Belgien) für die Bestätigung der Bestimmung und ebenfalls Dr. Christan Jersabek (Universität Salzburg, Österreich) für die Bestätigung der Bestimmung sowie für die Überlassung von Literatur.

Literaturhinweise

Clement, P., Wurdak, E.: Chapter 6: Rotifera. In: Harrison, F. W. (Ed.): Microscopic Anatomy of Invertebrates, Volume 4. Wiley-Liss, Inc., New York 1991.

Donner, J.: Bestimmungsbücher zu Bodenfauna Europas. Lieferung 6: Ordnung Bdelloidea. Akademie Verlag, Berlin 1965.

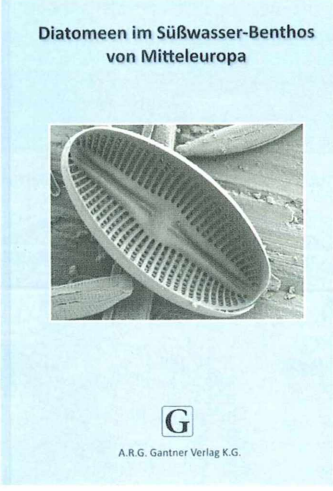
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Donner, J.: Rädertiere (Rotatorien). Kosmos Verlag, Stuttgart 1973.
Jersabek, C. D., Segers, H., Dingman, B. J.: The Frank Myers Rotifera Collection at the Academy of Natural Sciences: The whole collection in digital images (CD-ROM). The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Special Publication 20 (2003).
Koste, W.: Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebr. Bornträger, Stuttgart 1978.
Nogrady, Th., Wallace, R., Snell, T. W.: Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world (4): Rotifera, Vol. 1, Biology, Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing BV, Leiden 1995.
Stenroos, K. E.: Das Thierleben im Numijärvi-See. Eine faunistisch-biologische Studie. Acta Societatis Fauna et Flora Fennica XVII. No.1. Helsingfors 1898.
Wilts, E., Wulfken, D.: Zur Formenvielfalt der Kieferhartelemente bei Rädertieren. Mikrokosmos 100, 4–12 (2011).
Wulfert, K.: Die Rädertiere. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt 1969.

Verfasser: Michael Plewka, Große Kuhstraße 55, 45527 Hattingen, E-Mail: biologie@plingfactory.de

Buchbesprechung

Lange-Bertalot, H. (Hrsg.): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa.
Ganter Verlag, Rugell 2011, 908 Seiten, gebunden, € 120,00, Vertrieb Költz Scientific Books, Königstein, ISBN 978-3-906166-92-6.



Liest ein von der Vielfalt der Natur begeisterter Diatomeenfreund den Titel dieses neu erschienenen Bestimmungsbuchs, mag er vielleicht etwas zu früh die Hoffnung hegen, dass damit nun ein umfassendes Werk vorliegt, mit dessen Hilfe er einfach, schnell und zuverlässig die Kieselalgen beispielsweise aus frisch von ihm genommenen Wasserproben bestimmen kann. Sieht er mit dieser Erwartungshaltung in das Buch hinein, mag er anfangs immer noch der Ansicht sein, dass es für seinen Anwendungsbereich konzipiert ist, wenn er in den ersten Abschnitten des Vorworts liest, dass *durch die Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinien im Jahr 2000 und der in der Folgezeit entwickelten nationalen Bewertungsverfahren der ökologischen Qualität eine standardisierte Bestimmung dringend erforderlich wurde. Mit der vorliegenden, im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser erstellten Flora liegt erstmals ein einheitliches Bestimmungswerk für die im Rahmen des Gewässermonitorings relevanten über 700 Diatomeen-Arten vor.*

Spätestens beim Anblick der Fototafeln des Bestimmungsteils aber wird es offensichtlich, dass das Buch für eine andere Klientel konzipiert wurde, nämlich für die Personen, welche die Bestimmungen der Organismen nicht an Lebendpräparaten vornehmen, sondern ausschließlich mit Hilfe der Schalen der Kieselalgen, also den von allem Organischen befreiten Silikat-Frusteln. Somit ist es für den oben umrissenen Interessentenkreis nicht die erhoffte Publikation.

Dies heißt nun allerdings nicht, dass das Buch ausschließlich für ausgefuchste Fachleute von Nutzen ist. Für den Hobbyforscher, der die Diatomologie nicht vorwiegend im Rahmen der nach wie vor spannenden Erfassung der zoologischen wie botanischen Mikrowelt von Gewässern betreibt, sondern sich intensiver, tiefer gehend mit den Bacillariophyceen beschäftigt, dürfte es *das* Highlight sein. Denn die ausgewiesenen Diatomeen-Spezialisten Gabriele Hofmann, Marcus Werum und Horst Lange-Bertalot beschreiben mit Hilfe von 3.522 Figuren auf 133 Tafeln in sehr guter Buchausstattung über 700 der häufigsten Arten an Hand ihrer Schalenstruktur und umreißen sie hinsichtlich ihrer Ökologie. Was will man mehr?!

Aus diesem Blickwinkel wird dann der wahrscheinlich etwas strapaziös empfundene Anschaffungspreis in den Hintergrund gedrängt, vielleicht nicht zuletzt deshalb, weil man ja weiß, dass durch das Honorar eines gerade einmal nur vier Seiten langen Diatomeen-Artikels im MIKROKOSMOS das klaffende Finanzloch wieder gestopft werden könnte.

Klaus Hausmann, Berlin

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

Mikro-Galerie

Ein Ciliat als Altarbild und Protisten in der Oper

Wilhelm Foissner

Als mich vor einigen Monaten Herr Walter Gschwandtner, ein Künstler der Kulturinitiative *Narrenschyff*, anschrieb, wusste ich nicht so recht, was ich davon halten sollte, denn er wollte das „Helmtierchen", ein Ciliat der Gattung *Metopus*, in einer Kirche ausstellen! Da er sich dabei auf Frau Dr. Erna Aescht, meine frühere Doktoratsstudentin und nun seit langem Kuratorin am Linzer Biologiezentrum, berief, schickte ich Herrn Gschwandtner das Bild, das ich damals von Herrn Prof. Bardele für meinen Ciliaten-Atlas bekommen hatte.

Groß war die Überraschung, als Anfang Oktober 2011 eine Einladung zur Eröffnung der Ausstellung *GEN7* ins Haus flatterte. Dabei waren Fotos, die *Metopus* als riesiges Altarbild in einer evangelischen Kirche zeigten (Abb. 1). Die Ausstellung wurde initiiert und getragen vom *Narrenschyff*, dem evangelischen Bildungswerk Linz (Oberösterreich) sowie der Kunstwerkstatt Lebenshilfe Gmunden. Wesentliche Antragsteller waren

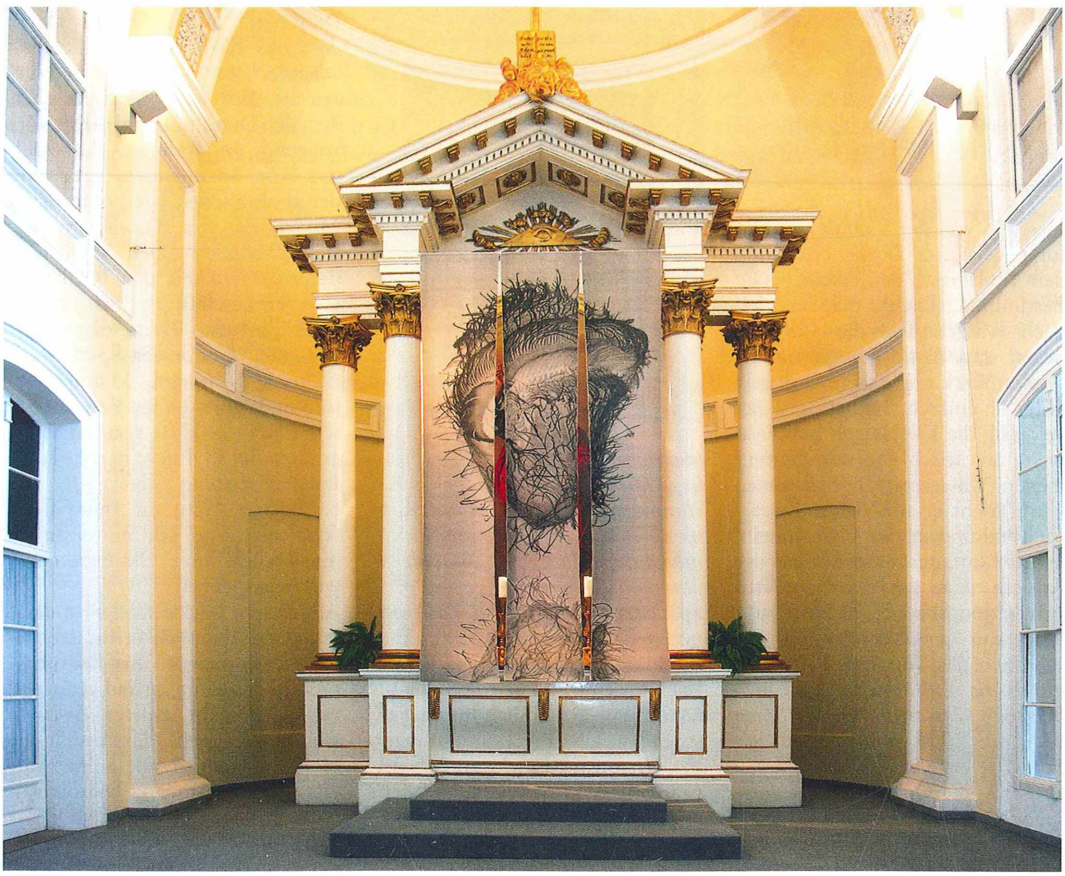


Abb. 1: Großformatiges Altarbild, den Ciliaten *Metopus* zeigend (Bildvorlage von Christian Bardele, Tübingen).

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

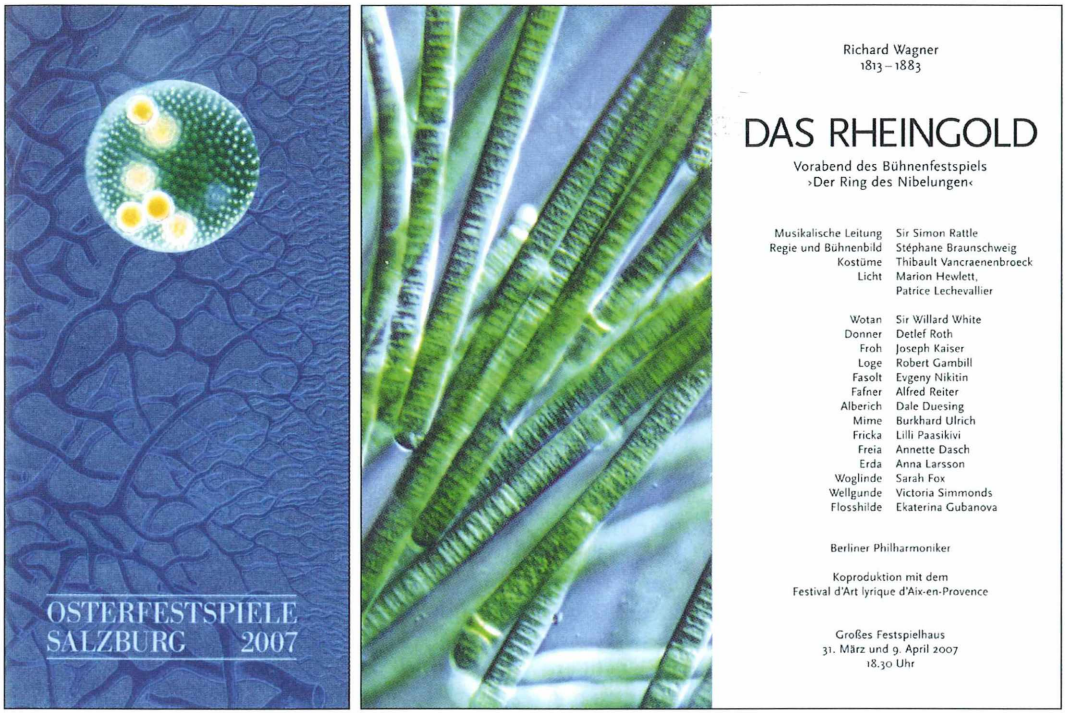


Abb. 2: Das Umschlagbild und eine Innenseite vom Programm der Salzburger Osterspiele 2007 mit *Volvox* (links) und fädigen Cyanophyceen (rechts).

Elke Sackerl, Ferdinand Reisenbichler und Herr Walter Gschwandtner. *GEN 7* bezieht sich auf die Bibel (Genesis, 7), die uns die Geschichte der Arche Noah erzählt. Daher war eine riesige Arche an der Decke der Kirche montiert, was zusammen mit *Metopus* sicher archaische Gedanken erweckte. Herr Gschwandtner schreibt dazu: *Nicht die Abgrenzung der künstlerischen Bausteine war uns wichtig, sondern die Verwebung der Gedanken und letztlich auch das gemeinsame Werk, das daraus entstanden ist.*

Natürlich sind evangelische Kirchen für Ausstellungen hervorragend geeignet, da den evangelischen Gläubigen bildliche Darstellungen von Gott und den Aposteln nicht erlaubt sind und die Kirchen daher oft etwas kahl wirken. Ich hätte aber nicht gedacht, dass es ein Ciliat bis zum Altarbild schafft!

Herr Gschwandtner ist Sprecher der Kulturinitiative *Narrenschyff* und ein bekannter Künstler, der mit den Mitgliedern des Vereins schon öfter ungewöhnliche Ausstellungen im In- und Ausland organisiert hat, beispielsweise *Behausung für die verbrannten Seelen*. Ich habe ihn auf das Echo zur Ausstellung angesprochen. Hier seine Antwort: *Das Projekt wurde von den Besuchern der Ausstellung sehr interessiert aufgenommen. So manch unvorbereiteter Kirchgänger war aber schon etwas irritiert, besonders vom Helmtierchen* (Metopus) *im Altarraum.*

Fast ebenso überraschend war für mich die Mozart-Oper *Die Gärtnerin aus Liebe* in der Salzburger Inszenierung von Doris Dörrie 2006 und 2011. Plötzlich flimmert für einige Minuten ein Ciliaten-Video auf der Leinwand im Hintergrund. Das passiert nicht oft.

Damit nicht genug. Das Programm der Salzburger Osterfestspiele 2007 hat einen wunderbaren Umschlag: Auf blauem, netzartig geprägtem Hintergrund ist eine 5 cm messende Kreisöffnung, durch die man eine grüne *Volvox* sieht (Abb. 2, links). Verteilt im ganzen Programmheft sind weitere Mikroorganismen wie filamentöse Blaualgen (Abb. 2, rechts) und Spermien, alles aus dem Internet beziehungsweise von ©Photoresearchers. Das Heft 2009 ist ähnlich. Beide wurden von Eric Pratter gestaltet.

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

Natürlich freut uns Mikroskopiker, dass unser Hobby bis in die Kirchen und die Hochkultur vorgedrungen ist. Das ist aber ein eher seltenes Ereignis und muss daher zunächst noch in die Kategorie *Kuriosa* eingestuft werden.

Verfasser: Univ. Prof. Dr. Wilhelm Foissner,
FB Organismische Biologie,
Universität Salzburg,
Hellbrunnerstraße 34,
A-5020 Salzburg, Österreich,
E-Mail: Wilhelm.Foissner@sbg.ac.at

Kurze Mitteilungen

Chitin bei Diatomeen

Wenn wir „Diatomeen" hören, denken wir sicher an Kieselschalen und an gold-bräunlich gefärbte Chloroplasten, aber kaum wohl an Chitin. Jedoch schon Mitte der 1960er Jahre wurde bei zentrischen Kieselalgenarten der Gattungen *Cyclotella* und *Thalassiosira* beschrieben, dass diese eine Reihe sehr feiner Schwebefortsätze aus Chitin produzieren, die durch spezielle Öffnungen in der Kieselschale, den sogenannten Fultoportulae, nach außen reichen. Fultoportulae sind hohle Fortsätze auf der Außenseite der Silikatschalen, welche in der Regel als Ring am Rand gewisser zentrischer Diatomeen angeordnet sind.

Chitin ist das vorherrschende Polymer in den Ozeanen, lediglich Zellulose kommt in der Natur häufiger vor. Eine Reihe unterschiedlicher Linien im Stammbaum der eukaryotischen Lebewesen wie Pilze, Insekten, Weichtiere, Krebstiere und mehrere Protistengruppen nutzen Chitin zur Versteifung von Zellwänden oder als Skelettmaterial. Wie molekularbiologische Untersuchungen aus jüngster Zeit zeigen, ist die Fähigkeit Chitin zu synthetisieren in wesentlich mehr Diatomeengattungen verwirklicht, als bisher bekannt war. Insbesondere sind auch pennate Formen darunter, die allerdings keine Schwebefortsätze ausbilden.

Colleen Durkin von der Universität in Washington, Seattle, und Thomas Mock und Virginia Armbrust von der Universität von Ostengland, Norwich, konnten bei einer Reihe von *Thalassosira*-Arten, aber auch bei den Gattungen *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Lithodesmium* und sogar in der pennaten Art *Phaeodactylum tricornutum* für die Chitinsynthese notwendige Gene nachweisen. Die Chitinproduktion scheint neben der Herstellung von Strahlenfortsätzen sehr eng mit dem Prozess der Kieselwandbildung verbunden zu sein. Mit speziell an Chitin bindende Fluoreszenzmarker konnten sie nachweisen, dass Diatomeen Chitinsubstanzen im Zuge des Teilungsvorgangs verwenden und in die Zellwand, insbesondere in die Gürtelbänder, einbauen. Dort trat das Polysaccharid auch als Ersatzprodukt für Kieselsäure auf, so diese wegen künstlich erzeugten Silizium- oder Eisenmangels im Probenwasser nicht in ausreichender Menge synthetisiert werden konnte. Damit wurde erstmals nachgewiesen, dass Diatomeen nicht nur in feinen Schwebefortsätzen Chitin verwenden, sondern dass dieses Polysaccharid auch bei ihrem Schalenaufbau eine Rolle spielt.

Chitin wird bei Eukaryoten vielfach als Matrix zur Einlagerung und Strukturierung von anorganischem Material benutzt. Die Erforschung der genauen Umstände und Mechanis-

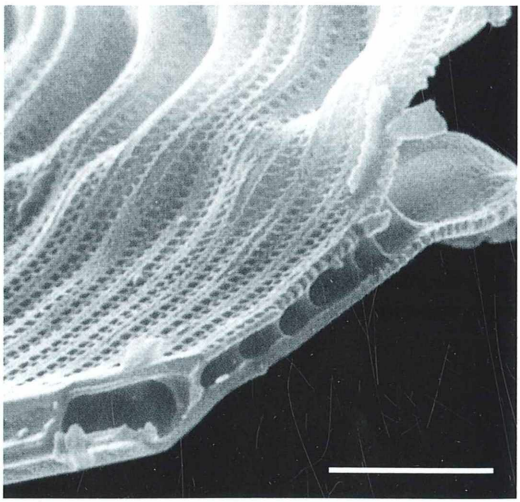


Abb. 1: Bruchstück der Schale von *Amphiprora alata* mit komplexen Mustern im Nanometerbereich. Messbalken 3 µm.

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

men des Zusammenspiels der Chitin- mit der Kieselsäureeinlagerung in den Schalen sowie die Verbreitung dieses Phänomens in diversen Diatomeengattungen bedürfen noch weiterer Untersuchungen. Die Entdeckung Chitin synthetisierender Gene in einer Vielzahl von Diatomeenarten unterstreicht jedenfalls die weite Verbreitung von Chitin in unterschiedlichsten eukaryotischen Abstammungslinien.

Es ist außerdem interessant zu beobachten, dass sich bei Diatomeen Chitin- und Kieselsäurestrukturen entwickelt haben, die ähnlichen Zwecken dienen. So existieren sowohl Schwebefortsätze als auch Zellketten erzeugende Stachelfortsätze aus beiden Materialien. Diese Parallelentwicklung könnte daher rühren, dass die unterschiedlichen Materialeigenschaften (rigides Silikat gegenüber flexiblem Chitin) in unterschiedlichen Lebenssituationen unterschiedlichen Nutzen bringen, und dass Chitin höheren Scherkräften besser widerstehen kann.

Nachsatz: Heutzutage ist es im universitären Betrieb manchmal schwierig, Finanzmittel für biologische Grundlagenforschung zu erhalten. Nun interessiert sich die nanotechnologische Forschung für Methoden der Steuerung bei der Synthese mikroskopischer Silikatstrukturen. Genau dies können Diatomeen, wie elektronenmikroskopische Bilder beredt zeigen (Abb. 1). Dieser Umstand hat angeregt, die biologischen Mechanismen des Schalenaufbaus genauer zu studieren und sich auch näher mit den Zellorganellen und Makromolekülen zu beschäftigen, die bei der Produktion und Ablagerung des Silikats involviert sind. Die zentrische Diatomee *Thalassiosira pseudonana* entwickelte sich dabei zum Paradeorganismus für diese Untersuchung; ihr Genom wurde in diesem Zuge vollständig sequenziert.

Literaturhinweis

Durkin, C. A., Mock, T., Armbrust, E. V.: Chitin in diatoms and its association with the cell wall. Eukaryotic Cell, 1038–1050 (2009).

Herth, W.: Site of beta-chitin fibril formation in centric diatoms. II. Chitin-forming cytoplasmic structures. J. Ultrastruct. Res. 68, 16–27 (1979).

Herth, W., Schnepf, E.: Chitin-fibril formation in algae. In: Brown, R. M. (ed.): Cellulose and other natural polymer systems, pp. 184–206. Plenum-Press Inc., New York 1982.

Mulisch, M.: Chitin in protistan organisms. Distribution, synthesis and deposition. Europ. J. Protistol. 29, 1–18 (1993).

Paddock, T. B. B., Sims, P. A.: Micromorphology and evolution of the keel of raphe-bearing diatoms. In: Claugher, D. (ed.): Scanning electron microscopy in taxonomy and functional morphology, pp. 171–191. Clarendon Press, Oxford 1990.

Wolfgang Bettighofer, Kiel

Wenn die Struktur und Funktion des Golgi-Apparates gestört wird, akkumulieren die Plastiden mehr Stärke

Hummel et al. (2010) experimentierten mit dem grünen Flagellaten *Chlamydomonas*, mit Zellkulturen und Blättern vom Tabak und mit Wurzeln und Keimblättern der Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana*. Mit dem Inhibitor Brefeldin A zerstörten sie die Dictyosomen, die Stapel von Golgi-Zisternen, und hemmten damit die sekretorische Aktivität des Golgi-Apparates. Als Folge davon akkumulierten die Plastiden viel mehr Stärke. Ganz ähnliche Effekte erzielten sie bei einer Mutante von *Nicotiana tabacum*. In den Blattzellen dieser Mutante lässt sich eine SAR 1 GTPase induzieren. Dadurch werden Transportprozesse vom Endoplasmatischen Reticulum zum Golgi-Apparat blockiert und die Dictyosomen zerfallen (Osterrieder et al., 2010). Auch hier nimmt der Stärkegehalt der Plastiden drastisch zu. Hummel et al. (2010) diskutieren, ob die Stärke akkumuliert, weil der Zuckergehalt im Cytosol erhöht ist, denn der Golgi-Apparat kann ja keine Zucker für Export-Prozesse mehr verarbeiten, oder ob durch die Störung des Golgi-Apparates der Amylase-Transport in die Plastiden unterbrochen ist.

Literaturhinweise

Hummel, E., Osterrieder, A., Robinson, D. G., Hawes, C.: Inhibition of Golgi function causes starch accumulation. J. Exp. Bot. 61, 2603–2614 (2010).

Osterrieder, A., Hummel, E., Carvalho, C. M., Hawes, C.: Golgi membrane dynamics after induction of a dominant-negative mutant SAR 1 GTPase in *Tobacco nicotiana*. J. Exp. Bot. 61, 405–422 (2010).

Eberhard Schnepf, Heidelberg

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

Nachrichten

Rudolf Drews: Seit 60 Jahren ein MIKROKOSMOS-Autor aus Leidenschaft

Abb. 1: Rudolf Drews im jugendlichen und gereiften Alter.

Im zweiten Heft des 42. Jahrgangs, im Jahre 1952, findet sich der erste Bericht von Rudolf Drews, damals ein Jüngling im dunklen Haar, heute ein in Ehren ergrauter Senior (Abb. 1). Er begann seine Autorenlaufbahn in unserer Zeitschrift mit einem in die Mikroskopie einführenden Artikel über Bryozoen (Abb. 2). Seit damals ist er bis heute dem MIKROKOSMOS als aktiver Autor treu geblieben, wie man sich leicht bei einem Blick in das Register des letzten Jahrgangs 2011 vergewissern kann. In diesem Zeitrahmen – 1952–2011 – hat er mehr als 50 Artikel für unsere Leser verfasst. Und weitere werden folgen, wie er uns kürzlich versicherte.

Auf unsere Anfrage, ob wir über ihn und sein Engagement für die Mikroskopie berichten dürfen, hat er – etwas zurückhaltend – geantwortet: *Ihrem Vorhaben stimme ich zu, sofern es dem MIKROKOSMOS nützt. Mich persönlich freut es ansonsten hinreichend genug, die Ergebnisse meiner Beschäftigungen im Druck zu sehen!*

Angesichts dieser eher nüchternen Feststellungen mag es interessieren, wie sein Lebensweg verlaufen ist. Darüber informierte Rudolf Drews uns wie folgt:

Lebensmarken

Geburtsjahr: 1935. Geburtstag: 10. Mai. Geburtsstunde: unbekannt.

Zur Einführung in die Mikroskopie

Bryozoen - die schönsten Tiere des Süßwassers

Von Rudolf Drews

Leise plätschert das Wasser an die Bretter und Bohlen, die zur Befestigung des Kanalufers dienen. Grashalme und gezähnte Blätter spiegeln sich in ihm, wechseln im Rhythmus der kleinen Wellen ihre Form, werden länger, wieder kürzer, knikken und zeigen wieder für kurze Zeit ihre wahre Gestalt.

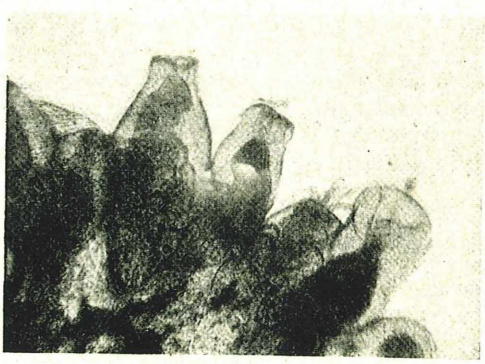


Abb. 1. Die Hüllen lassen bei ihrer Durchsichtigkeit die zurückgezogenen beieinanderliegenden Tentakeln erkennen

So sieht es der Beschauer, wenn er in das Wasser blickt. Was darunter vor sich geht, bleibt ihm verborgen, vielleicht erblickt er „Schlingpflanzen" und Steine.

Um das Leben im Wasser zu studieren, braucht man windstille Tage oder einen einfachen Rahmen mit einer wasserdicht eingekitteten Glasscheibe, der mit der Scheibenseite in das Wasser taucht, mit dem Rand hervorragt. Hiermit blickt man wie in ein Aquarium, und ein neues Stück Natur öffnet sich dem Auge: Muscheln stecken zur Hälfte im Sand, an den Balken sitzen Gruppen von *Dreissensia*, der Dreieckmuschel, die ihre Atem- und zugleich Nahrungsröhren aus dem Wasser strecken, kleine rote Wassermilben schweben wie Kugeln zwischen den Algenfäden umher, Süßwasserschwämme überziehen wie ein grüner Teppich die Bretter oder legen sich um die Wurzeln der Schwarzerle, die in Büschen das Ufer säumt, so daß sie bald den Eindruck eines

Abb. 2: Beginn des ersten, im MIKROKOSMOS erschienenen Artikels von Rudolf Drews aus dem Jahr 1952.

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

Regelmäßigen Schulunterricht hatte ich nach meiner Erinnerung erst von der 5. Klasse an. Abitur 1956 in Spandau, Staatsexamen 1962 an der Freien Universität Berlin. 2. Staatsexamen und dann viele Jahre Biologie-Chemie-Geografie-Lehrer in Berlin-Steglitz. Mit 59 Jahren wegen Verschleiß (Venen, Herz, Augen) den Dienst quittiert. Gesundheitszustand jetzt wieder stabil.

Während der Ausbildung und der Zeit der Geldbeschaffung (Staatsdienst) Beschäftigung mit dem Eigentlichen, nämlich mit den Hobbies: Mikroskopieren, Fotografieren, Reisen, Filmen (8 und 16 mm) und Musizieren (Klavier). Das Mikroskopieren begann mit einem Messingmikroskop von Benecke und Wasserlein (1860), welches mir mein Vater zur Einsegnung schenkte. Die Fotografien der ersten MIKROKOSMOS-Beiträge wurden mit diesem Mikroskop und einer über das Okular gestellten 6×6-Spiegelreflexkamera (Voigtländer) gefertigt. Mit einem später angeschafften Zeiss-Universal- und einem Zeiss-Standard-Mikroskop, einer Kleinbildkamera (Exakta) oder einer 6×9-Kamera (Nikon) habe ich dann Farbfotografien gemacht, die zum Teil vom Biologenverband mit Preisen bedacht wurden.

In dieser Zeit schlug sich mein Interesse am Mikroskopieren und am Leben im Wasser in zwei Büchern nieder: Kleingewässerkunde *(1986) und* Mikroskopieren als Hobby *(1992). Beide Bücher sind entsprechend meiner Vorliebe auf Vielseitigkeit und leicht verständliche Praxis gerichtet, wie das wohl auch in meinen MIKROKOSMOS-Beiträgen zum Vorschein kommt.*

Ein besonderer Höhepunkt – sicher wäre das auch ein solcher für die meisten ästhetisch begabten Mikroskopiker – waren das Aufsuchen der berühmten Fundstätte tertiärer Radiolarien auf Barbados sowie deren Präparation. Als i-Tüpfelchen bescherte mir dann die Südküste Mallorcas etliche Jahre später lebende Radiolarien.

Auf früheren Reisen war das Planktonnetz immer mit im Gepäck. Heute beschränken sich meine Planktonbeobachtungen auf einheimische Binnengewässer und – zeitweilig wohnbedingt – auf die Ostsee. Die fotografische Seite steht dabei immer im Vordergrund, wobei Modernisierung der Fotogeräte und Mikroskopergänzungen selbstverständlich sind.

Das Filmen mikroskopischen Lebens habe ich aufgegeben, ebenso die eifrig betriebene Herstellung von Dauerpräparaten. Im Rahmen von NABU-Veranstaltungen versuche ich momentan, einige wenige Menschen für das Mikroskopieren zu interessieren.

Außer diesen *Lebensmarken* hat Rudolf Drews uns noch mitgeteilt, dass er seit einiger Zeit eine gesundheitsorientierte Neuorientierung in der Art vorgenommen hat, dass er für sich den Tanzsport entdeckt hat. Das wird ihn sicherlich körperlich fit halten.

In der Hoffnung, dass im Rahmen seiner offenbar vielfältigen Aktivitäten genügend Raum und Zeit für die Mitgestaltung des MIKROKOSMOS bleibt, wünschen wir unserem Langzeitautor alles Gute für die weitere, hoffentlich noch lange Zukunft.

Redaktion MIKROKOSMOS

Mikroskopikertreffen in Berlin vom 20. bis 26. Mai 2012

Im Oktober 2011 feierte die Berliner Mikroskopische Gesellschaft (BMG) ihr 25-jähriges Bestehen, wie man im Heft 4/2011 des MIKROKOSMOS lesen konnte. Aus diesem Anlass lädt nun die Gesellschaft alle interessierten Mikroskopiker zu einer Arbeitswoche nach Berlin ein. Wir haben wieder im Stadtteil Spandau im Evangelischen Johannesstift Unterkünfte und einen Tagungsraum reserviert. Unser Quartier liegt an der Peripherie Berlins unmittelbar am Rande eines großen Waldgebietes, das von vielen kleinen Gewässern durchzogen ist. Diese Teiche und Seen versprechen zu jeder Jahreszeit interessante Proben.

Über die Untersuchungen des Planktons hinaus werden neben etlichen botanischen Fragestellungen auch Themen wie beispielsweise die Biologie von Schleimpilzen, Bandwürmern, Salzkrebschen oder Pansenciliaten viele Mikroskopiker ansprechen.

Natürlich haben unsere Gäste die Möglichkeit, die Hauptstadt Berlin zu erkunden. Die Stadt ist reich an Museen, Galerien und anderen Sehenswürdigkeiten, die sie zum Erlebnis machen. Selbstverständlich gehört auch ein Bummel über den Ku'damm oder über die Friedrichstraße mit den vielen Kaufhäusern und Boutiquen zu einem Aufenthalt in Berlin dazu. Nicht zu vergessen sind die berühmte Straße Unter den Linden und das Brandenburger Tor, das man einmal durchschritten haben sollte. Ein gemeinsamer Tagesausflug nach Dresden wird sicherlich ein besonderes Erlebnis sein.

Wir haben für diese Ereigniswoche zum Mikroskopieren und Erleben den Zeitraum 20.5.–26.5.2012 vorgesehen. Der Komfort im Hotel Christophorus-Haus, Evangelisches Johannesstift Berlin, entspricht dem eines Mittelklassehotels. Alle Zimmer sind mit Dusche, WC, Telefon und Kabel-TV ausgestattet.

Die Kosten für die Mikroskopierwoche beinhalten Unterkunft, Verpflegung, Kursraum und gemeinsame Ausflüge und belaufen sich auf 695,00 €. Bitte berücksichtigen Sie bei diesen relativ hohen Kosten, dass in Berlin die Preise einer Metropole veranschlagt werden müssen.

Sollten Sie Interesse an unserer Jubiläumsveranstaltung haben, reservieren Sie sich rechtzeitig – bis spätestens zum 31. März 2012 – Ihren Platz durch eine verbindliche, schriftliche Anmeldung bei

Günther Zahrt
Dahlemer Weg 101
14167 Berlin
Tel.: 0 30/8 33 69 17
E-Mail: gm.zahrt@t-online.de

Berliner Mikroskopische Gesellschaft

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

Form und Funktion im Mikro- und Makrobereich

Der Zecken-„Rüssel" als Vorbild für einen neuartigen Spreizdübel

Werner Nachtigall und Alfred Wisser

Wer einmal von einer Zecke gebissen worden ist, weiß, wie schwierig es ist, den Rüssel herauszuziehen, ohne dass er abreißt. Grund dafür sind die Kolbenform und die zahlreichen kräftigen Widerhaken. Diese perfekte Verankerung war Anreiz für die Konzeption eines neuartigen Spreizdübels, der sich ähnlich zugfest im Untergrund festkeilt.

Der so genannte Rüssel besteht bei der auch als Holzbock bekannten Zecke *Ixodes ricinus* aus drei Teilen. Zum einen auffallend ist ein breites Deckstück mit widerhakenbesetzten Außenseiten. Es handelt sich um den Hypopharynx (Abb. 1), einem umgewandelten Teil der für die Arthropoden (Gliedertiere) typischen Mundwerkzeuge. Er dient im Wesentlichen der Verankerung. Zwei weitere Teile wirken als Schneidstücke, die sich alternierend vorarbeiten. Es sind die für Spinnentiere typischen Cheliceren. In Abbildung 1b sind sie abgebrochen, und ihre Konturen sind zeichnerisch ergänzt. So wird der Blick auf den umschlossenen Innenraum freigegeben. Da es sich hier lediglich um die Einführungs- und Verankerungsmechanik handelt, wird die innen liegende, spezielle Saugeinrichtung nicht besprochen.

Die Gesamteinrichtung ist kolbenförmig, gegen die Basis zu verschmälert, dann wieder leicht verbreitert. Dadurch wird der Einführungs-Reibungswiderstand am dünneren Mittelteil verrin-

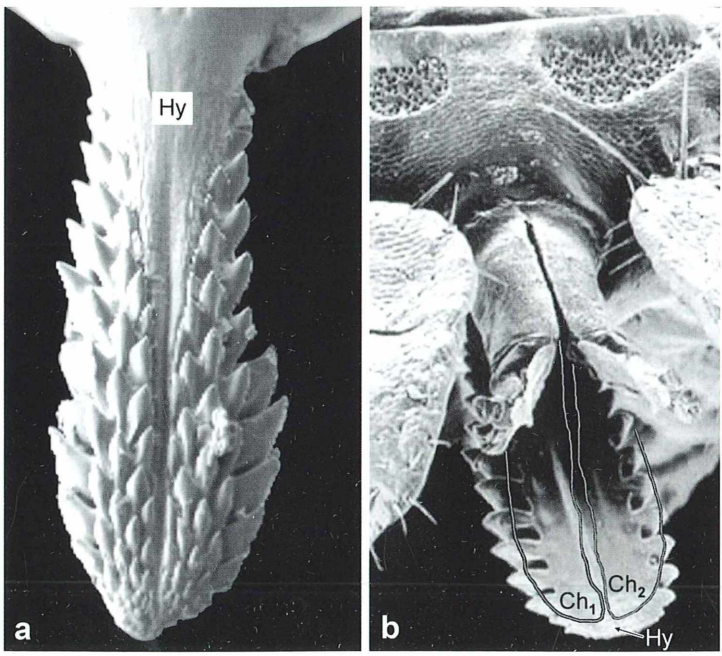


Abb. 1: Verankerungs- und Vortriebselemente am Rüssel des Holzbocks, *Ixodes ricinus*. Ch Cheliceren, Hy Hypostom.

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

gert. Insbesondere der äußere Kolbenteil, aber auch die basalen Abschnitte, tragen dornenartige, schräg nach hinten gerichtete, unterschiedlich große und augenscheinlich zufällig verteilte Widerhaken. Diese sind am größten in der breitesten Region des Kolbens und ermöglichen so eine besonders effektive Verankerung gerade an den Regionen des größten peripheren Drucks.
Sie stehen unsymmetrisch zueinander, nicht in gerichteten Reihen, und bewirken damit eine gleichbleibende funktionelle Verankerung ohne Schwachstellen, das heißt ohne „präformierte Mitdreh-Richtungen". An der Spitze sind die Widerhaken kleiner und überlappen sich stark, so dass sie eine Art Führung bilden, die gegebenenfalls beim zwischenzeitlichen Lösen (Zurückziehen des Rüssels) von der Wand des Stichkanals abrutschen kann und diesen nicht beschädigt.

Anregungen für die Technik

Die bionische Umsetzung des *Ixodes*-Haftprinzips führte zur Konzeption eines technischen Spreizdübels, der in systemischer Abstimmung der Einzelkomponenten die folgenden konstruktiven und funktionellen Besonderheiten umfasst (Abb. 2).

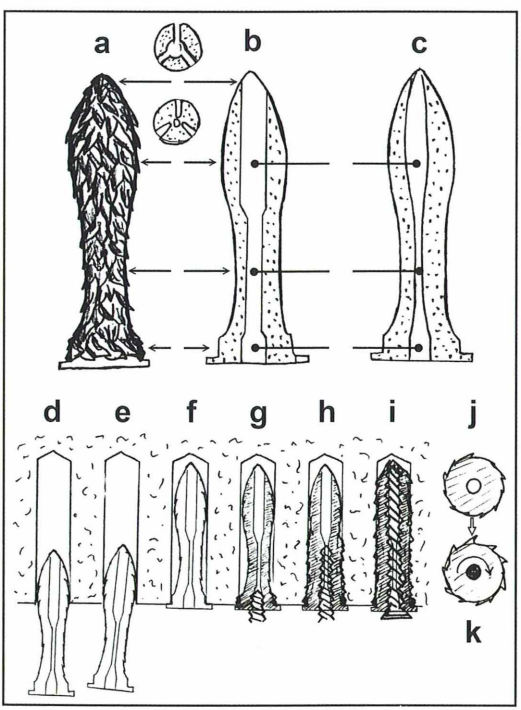


Abb. 2: Bionischer *Ixodes*-Dübel.

1. Eine mindestens dreiteilige Ausgestaltung zur Ermöglichung einer Schrauben-Selbstzentrierung und eines angenähert gleichmäßigen Anpressdrucks.
2. Eine kolbenförmige Ausgestaltung (Abb. 2a–c), die sich erst wieder an der Basis auf den größten Kolbendurchmesser verdickt (vgl. a und c), mit angepasster Spitzengeometrie (Abb. 2d) zur Selbstführung, die wegen der geringen Berührungsfläche einen nur kleinen Reibungswiderstand erzeugt. So ließe sich der Dübel auch bei engen Bohrlöchern parallel (Abb. 2d) oder sogar etwas schräg (Abb. 2e) mit den Fingern leicht eindrücken und nötigenfalls ebenso leicht wieder herausziehen. Letztlich verankert er sich erst wieder mit der hakenbesetzten Basis zentrisch (Abb. 2f).
3. Ein System unterschiedlich großer Widerhaken (Abb. 2a), die durch die eingedrehte Schraube nacheinander in Funktionsstellung gedrückt werden: Zuerst die basalen Haken zur drehsicheren Verankerung (Abb. 2g, k). Dann die Haken an der Engstelle des Kolbens (Abb. 2h), wofür die Innenlumina unterschiedlich sein müssen. Schließlich die Haken an der breitesten Kolbenstelle (Abb. 2i), die infolge der Größe und Geometrie und des dort größten Anpressdrucks tief im Bohrloch eine zusätzliche, besonders kräftige, zugsichere Verankerung bewirken.

Das bionische Konzept des „*Ixodes*-Dübels" führt zu einer neuartigen Generation von Dübeln, wobei diese durch Aufbau, Form und Oberflächengestaltung unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden können, beispielsweise auch als Schaumbeton-Dübel und Untergreif-Dübel.

Literaturhinweis

Europa-Patent-Anmeldung: Spreizdübel mit Widerhaken und variabler Dickenverteilung zur leichten Einführung, günstigen Auswechselbarkeit und zugfesten Verankerung, DE 2005 029 868.0, Universität des Saarlands (W. Nachtigall, 2005).

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

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

Das Periphyton im rasterelektronenmikroskopischen Bild Teil 1: Prokaryoten

Sarah-Julia Körner und Klaus Hausmann

Das Periphyton ist eine Organismengemeinschaft, die organisches und anorganisches, submerses Substrat besiedelt. Allgemein lassen sich Aufwuchsorganismen in die zwei Gruppen Eu- und Pseudoperiphyton untergliedern. Dem Euperiphyton gehören jene Organismen an, die dem Substrat durch ihre abgesonderten Adhäsine, Fimbrien, Haftpolster, Basalzellen, Rhizoide, Stiele, Gehäuse oder ähnlichen Haftorganellen fest aufsitzen, ohne dabei in dieses einzudringen. Als dem Pseudoperiphyton angehörig gelten dagegen all jene Organismen, die zwischen diesen sessilen Aufwuchsorganismen leben, jedoch durch Schleimausscheidung, Raphen, Axopodien, Flagellen, Cirren oder weiteren Bewegungsorganellen vagil sind.

Periphyton ist eine allgemeine Bezeichnung für Aufwuchs, ohne dabei zwischen Pro- und Eukaryota oder Ein- und Vielzellern zu unterscheiden. Ihm gehören demnach Bakterien ebenso an wie auch Protisten, Pilze und mikroskopisch kleine Metazoen.

Aufwuchsentstehung

Aufwuchs nimmt meist eine mehrdimensionale, stockwerkartige Schichtung an, zu deren Beginn die Ausbildung eines organischen Films durch flottierende Mikrofibrillen steht, welche zur Etablierung von einer Bakterienmatrix führt. Die bakterielle Fazilitation (Erleichterung) des Substrates stellt dann den Anfang des Nährstoffkreislaufs dieser Biozönosen dar, indem periphytische Organismen die aus den Biofilmen entlassenen Nährstoffe aufnehmen. Somit ist die Bakterienmatrix zumeist obligat für die Entstehung von Periphyton, welches seinerseits erhebliche Auswirkungen auf unsere Umwelt hat.

Stellt die bakterielle Fazilitation den Anfang des Nährstoffkreislaufs dar, so bilden die davon abhängigen Aufwuchsorganismen ihrerseits den Anfang vieler Nahrungsketten und sind weiterhin durch ihre Primärproduktion von zentraler Bedeutung für die ökologische Stabilität. Dennoch resultieren aus dem Periphyton nicht nur Vorteile. In der Schifffahrt etwa steigt der Kraftstoffverbrauch durch Aufwuchsorganismen am Bug eines Schiffes um bis zu zehn Prozent, was sage und schreibe einen Prozent des weltweiten Kraftstoffverbrauchs darstellt. Auch für das Gesundheitssystem stellt insbesondere das bakterielle Periphyton eine Bedrohung dar. In Krankenhäusern bereitet die Entstehung bakteriellen Aufwuchses in Form von Biofilmen auf Venen-, Blasen- oder Herzkathetern beträchtliche Probleme, denn bedrohliche Krankheitserreger, die in derartigen Biofilmen leben, sind kaum mehr zu bekämpfen.

Um jenen und weiteren Problemen entgegenwirken zu können, ist es notwendig zu wissen, auf welche Weise und auf welchem Substrat Periphyton stärker oder schwächer anhaftet. Bisherige Arbeiten zum Thema Periphyton führten zu unterschiedlichen Urteilen darüber, ob beispielsweise Glas grundsätzlich in einer dem jeweiligen Biotop angemessenen Dichte besiedelt wird oder ob sich typische Gesellschaften in Abhängigkeit vom Substrat etablieren.

Eigene Untersuchungen

In diesem sowie in den folgenden Artikeln der Reihe *Das Periphyton im rasterelektronenmikroskopischen Bild* werden neue Ergebnisse eigener Untersuchung dargestellt. Das Ziel war, den Aufwuchs auf anorganischem und organischem Substrat gegenüberzustellen und Ähnlichkeiten sowie Unterschiede im Bewuchs darzustellen. Der Fokus der Untersuchungen liegt in diesem Artikel auf den Prokaryoten.

Für die Untersuchung wurde ein vor drei Jahren künstlich angelegtes Kleingewässer im Garten hinter dem Zoologiegebäude der Freien Universität Berlin gewählt, welche mit Ausnahme der Exposition und Entnahme von Proben keinerlei Manipulationen unterlag. Dort wurden in der trophogenen (photosynthetisch aktiven) Zone des litoralen Benthals (ufernahen Gewässergrundes) in etwa 5 cm Wassertiefe sowohl zwischen April und Mai 2011 die Halterungen des Kunstsubstrates exponiert als auch drei Monate später, also gegen Ende August für die Untersuchung des Periphytons auf organischem Substrat, Blätter zur Präparation entnommen. Bei den Substraten handelte es sich zum einen um lebende Blätter des vollständig untergetaucht wachsenden Krausen Laichkrauts (*Potamogeton crispus*) und zum anderen um vermodernde, im Wasser schwimmende Deckblätter der Linde (*Tilia* spec.) sowie um Blätter der Schneebeere (*Symphoricarpos albus*).

Präparation für die Elektronenmikroskopie

Als Kunstsubstrat wurden 18×18 mm große Deckgläschen in einem Metallgestell (Abb. 1a) befestigt und für eine Dauer von 13 und 20 Tagen exponiert. Im Verlaufe der Präparation dieser Proben für die Rasterelektronenmikroskopie wurden die Gläschen in ihrer Halterung belassen. Aus den Blättern wurden mittig viereckige Stücke mit einer Fläche von etwa 1 cm^2 herausgeschnitten, welche für die Fixierung in zylinderförmigen Metallkörben mit netzartigen Böden und Deckeln eingeschlossen wurden (Abb. 1b).

Um eine besonders schnelle Fixierung zu ermöglichen, wurde die Methode von Parducz (1967) angewandt. Das Gemisch für die ersten, 20 Tage exponierten Deckgläschen bestand aus 12,5 ml 4% OsO_4, 12,5 ml Aqua bidest. und 6,25 ml gesättigter $HgCl_2$-Lösung. Zur besseren Strukturerhaltung wurde für alle weiteren Proben ein Fixiergemisch mit doppelter Konzentration sämtlicher Komponenten verwendet. Die Proben wurden langsam in dieses Fixiergemisch eingetaucht und 30 Minuten (Deckgläschen) oder 45 Minuten (Blätter) bei Raumtemperatur fixiert. Im Anschluss wurden die Proben fünfmal hintereinander in Aqua bidest. ausgewaschen, um Reste der Fixierlösung zu entfernen. Danach erfolgte eine Entwässerungsreihe, während der die Probengestelle sowie die Metallkörbe jeweils für 10 Minuten in Ethanol aufsteigender Konzentration (30%, 50%, 70%, 90%, 2×100%, 2×100% trocken) eingetaucht blieben.

Im Anschluss an die Alkoholreihe wurde eine schonende Kritische-Punkt-Trocknung angewandt, um eine Deformation der Proben durch eine trocknungsbedingte Oberflächenspannung zu vermeiden. Die Proben wurden für den Tausch des Intermediums (Ethanol) durch das Trocknungsmedium (CO_2) in ihren Halterungen/Käfigen belassen. Die getrockneten Deckglas- und Blattstückproben wurden mit doppelseitig klebenden Leit-Klebeplättchen auf den Probentellern befestigt und die Blattstücke zusätzlich mit Leitsilber fixiert. Schließlich wurden die Präparate mit Gold beschichtet (besputtert).

Schwierigkeiten in der Determination einiger Organismen beruhten darauf, dass viele elementare Bestimmungsmerkmale, wie etwa die Lage und Form von Organellen sowie typische Bewegungsmuster oder Farben von Organismen nur lichtmikroskopisch ermittelt und genutzt werden können. In der allein auf Oberflächenstrukturen und Größenverhältnissen basierenden rasterelektronenmikroskopischen Bestimmung der Organismen wurden jene, bei denen eine gattungsgenaue Bestimmung nicht möglich war, den Großgruppen Kokken, Bazillen und Cyanobakterien zugeordnet.

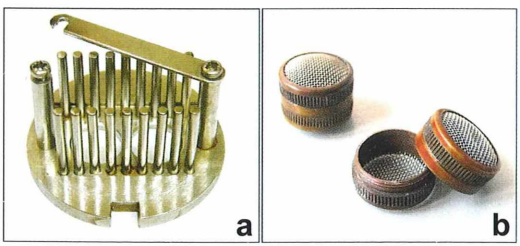


Abb. 1: a Halterung (∅ 3,9 cm) für acht Deckgläschen. **b** Metallkäfige (∅ 1,4 cm) für Blattproben.

Flächenbesiedlung

Organischem und anorganischem Substrat war in erster Linie gemein, dass Flächen von besonders hoher Individuenzahl, Dichte und Diversität durch Flächen geringerer Dichte und primären Bakterienbewuchses begrenzt wurden. Der bakterielle Bewuchs erfolgte dabei zumeist in mehreren Ebenen (Abb. 2). Bakterien in Form von Kokken fanden sich auf jeglichen organischen und anorganischen Substraten in unterschiedlicher Häufigkeit.

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

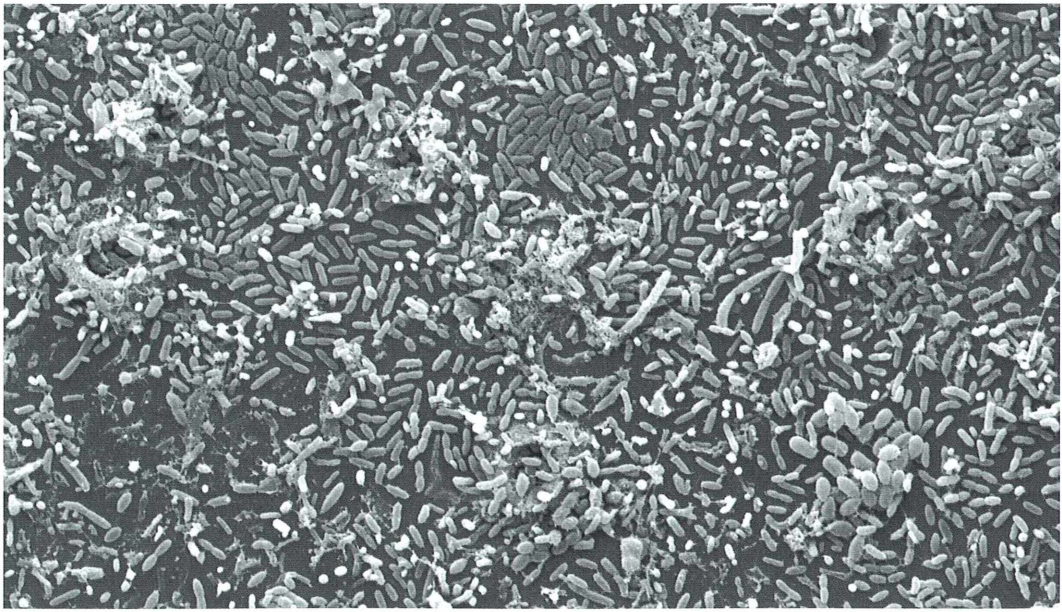


Abb. 2: Bakterienrasen (Vergr. 2.400fach).

Ihr häufigstes Verteilungsmuster war aggregiert (Abb. 3a) was ebenso für ihren Organisationstypus Diplokokken galt (Abb. 3b). Auch Bazillen (Abb. 3c) waren zumeist aggregiert angeordnet und machten auf allen Substraten den Großteil des bakteriellen Bewuchses aus. Beide Lebensformen waren häufig von einem Film überzogen, innerhalb dessen sich augenscheinlich stets nur eine Art von Bakterien befand (Abb. 3d). Jegliche der dem Substrat aufliegenden Kokken und Bazillen ohne Flagellen waren sessil und somit dem Euperiphyton angehörig. Dies galt insbesondere für die Bakterien in Biofilmen, welche ihre eigens produzierte extrazelluläre Matrix zusätzlich an das Substrat heftet. Derartige Formationen bieten diesen Bakterien unter anderem den Vorteil, innerhalb ihrer teils mehrdimensionalen Anordnung widerspenstige organische Moleküle gemeinsam abbauen zu können, die andernfalls nicht zu bewältigen wären, sowie ihrerseits weniger angreifbar zu sein.

Koloniebildende Prokaryota

Auffällig war, dass *Siderocapsa* sowie jegliche weiteren determinierten Aufwuchsorganismen mit Ausnahme von *Spirillum* und *Anabaena* sich nur auf anorganischem Substrat fanden. Das Eisenbakterium *Siderocapsa* kam mit einem aggregierten Verteilungsmuster (Abb. 4a) häufig und in hoher Individuenzahl und Dichte vor. Sein abgesondertes, faseriges, eisenhaltiges Geflecht (Abb. 4b) nahm in Aggre-

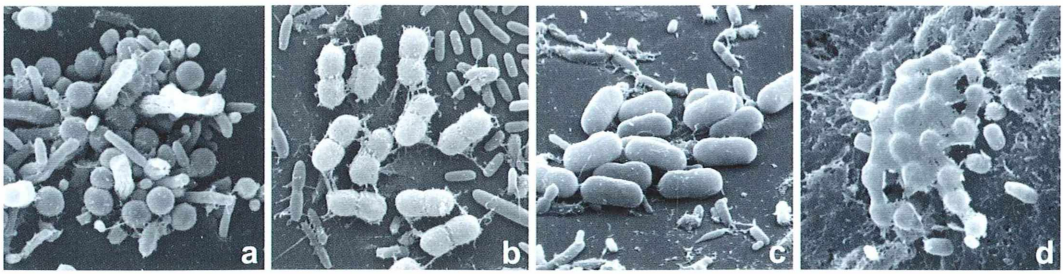


Abb. 3: **a** Kokken mit aggregiertem Verteilungsmuster (Vergr. 12.000fach). **b** Diplokokken (Vergr. 17.700fach). **c** Bazillen (Vergr. 15.500fach). **d** Biofilmbildung (Vergr. 16.000fach).

© Copyright by Blackwell Verlag GmbH

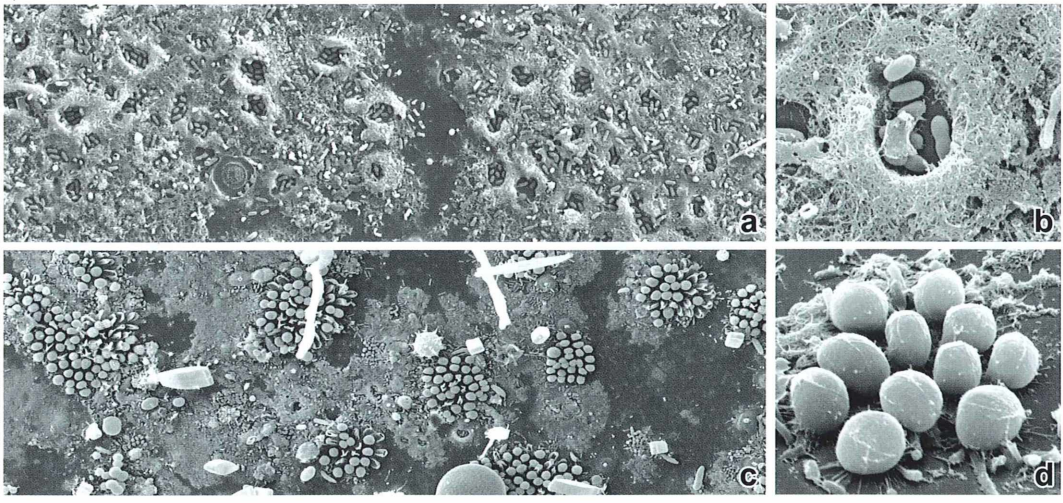


Abb. 4: **a** *Siderocapsa* mit aggregiertem Verteilungsmuster (Vergr. 2.000fach). **b** *Siderocapsa* in faserigem Geflecht (Vergr. 24.000fach). **c** *Thiocystis* mit aggregiertem Verteilungsmuster (Vergr. 800fach). **d** *Thiocystis*-Kolonie (Vergr. 13.500fach).

gaten hoher Abundanz ein enormes Ausmaß und eine hohe Dichte an. Inmitten dieser Geflechte fanden sich oftmals gestielte, einzellige Algen wie beispielsweise Vertreter der Gattungen *Ophiocytium* und *Characium*, für die jene Fazilitation von großer Bedeutung zu sein scheint. Wurden sie doch während der Untersuchungen nie ohne jene Verbindung angetroffen.

Auch das Schwefelbakterium *Thiocystis* wurde nur auf anorganischem Substrat und dort zumeist aggregiert vorgefunden (Abb. 4c). Es sind kugelige, Kolonien bildende Prokaryoten, die dem Substrat mittels Fäden anzuhaften schienen (Abb. 4d). Die Cyanobakterie *Merismopedia,* welche *Thiocystis* stark ähnelt, jedoch tafelförmige Kolonien aus zumeist 16 regelmäßig angeordneten Individuen bildet (Abb. 5a), schien sich auf dieselbe Weise dem Substrat anzuheften (Abb. 5b). Ihr Zellumriss war elliptisch bis rundlich.

Fadenbildende Cyanobakterien

Die in hoher Abundanz aufgetretenen, rasterelektronenmikroskopisch jedoch schwer determinierbaren fadenbildenden Cyanobakterien saßen sowohl dem anorganischen Substrat als auch den pflanzlichen Substraten der lebenden *Potamogeton crispus* und den vermodernden Blättern von *Symphoricarpos albus* und *Tilia* mehrfach in unterschiedlicher Individual- und Verbandsgröße auf (Abb. 6a). Die Fäden besaßen regelmäßige Einschnürungen an den Grenzen der meist zylindrischen Zellen (Abb. 6e). Die Basalzellen der Trichome schienen Adhäsine sekretiert zu haben, mit denen die Zellfäden dem Substrat senkrecht anhafteten (Abb. 6f). Der Habitus war meist unverzweigt mit einem gleichmäßigen Verteilungsmuster.

Pseudoperiphyton

Als vagile und somit dem Pseudoperiphyton angehörige Gattungen waren *Anabaena, Pseud-*

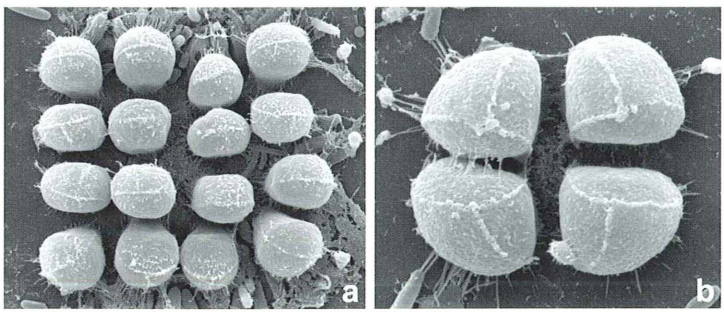


Abb. 5: **a** Tafelförmige *Merismopedia*-Kolonie (Vergr. 12.500fach). **b** *Merismopedia* in Teilung (Vergr. 23.000fach).

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

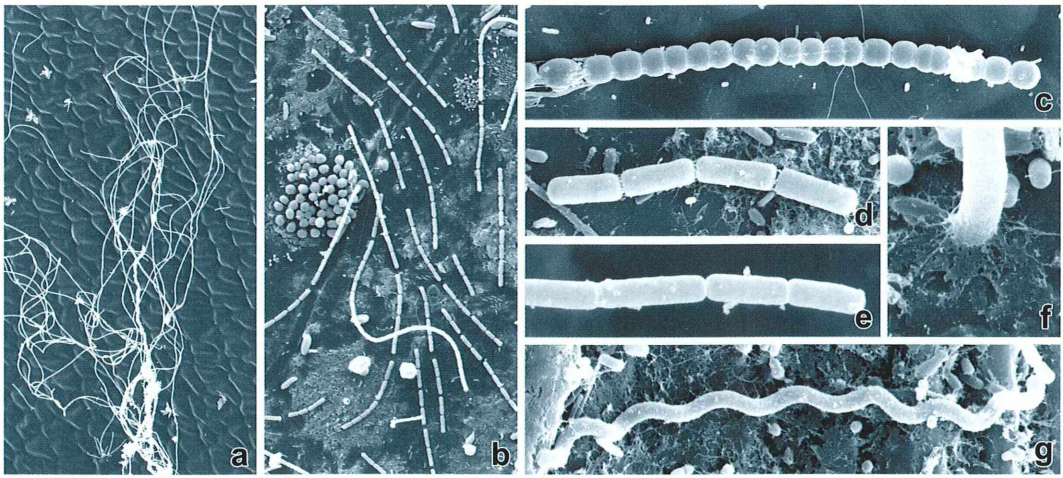


Abb. 6: **a** Geflecht fadenbildender Cyanobakterien (Vergr. 400fach). **b** Aggregat von *Pseudanabaena* (Vergr. 700fach). **c** *Anabaena* (Vergr. 3.000fach). **d** *Pseudanabaena* (Vergr. 12.000fach). **e** Individuen fadenbildender Cyanobakterien (Vergr. 16.000fach). **f** Substrathaftung fadenbildender Cyanobakterien (Vergr. 28.000fach). **g** *Spirillum* (Vergr. 10.000fach).

anabaena und *Spirillum* zu bestimmen. Sowohl *Anabaena* als auch *Pseudanabaena* sind freischwimmend, indem sie durch die Bildung und den Abbau von Gasvakuolen in der Wassersäule aufsteigen und absinken können. Die Zellen der Cyanobakterie *Anabaena* waren kugelig und bildeten unverzweigte, perlenschnurartige Zellfäden mit regelmäßigen Einschnürungen an den Zellgrenzen (Abb. 6c). Sie kamen nur vereinzelt auf den lebenden Blättern von *Potamogeton crispus* vor.

Auch *Pseudanabaena* ist eine Cyanobakterie. Ihre zylindrischen Zellen bildeten ebenfalls unverzweigte Fäden mit regelmäßigen Einschnürungen an den Zellgrenzen (Abb. 6d). Ihr überwiegendes Verteilungsmuster war gleichmäßig. Aggregate von *Pseudanabaena*-Zellfäden (Abb. 6b) waren seltener zu finden. Der Organismus kam ausschließlich auf anorganischem Substrat vor.

Nur vereinzelt und ausschließlich auf den vermodernden Blättern trat *Spirillum* auf. Das korkenzieherähnliche, schraubenförmige Bakterium hatte stumpf gerundete Enden ohne Geißeln (Abb. 6g). *Spirillum* gehört ebenfalls dem Pseudoperiphyton an, dreht sich jedoch im Gegensatz zu *Anabaena* und *Pseudanabaena* aktiv durch das Wasser.

Schlussfolgerungen

Prinzipiell wurde beobachtet, dass jene determinierten Aufwuchsorganismen, welche auf beiden Substraten gefunden wurden, sich einheitlicher und vom Substrat unabhängiger Mechanismen der Sessilität beziehungsweise Motilität bedienten. Auch war allen Substraten ihr vorherrschend aggregiertes Verteilungsmuster gemein, welches aufgrund der hohen Individuenzahl besonders auf anorganischem Substrat deutlich hervortrat. Ein repräsentatives Beispiel bot dafür der Bakterienrasen, welcher ebenfalls auf anorganischem Substrat die mit Abstand höchste Dichte aufwies: Innerhalb eines Aggregats allgemein hoher Individuendichte befanden sich durchschnittlich 1.330 Individuen pro 50 μm^2. Auf freier Fläche hingegen waren es mit durchschnittlich bloß 350 pro 50 μm^2 ganze 74 % weniger.

Weitere, den Untersuchungen entnommene Schlussfolgerungen sowie Theorien über Substratpräferenzen basieren auf dem Vergleich aller Periphyton-Funde und werden daher an das Ende dieser Berichtserie gestellt. Die folgenden Artikel werden die Organismengruppen der Algen, Heliozoen, Flagellaten und Ciliaten sowie speziell das Periphyton eines Tellerschneckengehäuses (Planorbidae) behandeln.

Literaturhinweise

Barthlott, W., Schimmel, T., Wiersch, S., Koch, K., Brede, M., Barczewski, M., Walheim, S., Weis, A., Kaltenmaier, A., Leder, A., Bohn, H. F.: The *Salvinia* paradox: Superhydrophobic surfaces with hydrophilic pins for air retention under water. Advanced Materials 22, 2325–2328 (2010).

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

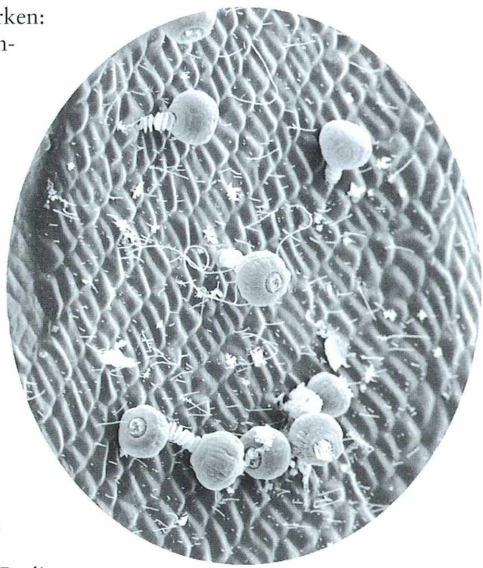
Dyer, B. D.: A field guide to bacteria. Cornell University Press, New York 2003.
Goos, F.-M.: Entwicklung und Architektur von Aufwuchsgesellschaften unter definierten Licht- und Nährstoffverhältnissen. Shaker Verlag, Aachen 1999.
Hofmann, G.: Bibliotheca Diatomologia, Band 30: Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. J. Cramer, Stuttgart 1994.
Linne von Berg, K.-H., Melkonian, M.: Der Kosmos-Algenführer. Die wichtigsten Süßwasseralgen im Mikroskop. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 2004.
Parducz, B.: Ciliary movement and coordination in ciliates. Int. Rev. Cytol. 21, 91–128 (1967).
Reimer, L., Pfefferkorn, G.: Rasterelektronenmikroskopie. Springer Verlag, Heidelberg 1977.
Rudzinski, H.-G.: Aufwuchsorganismen. Unterrichtsanregung für die Sekundarstufe I (9./10. Schülerjahrgang). Unterricht Biologie 11, 31–35 (1987).
Sauer, F.: Tiere und Pflanzen im Wassertropfen nach Farbfotos erkannt. Fauna-Verlag, Karlsfeld 1995.
Schneider, H.: Beobachtung über Plankton- und Aufwuchsorganismen eines Altrheins. Mikrokosmos 73, 289–299 (1984a).
Schneider, H.: Ein lohnendes Arbeitsgebiet für den Mikroskopiker: Aufwuchsuntersuchungen. Mikrokosmos 73, 65–72 (1984b).
Schneider, H., Kremer, B. P., Hausmann, K.: Aquatische Kleinsttiergärten. Aufwuchsbiozönosen als autökologisches Kuriositätenkabinett. Biologie in unserer Zeit 26, 173–178 (1996).
Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers – Ein Bestimmungsbuch, 10. Auflage. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 2006.
Wilbert, N.: Ökologische Untersuchung der Aufwuchs- und Planktonciliaten eines eutrophen Weihers. Arch. Hydrobiol. (Suppl.) 35, 411–518 (1969).
Wimpenny, J., Manz, W., Szewzyk, U.: Heterogeneity in biofilms. FEMS Microbiol. Rev. 24, 661–671 (2000).
Zehner, M.: Beobachtungen am Periphyton eines Stadtparkteiches. Mikrokosmos 82, 107–112 (1993).

Verfasser: B. Sc. Sarah-Julia Körner und
Prof. Dr. Klaus Hausmann, Freie Universität Berlin,
Institut für Biologie / Zoologie,
Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin; E-Mails:
Sarah3110@web.de und hausmann@zedat.fu-berlin.de

Mikro-Cartoon

Lächelnde Glockentierchen

Spätestens beim zweiten Hinschauen wird man es merken: Das ist ein Smily der besonderen Art, nämlich ein Protisten-Smily. Acht Vorticellen haben sich so auf einem Wasserpflanzenblatt niedergelassen, als ob sie uns sagen wollten: *Hallo, liebe Mikroskopiker! Wir freuen uns, dass ihr uns in dieser Formation wahrgenommen habt.*
Wo findet man eine solche Abbildung? Auf der Titelseite der Bachelor-Arbeit von Sarah-Julia Körner. Sie ist Biologiestudentin an der Freien Universität Berlin, die in dieser Ausgabe unserer Zeitschrift erstmals als Autorin auftritt mit einem Bericht über Prokaryoten als maßgebliche Organismen des Periphytons, speziell des Biofilms. Es werden eine Reihe weiterer Berichte über Aufwuchsorganismen folgen, welche die Leser mit einiger Sicherheit bis zum Jahresende fesseln werden.
Dieser Mikro-Cartoon soll einmal mehr belegen, dass man nicht alles todernst nehmen soll, sondern dass man auch einfach Spaß an der Freude haben darf, selbst im mikroskopischen Bereich.



Klaus Hausmann, Berlin

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

Nachricht

Das Zentrum für Naturkunde und Mikroskopie in Maria Laach – Ein Aktiv-Museum für die Mikrowelt

Es ist hinlänglich bekannt, dass Klöster oft Orte bedeutender naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Forschungen waren. Und auch in der Abtei Maria Laach hat Naturkunde und Naturforschung Tradition. Ob der Vulkanologe Dr. Michael Hopmann oder der Zoologe und Naturschützer Gilbert Rahm, beides Benediktiner, oder zuvor der Jesuit und Botaniker Theodor Wolf, sie alle waren Mönche in Maria Laach. Ein versteckt im Wald unweit der Abtei liegendes, privat geführtes Naturkundemuseum (Abb. 1) führt die naturkundliche Tradition in Maria Laach fort und hat seit einem Jahr die Mikroskopie und die Mikrowelt ins Zentrum einer musealen Aktiv-Präsentation gestellt, die Besucher an vielen Stationen zum aktiven Mitmachen und Forschen einlädt.

Mikroskopieren auf Wandertagen

Hinter dem Mikroskop mit dem Bärtierchen bildet sich eine besonders lange, aber geduldig wartende Schülerschlange. *Wer ein Rädertier sehen will, kommt bitte hierher!* sagt die Klassenlehrerin den Fünftklässlern aus einem der Gymnasien in Andernach, die an diesem Tag ein Tagesprogramm aus Wanderexkursion, Mikroskopieren und Forscherrundgang durch das Museum gebucht haben. Neben den Mikroskopen liegen Skizzen von Ciliaten, Thecamöben und Diatomeen. Weil es heute ungewöhnlich viele Schüler sind, die etwas mikroskopieren wollen, sind die Kursgeräte in der Cafeteria des Laacher Zentrums für Mikroskopie aufgebaut und nicht wie sonst im Übungsraum. Auf jedem Mikroskoptisch liegt ein anderes Mikroobjekt, lebend, gerade erst aus der Probe heraus unter das Deckglas gebracht. Je eine Dreiergruppe von Schülern und Schülerinnen benutzt ein Mikroskop zur Probenuntersuchung. Die Proben wurden in Probengläschen unmittelbar zuvor auf einer Waldexkursion geholt.

Der Kurs- und Exkursionsleiter Dr. Andreas Braun (Abb. 2) geht mit Blatt und Bleistift von Gruppe zu Gruppe und skizziert das, was unter den Mikroskopen zu sehen ist, zum besseren Verständnis und um den oft ungeübten Blick der Schüler durch das Okular auf die interessantesten Stellen des Mikropräparats zu lenken. Der Wissenschaftler, als Mikropaläontologe seit Jahrzehnten auch leidenschaftlicher Mikroskopiker, leitet das private Museum, das, im Mittelrhein-Gebiet zwischen Bonn und Koblenz gelegen, zum berühmten Kloster Maria Laach gehört. Für den Geologen und Paläontologen war es keine Frage, was aus dem Naturkundemuseum Maria Laach werden sollte, nachdem er es zusammen mit der Volkswirtin Armyna Rätz vor etwas über einem Jahr übernommen hatte: Die Geologie und ein musealer Blick in die Mikrowelt sollte das bislang im Wesentlichen der größeren Tierwelt gewidmete Museum ergänzen.

Abb. 1: Am Waldhang hinter alten Bäumen: Das Museumsgebäude.

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

Abb. 2: Der Museumsleiter Dr. Andreas Braun vor einem Mikroskopschrank (Foto: Renate Radek, Berlin).

Mikro-Jagdgründe vor der Haustür

In unmittelbarer Nähe zum Laacher See gelegen und zur berühmten Abtei Maria Laach gehörig, findet man das Naturkundemuseum Maria Laach etwas abseits vom eigentlichen Klostergelände im Wald gelegen. Das Haus wurde von der Abtei Maria Laach 1953 für internationale Jugendfreizeiten, Exerzitien, Tagungen und als Begegnungsstätte gebaut. In den 1970er Jahren gestaltete der Präparator am Bonner Museum Alexander Koenig, Klaus Ullenbruch, das Haus dann zu einem Naturkundemuseum um, in dem hauptsächlich die von ihm kunstfertig präparierten Tiere Platz finden sollten. Der Ort des Gebäudes könnte schöner nicht sein, für eine Einrichtung, die sich die aktive Erkundung der Natur und neuerdings auch der Mikrowelt im Dienst der Bildung und Erziehung auf die Fahnen geschrieben hat. Der Laubwald mit seinen ehrwürdigen Beständen an Buchen und Eichen ist direkt vor der Haustür. Er lädt ein zum Kennenlernen der Kleinlebewelt der Laubwald-Streu.
Das Anschauungsmaterial muss nicht unbedingt ins Gebäude, in die Übungsräume geholt werden, um es zu untersuchen. Die massiv hölzernen Tische auf der Terrasse dienen vom Spätfrühling bis in den Herbst hinein bei passendem Wetter als Freiluft-Klassenraum, spannendes Mikroskopieren im direkten Sonnenlicht eingeschlossen. Biologische Krusten auf Bäumen und Steinen, mit Algen, Flechten und Moosen sollten vor Ort untersucht und erklärt werden. Dazu dienen die Lupenwanderungen, auf denen, je nach Jahreszeit, auch Themen wie Blütenbau, Pflanzenknospen, Bodenbiologie oder Vulkansteine des nahen Steinlehrpfads im Vordergrund stehen.

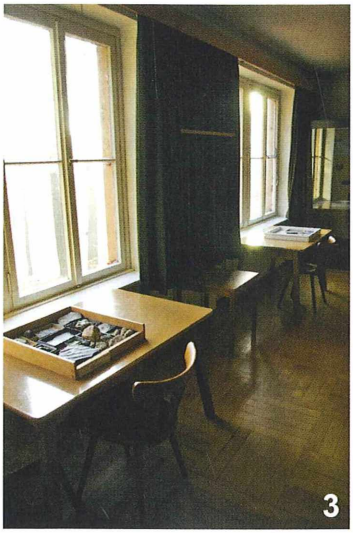
Museumsrundgang mit Aktivstationen Mikro-Makro

Wo immer man hinläuft in dem weitläufigen Gebäude, auf einer der drei Etagen, auf denen verschiedene Dauerausstellungen zur Biologie und Geologie verteilt sind: Stets wird der Blick aufs Neue auf das Kleine, das Unauffällige gelenkt. So kann im Eingangsbereich unter einem kleinen Mikroskop Blütenstaub untersucht werden, darüber laden Bildpaare stereoskopischer Makrofotografien zur 3-D-Nahbetrachtung von Schaben und Pfeilschwanzkrebsen ein. Mikro- und Makrofotografien zum Thema Vulkane unter der Lupe und Insekten, begleiten den Besucher dann in die beiden Erdgeschichts-Räume, die in Vitrinen und Stein-Schubladen (mit Gesteinsproben zum Anfassen) die Geologie und Erdgeschichte des Laacher Raumes behandeln (Abb. 3). Vor allem Kinder und Jugendliche nehmen zum Rundgang gerne die großen 5fach-Lupen mit, die an der Kasse gegen Pfand ausgegeben werden. Steine, Fossilien, Tiere, ob zum Anfassen oder hinter Vitrinenglas: Auf diese Art und Weise kann bequem vergrößert und näher betrachtet, also geforscht werden.
Ein Raum zur Vogelwelt und die liebevoll gestalteten Dioramen zur heimischen Tierwelt – sie tragen dem Bestreben Rechnung, nicht nur ein Zentrum für Mikroskopie, sondern auch eines der Naturkunde zu sein. Das *Exploratorium*, die Forschungsstation besonders für die jungen Besucher, bietet dann Mikroskopier-Plätze mit Stereo-Binokularen zu den Themen Eifeler Mikromineralien (Abb. 4), Strandsand, Mikro-Edelsteine und Leben im Wassertropfen (Abb. 5).
Grabungsstellen zur Haifischzahn- und Edelstein-Suche im Sand und Präparations-Stationen, an denen behutsam echte Fossilien freigelegt werden müssen, ergänzen das Mikro-Angebot. Besonders die Aktiv-Stationen erlauben es auch größeren Gruppen, beispielsweise Schulklassen, tätig zu werden und das Museum nicht nur passiv und schauend-lesend zu erleben.

Ausstellungen zur Mikroskopie und Makroskopie

Für die Erwachsenen bietet das *Exploratorium* eine weitere Besonderheit: Eine Dauerausstellung mit Texten, Bildern und Originalmodellen des den MIKROKOSMOS-Lesern wohlbekannten Schweizer Lehrers und Mikrowelten-Buchautors Dr. Pedro Galliker. Ob Sonnentierchen, Schalenamöben (Abb. 6),

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



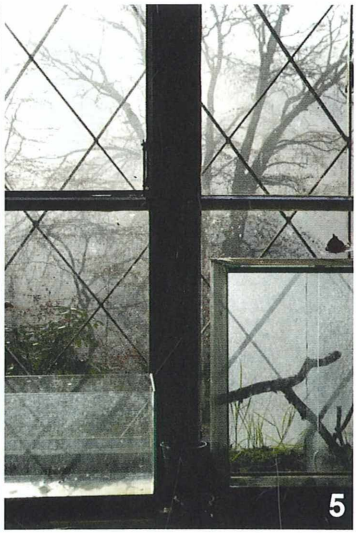


Abb. 3: Geologie und Erdgeschichte jenseits von Glasvitrinen. Steinsammlungen zum Anfassen im Devon-Raum des Museums. – **Abb. 4:** Mikro-Arbeitsplatz im Exploratorium: Laacher Mikromineralien (Bild: Hauyn-Kristalle). – **Abb. 5:** Auf der Fensterbank im Übungsraum stehen Mikro-Terrarien und -Aquarien für Kurse bereit.

Glockentierchen, Suktorien oder Mikro-Grünalgen, die didaktisch geschickt gefertigten Modelle sowie die eindrucksvollen Dunkelfeld-Mikrofotografien machen die sonst verborgene Welt auch abseits der Mikroskope anschaulich. Dr. Galliker verwendet hauptsächlich Plastik zum Bau seiner transparenten und reizvollen Mikromodelle, eine zeitsparende und didaktisch wertvolle Methode zum Bau von Modellen, die zur Zeit der beiden Blaschkas noch aufwändig aus Glas hergestellt werden mussten.
Im ersten Stock wartet eine andere bemerkenswerte Ausstellung mit neuen, unerwarteten Eindrücken auf: Die Insektenmodelle der Hamburger Kunstdesignerin Julia Stöss erlauben den Blick auf sonst verborgene Details von Stubenfliege, Maikäfer, Stechmücke oder Ameise, auch im Klassenverband. Ihre preisgekrönten, bis zu einem Meter großen Modelle werden effektvoll in Glasvitrinen angeleuchtet (Abb. 7).

Kurse und Exkursionen

Im Übungsraum – bei größeren Schulklassen dann eben auch in der Cafeteria und im Sommer auf der Museumterrasse im Wald – kann aktiv an Kursmikroskopen untersucht und das Gefundene direkt bestimmt und erklärt werden. Wichtig ist auch hier, dass nicht nur Fertigpräparate oder eher abstrakte Museumsproben untersucht werden. Die Gruppen

Abb. 6: Leben im Moospolster sichtbar gemacht: Zwei Thecamöben-Modelle auf Moos (Dr. Pedro Galliker). – **Abb. 7:** Großportraits des ganz Kleinen: Modell einer Wegeameise (Julia Stoess).

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

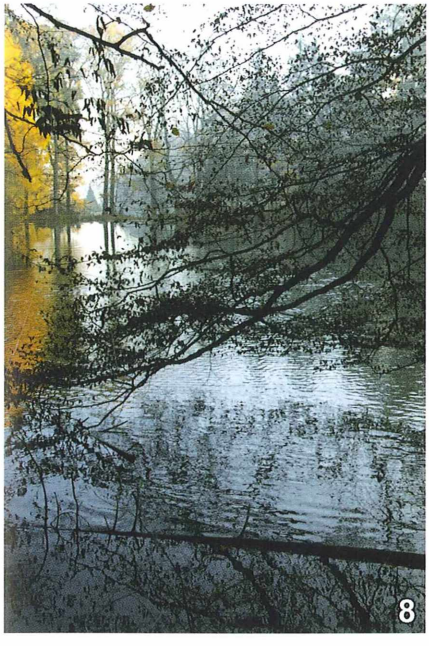


Abb. 8: Der Museums-Waldteich St. Nikolaus: Ein Dorado für das Leben im Wassertropfen. – **Abb. 9:** Ob Waldboden, Bach oder Totholz: Der lichte Laubwald am Museum ist eine unerschöpfliche Mikro-Makro-Fundgrube.

gehen selbst auf Forschungsexkursion und bringen eigene Proben vom Laacher See, vom museumsnahen St.-Nikolaus-Weiher (Abb. 8), von einem der vielen Moospolster der Klostermauern oder vom Laubwald-Boden (Abb. 9) mit. Selbst Gefundenes hat immer mehr Reiz als Fremdes, zumal auf den Exkursionen auch vor Ort erklärt wird, um welche Frage es geht und warum es sich lohnt, gerade hier eine Probe zu nehmen.

Dort, wo Untersuchungsmaterial nicht so unmittelbar und sicher zur Verfügung steht, sind Sammlungen von Mikromineralstufen (Mikromounts), Gesteinsdünnschliffe oder Sandproben mit Mikrofossilien die Grundlage für überraschende Einblicke in die Welt der Vulkanmineralien, der Lavagesteine oder der Mikropaläontologie.

Am Steinlehrpfad, der reizvoll im Wald direkt an der Klostermauer liegt, bieten sich Lupenwanderungen an, auf denen dann Glimmer- oder Augit-Kristalle im Sonnenlicht schimmernd, Blasenlava, Vulkanbomben oder Fremdgesteins-Einschlüsse in Lavagestein (Xenolithe) untersucht werden können.

Fußexkursionen um den Laacher See oder Ausflüge zur nahen Wingertsberg-Wand werden vom Museum angeboten, können aber auch in Kombination mit Übernachtungen und Naturprogrammen im nahen Naturfreundehaus Laacher See oder mit einem Besuch im Vulkanmuseum Mendig (Lavadome, mit Felsenkeller und Museumsley) gemacht werden. Die weitere Umgebung, die Seitentäler entlang des Mittelrheintals wie Brohltal oder Vinxtbachtal mit den Aufschlüssen zur Erdgeschichte, oder auch die Korallenriff-Gründe der Kalkeifel-Mulden um Daun, Gerolstein oder Hillesheim, sind durch Bus- oder Autoexkursionen erreichbar.

Bei Fragen oder Interesse an Führungen oder Freilandexkursionen wende man sich an:

PD Dr. Andreas Braun,
Laacher Zentrum für Naturkunde und Mikroskopie gGmbH,
Im Beller Wiesental,
56653 Maria Laach,
Tel.: 0 26 52/9 35 45 25,
E-Mail: info@museum-lacher-see.de

Weitere Informationen:
www.museum-laacher-see.de

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

Mikro-Lyrik

Klopstocks Ode Die Frühlingsfeyer – *Ein Brückenschlag zwischen Poesie, Religion und Naturwissenschaft*

Rainer Hendel

Im Verlauf des 18. Jahrhunderts wurden die Erkenntnisse über die Struktur der Schöpfung, wie sie Fernrohr und Mikroskop vermittelten, populär. Nicht allein die Naturwissenschaften, sondern auch die Geisteswissenschaften, vor allem die Philosophie, Theologie und die Dichtung, gewannen aus ihnen neue Argumente, Bilder und Aussageweisen.

Ein bekannter deutscher Dichter des 18. Jahrhunderts war Friedrich Gottlieb Klopstock (1724–1803; Abb. 1). Als ältestes von 17 Kindern wuchs er in Quedlinburg auf, wo er eine humanistische Schulausbildung erhielt, bevor er ein Studium der evangelischen Theologie in Jena begann. Seine dichterischen Fähigkeiten zeigten sich früh; die *Messias*-Gesänge und Oden wurden mit Begeisterung aufgenommen.

Klopstock: Ein Autor im 18. Jahrhundert und sein Leserpublikum

Das schwere Frühjahrsgewitter hatte das ländliche Fest unterbrochen, zog jedoch bald ab. Lotte und Werther traten ans Fenster:
Es donnerte abseitwärts, und der herrlichste Regen säuselte auf das Land … Sie stand auf ihren Ellenbogen gestützt, ihr Blick durchdrang die Gegend, sie sah gen Himmel und auf mich, ich sah ihr Auge tränenvoll, sie legte ihre Hand auf die meinige und sagte Klopstock! *Ich erinnerte mich sogleich der herrlichen Ode, die ihr in Gedanken lag …*[1]
Goethes Figuren im *Werther* repräsentieren Menschen des ausgehenden 18. Jahrhunderts. Was ist das für eine Dichtung, die einem im Haus erzogenen 18-jährigen Mädchen und einem Rechtspraktikanten Anfang der Zwanzig derart präsent ist, dass ein Blick genügt, um einen Strom von Empfindungen auszulösen?
Die Rede ist von der Ode *Die Frühlingsfeyer* des Friedrich Gottlieb Klopstock. Diese Dichtung erschien im Jahr 1759 erstmals im Druck und wurde im Jahr 1771, in dem Goethes *Werther* spielt, vom Autor überarbeitet und neu ediert. Klopstock hatte mit seinem Epos *Der Messias* an die großen Traditionen nationaler Literatur Europas anzuknüpfen vermocht. Von noch größerer Wirkung waren seine Gedichte. Themen aus dem Leben wie Pferdedressur und Schlittschuhlauf begeisterten sein zumeist jugendliches Leserpublikum, das sich durch empfindsame Naturbilder, Liebeslyrik und Totenklagen tief rühren ließ. Auch noch in der heutigen Zeit erfährt Klopstock Ehrungen verschiedenster Art (Abb. 2).

Abb. 1: Friedrich Gottlieb Klopstock im Alter von etwa 55 Jahren (Porträt von Jens Juel; aus Wikipedia).

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

Abb. 2: Klopstock auf einer Briefmarke der Bundesrepublik Deutschland von 1974 (links) sowie auf einer Gedenkmünze, 1978 herausgegeben von der Deutschen Demokratischen Republik zu seinem 175. Todestag (rechts) (aus Wikipedia).

Die herrliche Ode

Eine der schönsten Oden Klopstocks, von der in dieser Betrachtung die Rede ist, liest sich wie folgt:

Die Frühlingsfeyer

Nicht in den Ozean der Welten alle
Will ich mich stürzen! schweben nicht,
Wo die ersten Erschaffnen, die Jubelchöre der Söhne des Lichts,
Anbeten, tief anbeten! und in Entzückung vergehn!

Nur um den Tropfen am Eimer,
Um die Erde nur, will ich schweben, und anbeten!
Halleluja! Halleluja! Der Tropfen am Eimer
Rann aus der Hand des Allmächtigen auch!

Da der Hand des Allmächtigen
Die größeren Erden entquollen!
Die Ströme des Lichts rauschten, und Siebengestirne wurden,
Da entrannest du, Tropfen, der Hand des Allmächtigen!

Da ein Strom des Lichts rauscht', und unsre Sonne wurde!
Ein Wogensturz sich stürzte wie vom Felsen
Der Wolk' herab, und den Orion gürtete,
Da entrannest du, Tropfen, der Hand des Allmächtigen!

Wer sind die tausendmal tausend, wer die Myriaden alle,
Welche den Tropfen bewohnen, und bewohnten? und wer bin ich?
Halleluja dem Schaffenden! mehr wie die Erden, die quollen!
Mehr, wie die Siebengestirne, die aus Strahlen zusammenströmten!

Aber du Frühlingswürmchen,
Das grünlichgolden neben mir spielt,
Du lebst; und bist vielleicht
Ach nicht unsterblich!

Ich bin heraus gegangen anzubeten,
Und ich weine? Vergieb, vergieb
Auch diese Thräne dem Endlichen,
O du, der seyn wird!

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

Du wirst die Zweifel alle mir enthüllen,
O du, der mich durch das dunkle Thal
Des Todes führen wird! Ich lerne dann,
Ob eine Seele das goldene Würmchen hatte.

Bist du nur gebildeter Staub,
Sohn des Mays, so werde denn
Wieder verfliegender Staub,
Oder was sonst der Ewige will!

Ergeuß von neuem du, mein Auge,
Freudenthränen!
Du, meine Harfe,
Preise den Herrn!

Umwunden wieder, mit Palmen
Ist meine Harf' umwunden! ich singe dem Herrn!
Hier steh ich. Rund um mich
Ist Alles Allmacht! und Wunder Alles!

Mit tiefer Ehrfurcht schau ich die Schöpfung an,
Denn Du!
Namenloser, Du!
Schufest sie!

Lüfte, die um mich wehn, und sanfte Kühlung
Auf mein glühendes Angesicht hauchen,
Euch, wunderbare Lüfte,
Sandte der Herr! der Unendliche!

Aber jetzt werden sie still, kaum athmen sie.
Die Morgensonne wird schwül!
Wolken strömen herauf!
Sichtbar ist, der komt, der Ewige!

Nun schweben sie, rauschen sie, wirbeln die Winde!
Wie beugt sich der Wald! wie hebt sich der Strom!
Sichtbar, wie du es Sterblichen seyn kanst,
Ja, das bist du, sichtbar, Unendlicher!

Der Wald neigt sich, der Strom fliehet, und ich
Falle nicht auf mein Angesicht?
Herr! Herr! Gott! barmherzig und gnädig!
Du Naher! erbarme dich meiner!

Zürnest du, Herr,
Weil Nacht dein Gewand ist?
Diese Nacht ist Segen der Erde.
Vater, du zürnest nicht!

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

Sie komt, Erfrischung auszuschütten,
Über den stärkenden Halm!
Über die herzerfreuende Traube!
Vater, du zürnest nicht!

Alles ist still vor dir, du Naher!
Rings umher ist Alles still!
Auch das Würmchen mit Golde bedeckt, merkt auf!
Ist es vielleicht nicht seelenlos? ist es unsterblich?

Ach, vermöcht' ich dich, Herr, wie ich dürste, zu preisen!
Immer herlicher offenbarest du dich!
Immer dunkler wird die Nacht um dich,
Und voller von Segen!

Seht ihr den Zeugen des Nahen den zückenden Strahl?
Hört ihr Jehova's Donner?
Hört ihr ihn? hört ihr ihn,
Den erschütternden Donner des Herrn?

Herr! Herr! Gott!
Barmherzig, und gnädig!
Angebetet, gepriesen
Sey dein herlicher Name!

Und die Gewitterwinde? sie tragen den Donner!
Wie sie rauschen! wie sie mit lauter Woge den Wald durchströmen!
Und nun schweigen sie. Langsam wandelt
Die schwarze Wolke.

Seht ihr den neuen Zeugen des Nahen, den fliegenden Strahl?
Höret ihr hoch in der Wolke den Donner des Herrn?
Er ruft: Jehova! Jehova!
Und der geschmetterte Wald dampft!

Aber nicht unsre Hütte!
Unser Vater gebot
Seinem Verderber,
Vor unsrer Hütte vorüberzugehn!

Ach, schon rauscht, schon rauscht
Himmel, und Erde vom gnädigen Regen!
Nun ist, wie dürstete sie! die Erd' erquickt,
Und der Himmel der Segensfüll' entlastet!

Siehe, nun komt Jehova nicht mehr im Wetter,
In stillem, sanftem Säuseln
Komt Jehova,
Und unter ihm neigt sich der Bogen des Friedens!

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

Von Milchstraßen und Milben: Nachweise der Unendlichkeit

Um die Ode recht zu verstehen, müssen wir zunächst ihren zentralen Gedanken betrachten. Es geht um die Unendlichkeit der Schöpfung und die damit verbundenen Konsequenzen für alle Geschöpfe.

Der rein philosophische Begriff Unendlichkeit war im Verlauf des 18. Jahrhunderts dank des Fernrohrs und Mikroskops zu einer beweisbaren Tatsache geworden. Astronomen hatten in den bekannten Sternbildern immer wieder neue Sterne nachgewiesen. Robert Hooke zum Beispiel berichtet in seiner *Micrographia* (1665), er habe mit einem guten Teleskop in den Plejaden – dem Siebengestirn – insgesamt 78 Sterne gefunden, wo Galilei mit seinem bescheidenen Fernrohr nur 38 gezählt habe. Er zweifle nicht daran, dass mit weiter verbesserten Instrumenten noch mehr Sterne entdeckt würden.[2]

In der Mikroskopie wiesen die Kleinlebewesen den Weg in die Unendlichkeit. Der Philosoph Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) gibt dem Begriff Unendlichkeit folgendermaßen Substanz: *Eine Milbe zum Beispiel biete ihm (sc. dem Mikroskopiker) in der Winzigkeit ihres Körpers Teile unvergleichlich viel winziger Beine mit Bändern, Adern in diesen Beinen.* Damit nicht genug; auf der Milbe sitzen wieder Milben. Es gibt offensichtlich eine unendliche Reihe von zunehmend winzigen Mikrokosmen *... die vermöge ihrer Kleinheit ebenso erstaunlich sind als die anderen vermöge ihrer Größe. Denn wer wird nicht bewundern, daß unser Körper ebennoch nicht wahrnehmbar im Universum, ... jetzt ein Koloss, eine Welt, ja vielleicht ein All ist gegenüber der äußersten Kleinheit, zu der man nicht gelangen kann?*[3]

Totus naturae campus: Wissenschaft wird zur Poesie

Es sollte eine der selbstgewählten Lebensaufgaben Klopstocks werden, die Erkenntnisse der Naturwissenschaften dichterisch umzusetzen. Als er, 21 Jahre alt, im Jahr 1745 die Fürstenschule in Schulpforta (Abb. 3) verließ, kündigte er in seiner lateinischen Abschiedsrede an, in den Kreis der führenden Dichter Deutschlands treten zu wollen und ein Autor zu werden, *... vor dessen Augen sich das gesamte Spektrum der Natur öffnet.*[4]

An der vorliegenden Ode lassen sich sein Anspruch und seine Methode, Wissenschaft in die Sprache der Empfindsamkeit umzusetzen, gut darstellen. Der Text setzt mit der Vorstellung des Alls und dessen Milchstraßensystemen, dem *Ozean der Welten* ein. Dem gegenüber ist die Größe unseres Sonnensystems einem *Eimer*, vergleichbar, die Erde mit einem daran hängenden Wassertropfen. Sie ist ein – wenngleich winziger – Teil des Makrokosmos Weltall.

Nur um den Tropfen am Eimer,
Um die Erde nur, will ich schweben, und anbeten!
(Zeile 5f.)

Das sind gängige literarische Bilder. Die Metapher vom *Tropfen am Eimer* wird schon vom alttestamentarischen Propheten Jesaia[5] verwendet, stellt dort jedoch relativ statisch die Größenverhältnisse der Schöpfung vor. Klopstock

Abb. 3: In Schulpforta besuchte Klopstock die Fürstenschule (aus Wikipedia).

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

führt das Bild weiter. Die angesichts des Alls winzige Erde ist selbst ein Makrokosmos, denn in diesem Tropfen wimmeln Myriaden von Lebewesen, wir Menschen. Der Dichter hat das Instrument der Beobachtung gewechselt, er hat gewissermaßen vom Fernrohr zum Mikroskop umgeschaltet.
Das gibt ihm die Möglichkeit, ein damals beliebtes Paradoxon[6] zu formulieren: Unsere Erde ist zugleich klein und groß: Klein ist sie angesichts der *größeren Erden* des Alls, doch ist sie ihnen gleichberechtigt, da sie demselben Schöpfungsakt entstammt. Groß ist sie für ihre Bewohner. Das Größenverhältnis Weltall/Erde ist also dem Verhältnis Erde/Mensch gleich. Doch die Schöpfung macht an den Grenzen menschlicher Wahrnehmung nicht Halt. *Dem grüngoldnen Würmchen*, eben noch dem unbewaffneten menschlichen Auge sichtbar, gilt der menschliche Körper als *Weltall*. Die Dimensionen der Schöpfung wiederholen sich also in stetiger Verkleinerung bis ins Unendliche.

Der Mensch: Mittelpunkt oder Mitgeschöpf? – Die Seele des Würmchens

Bis hierher sagt der Dichter nichts, was nicht Leibniz schon in Prosa formuliert hätte. Die Frage, ob das Würmchen unsterblich sei, bringt einen neuen Gedankenkomplex ein. Tiere, so hatte noch Descartes (1596–1650) provokativ behauptet, seien eine Art Maschinen, deren Lebensäußerungen mechanisch erklärbar seien. Eine Seele hätten sie nicht. Diese Aussage war ein Jahrhundert später nicht mehr zu halten, das *Zeitalter der Empfindsamkeit* sah im Tier das Mitgeschöpf.
Der Text von Klopstocks Ode positioniert daher den Menschen nicht mehr in der Mitte der Schöpfung. Wir Menschen markieren zwar einen Punkt auf der oben wie unten offenen Skala der Dimensionen, sind aber nicht ihr zentraler Maßstab.
Die Folgerungen daraus sind ebenso zwingend wie brisant. Der Satz, dass der Mensch die Krone der Schöpfung sei, wird hier relativiert. Der Erde und ihren Bewohnern kommt keine Sonderstellung in der Schöpfung zu. Das aber bedeutet, dass Gottes Verheißung der unsterblichen Seele für alle seine Geschöpfe gelten muss, denn ihr Größenunterschied kann kein Grund für einen Unterschied der Qualität und der Nähe zu Gott sein. Auch winzigste Lebewesen – von der Position eines Menschen aus gesehen – könnten eine unsterbliche Seele haben.

O du, der mich durch das dunkle Thal
Des Todes führen wird! Ich lerne dann,
Ob eine Seele das goldne Würmchen hatte.

(Zeile 30–33)

Die Möglichkeit, beseelt zu sein, muss man dem Mitgeschöpf einräumen. Lässt sie sich aber beweisen? Vor dieser Frage versagen die sprachlichen Mittel der Darstellung, denn mit Metaphern lässt sich nichts begründen. Daher greift der Dichter zum Mittel der Beobachtung, also einer naturwissenschaftlichen Methode.
Die erste Beobachtung stellt dar, wie das lyrische Ich, der Mensch, seinen Schöpfer im Gewitter zu erkennen vermag:

Wolken strömen herauf!
Sichtbar ist, der komt, der Ewige!

Nun schweben sie, rauschen sie, wirbeln die Winde!
Wie beugt sich der Wald! wie hebt sich der Strom!
Sichtbar, wie du es Sterblichen seyn kanst,
Ja, das bist du, sichtbar, Unendlicher!

(Zeile 55–60)

Als Zweites erfahren wir, dass das Würmchen auf Gottes Präsenz nicht anders als der Mensch reagiert. Wenn es aber die Fähigkeit hat, Gott zu erkennen, dann ist es vor Gott dem Menschen gleichberechtigt:

Alles ist still vor dir, du Naher!
Rings umher ist Alles still!
Auch das Würmchen mit Golde bedeckt, merkt auf!
Ist es vielleicht nicht seelenlos? ist es unsterblich?

(Zeile 73–76)

Die Beobachtungen führen zu einer Schlussfolgerung. Naturwissenschaftliches Vorgehen mündet in einer poetischen Aussage.

Klopstocks Leistung

Wir stellen fest, dass Klopstock aktuelles Wissensmaterial seiner Zeit dichterisch, und das heißt zunächst einmal sprachlich, verarbeitet. Die unvorstellbaren Größenordnungen des Universums stellt er anschaulich dar, Unfass-

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

bares macht er fassbar, unendlich Großes verknüpft er mit unendlich Kleinem. Er erweitert damit den Blickwinkel seiner Leser ebenso wie das Ausdrucksvermögen, schließlich ist jede theoretische Erkenntnis nur möglich, wenn man sie sprachlich fassen kann.

Als Zweites verknüpft er die geistig-religiöse Ordnung der Welt mit dem physischen und biologischen Geschehen in ihr. Damit schlägt er auch Brücken zwischen Religion und Wissenschaft, welche verhindern, dass diese Bereiche auseinanderdriften.

Klopstocks Bestreben, den Dialog offen zu halten, eine Verständigungsbasis für scheinbar unvereinbare Systeme zu finden, ist eine Aufgabe, die für uns Menschen der Gegenwart wichtiger ist denn je.

Anmerkungen

[1] Goethe Seite 143

[2] Micrographia Seite 241

[3] Leibniz Seite 374

[4] Abiturrede Seite 16: ... *ante oculos eius sese aperiat totus naturae campus* ...

[5] Jesaia 40, 15

[6] Das Paradoxon begegnet uns z. B. auch im Preisgedicht auf Leeuwenhoek aus dem Jahr 1716, Vers 49f.: *Ein Elefant ist die Mücke, trägt selber noch kleinere Mücken, denen das winzige Tier groß wie die Erde erscheint* ... (Übersetzung Hendel)

Literaturhinweise

Primärliteratur

Goethe, J. W. von: Poetische Werke, Band 9: Romane und Erzählungen. Darin: Die Leiden des jungen Werthers, zweite Fassung. Seite 121–244. Verlag Aufbau, Berlin 1976.

Hooke, R.: Micrographia. London 1665. Faksimiledruck aus der Reihe *The Classics of Science Literature*, Deltran, New Jersey 1995.

Klopstock, F. G.: Oden. Auswahl und Nachwort von Karl Ludwig Schneider. Darin: Die Frühlingsfeyer, 2. Fassung von 1759/71, Seite 59, 61, 63, 65, 67 (Textgrundlage dieser Arbeit). Reclam, Stuttgart 1966.

Klopstock, F. G.: Declamatio qua poetas epopoeiae auctores recenset Frid. Gottl. Klopstockius scholae valedicturus die XXI Septembr. MDCCXLV. (Abiturrede aus dem Jahr 1745). In: Solemnia Saecularia Friderici Theophili Klopstockii die VI. Novembr. MDCCXXXIX in scholam Portensem recepti ... Numburgi MDCCCXXXIX.

Ledermüller, M. F.: Ledermüllers Nachleese Seiner Mikroskopischen Gemüths-und Augen-Ergötzung. Winterschmidt, Nürnberg 1762.

Leibniz, G. W.: Kleine Schriften zur Metaphysik. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1988.

Sekundärliteratur

Hendel, R.: Ein Preisgedicht auf Leeuwenhoek. Mikrokosmos 85, 159–170 (1996).

Kohl, K.: Friedrich Gottlieb Klopstock. Metzler, Stuttgart und Weimar 2000.

Ulshöfer, R.: Friedrich Gottlieb Klopstock: Die Frühlingsfeier. In: Wiese, B. von: Die deutsche Lyrik, Seite 168–184. Verlag A. Bagel, Düsseldorf 1964.

Wilson, C.: The invisible world. Early modern philosophy and the invention of the microscope. Princeton Unversity Press, Princeton 1995.

Verfasser: Rainer Hendel,
Custenlohr 27, 97215 Uffenheim

Aus einem Heft von 1921.

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

Mikro-Galerie

Zieralgen in der Malerei – Zur künstlerischen Tätigkeit des Diplombiologen Thomas Fromm aus Berlin

Klaus Hausmann

Von Thomas Fromm (Abb. 1) habe ich vor vielen Jahren, mehr oder minder zu Beginn meiner Tätigkeit im Institut für Zoologie der Freien Universität als einem Studenten Kenntnis genommen, der irgendwie durch sein besonderes Engagement für die Biologie, aber auch durch ein etwas exaltiertes Verhalten auffiel. Obgleich er an keiner meiner eigenen Lehrveranstaltungen teilgenommen hat, wusste ich von Kollegen, dass er wohl in ganz besonderem Maße an der Biologie mariner Wirbelloser interessiert war. Mit diesen Lebewesen beschäftigte er sich schwerpunktmäßig und wurde dann folgerichtig in einer Arbeitsgruppe aktiv, welche sich in ihrer Forschung auf die Entwicklung dieser Organismen konzentrierte. Wie ich seinerzeit eher nebenbei erfuhr, hat er dann wohl auch in dieser Disziplin erfolgreich sein Biologiestudium mit einer entsprechenden Diplomarbeit abgeschlossen.

Es mussten einige Dekaden vergehen, bis sich unsere Wege wieder kreuzten. So war es ein Übungsabend der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft (BMG), an dem ich ihn vor ein paar Jahren wieder traf. Und es dauerte einige Zeit, bis ich erfuhr und schließlich dann auch begriff, dass er wohl nicht primär in der Biologie tätig war, sondern seine Destination in der Kunst gefunden hatte.

Aufgrund einiger Kataloge über sein künstlerisches Schaffen, die er mir dann hat zukommen lassen, konnte ich mir ein zugegebenermaßen zunächst nicht ganz richtiges Bild seiner künstlerischen Tätigkeit machen. Waren es doch für

Abb. 1: Der Künstler Dipl. Biol. Thomas Fromm.

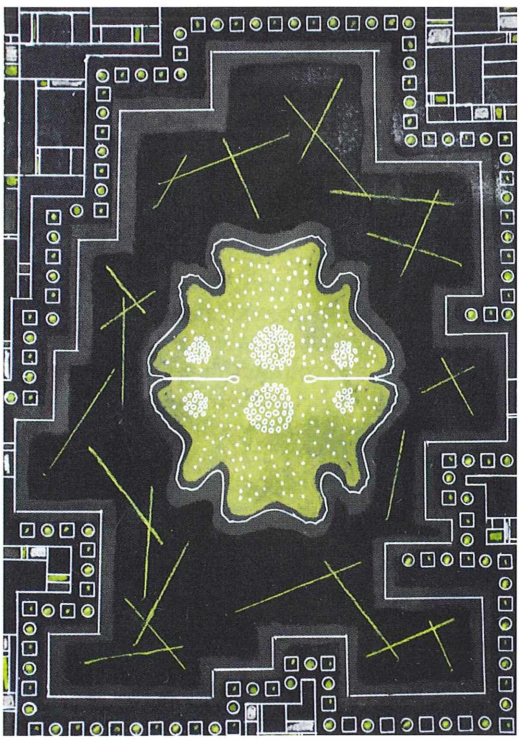


Abb. 2: Desmidiacee.

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

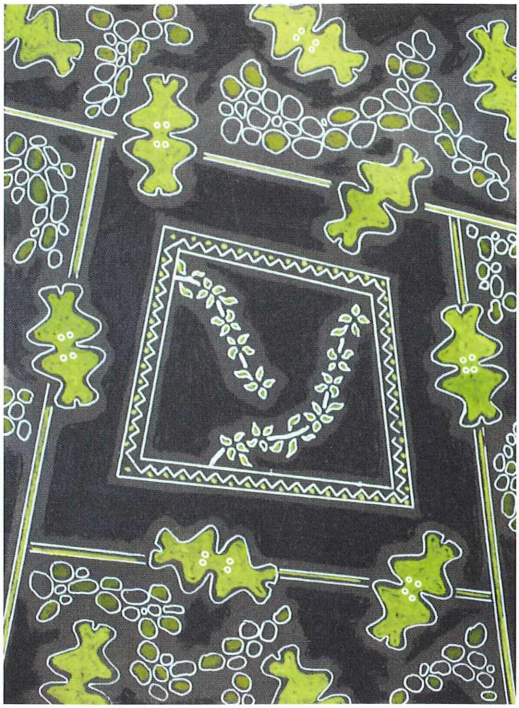


Abb. 3: Desmidiaceen.

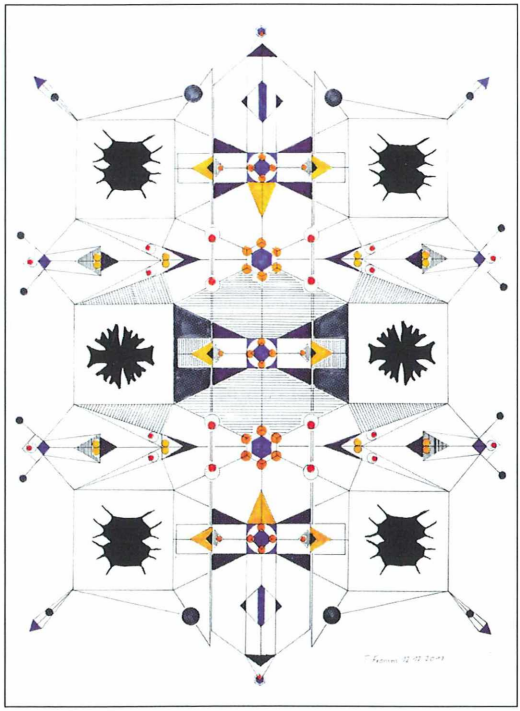


Abb. 4: Desmidiaceen.

mich primär Aspekte, die er in seinem malerischen Ausdruck visualisierte, die mir als eher abstrakte Werke nicht leicht zugänglich waren.
Das änderte sich erst kürzlich, als ich von dem Künstler einen Flyer erhielt, der mit *Phykologie* überschrieben war. Da gab es eindrückliche Bilder von Zieralgen (Desmidiaceen; Abb. 2–4), die mein Interesse weckten, zum einen wegen ihrer wissenschaftlichen Exaktheit in der Darstellung, zum anderen aber wegen ihrer für mich sehr ungewohnten, abstrakten Umgebung.
Daraufhin habe ich Thomas Fromm zu Hause, sozusagen in seiner Werkstatt, besucht und einiges mehr über ihn und sein künstlerisches Werk erfahren. Zunächst seien ein paar Worte zu seiner von ihm zusammengestellten Vita festgehalten, die sich eher etwas spärlich anhören:
Geboren im April 1962 in Berlin (Herzlichen Glückwunsch zum 50. Geburtstag!); 1981 bis 1988 Studium der Philosophie, Psychologie, Chemie und Biologie unter anderen an der Freien Universität Berlin; seit 1989 Studien und Engagements in der marinen Zoologie, Neuropharmakologie und Limnologie; seit 1989 freischaffende Tätigkeit als bildender Künstler und wissenschaftlicher Fotograf. In der letzteren Eigenschaft kennen ihn unsere Leser aufgrund einiger Artikel, die er kürzlich für unsere Zeitschrift verfasst hat. Weiterhin Mitarbeit im Künstler/innen Selbsthilfe Projekt *altelier galerie pinella (agp)* und im *Offenen Atelier* des St. Hedwig-Krankenhauses in Berlin Mitte. Seine Werke wurden bislang in verschiedensten Galerien ausgestellt und damit einem breiteren Publikum zugänglich gemacht.
Was ich vor Ort in seinem Atelier erfahren konnte, war, dass sein Oeuvre erheblich vielschichtiger ist, als ich es angenommen hatte, der ich nur hier und da punktuell etwas über sein künstlerisches Schaffen erfahren hatte.
Es ist in meinen Augen sicherlich immer wieder die Biologie, die in Fromms Werken zu entdecken ist, beispielsweise in der Art, dass die Anordnung und Farbe von Schlangenschuppen die Grundstruktur großflächiger, eher abstrakt anmutender Werke bilden. Aber darüber hinaus gibt es auch völlig von den Naturwissenschaften losgelöste Themen, welche in großflächigen Gemälden behandelt werden.

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

Mir hatte es, wie anfangs erwähnt, der *Phykologie*-Flyer angetan, der mich nachforschen ließ, welche Bewandtnis es mit der künstlerischen Tätigkeit von Thomas Fromm auf diesem Gebiet hat. Und ich liege wahrscheinlich nicht so ganz falsch, wenn ich denke, dass ein Vortrag, den er im letzten Jahr zum Thema *Zieralgen in Berlin* den BMGler geboten hat, eine Art Initialzündung für die künstlerische, in diesem Bericht nur ansatzweise gezeigte Auseinandersetzung mit den Desmidiaceen geführt hat.

Diejenigen, welche an der künstlerischen Tätigkeit von Thomas Fromm tiefer gehend interessiert sind, können sich auf seiner Homepage intensiv mit der Thematik vertraut machen: www.thomasfromm.de. Sie werden nicht enttäuscht sein

Verfasser: Prof. Dr. Klaus Hausmann,
Freie Universität Berlin,
Institut für Biologie / Zoologie, AG Protozoologie,
Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin,
E-Mail: hausmann@zedat.fu-berlin.de

Kurze Mitteilung

Mikroorganismen im Nektar von Blüten?

Viele Pflanzen sezernieren Nektar, um Insekten anzulocken, die Pollen übertragen und die Blüten bestäuben. Nektar enthält Zucker. Er ist deshalb ein sehr geeignetes Milieu für die Entwicklung von Mikroorganismen. Um das Wachstum von Mikroorganismen im Nektar zu hemmen, sezernieren *Nicotiana*-Arten (Tabak-Arten) zusammen mit den Zuckern Wasserstoffsuperoxid. Bei der nahe verwandten *Petunia hybrida* (Petunie, Trichterblume) hat der Nektar ebenfalls antibakterielle Eigenschaften. Er enthält aber nur wenig Wasserstoffsuperoxid, hingegen vier Ribonucleasen (antibakterielle Enzyme). Die Aminosäure-Muster dieser Ribonucleasen deuten darauf hin, dass sie phylogenetisch aus „Abwehr-Ribonucleasen" entstanden sind, die im Blütenbereich gebildet werden (Hillwig et al., 2010).

Abb. 1: *Helleborus foetidus*
(Foto: Schaumburg Community Garden Club, Illlinois).

Eine ganz andere Strategie schlägt *Helleborus foetidus,* die Stinkende Nieswurz, ein. Sie blüht im Winter und im zeitigen Frühling. Dann ist es oft kalt. Im Nektar von *Helleborus foetidus* siedeln sich Hefen an. Die vergären – teilweise – die Nektarzucker. Dabei entsteht Wärme. Die Blüten sind deshalb 2–4 °C wärmer als die Umgebung. Im Experiment wurden bis zu 6 °C gemessen. Hummeln, die in dieser Jahreszeit die wichtigsten Bestäuber sind, schätzen schon eine geringe Erwärmung und werden dadurch angelockt, obwohl bei diesen Gärungsprozessen Nektarzucker verbraucht wird (Herrera und Pozo, 2010). Bei *Helleborus foetidus* erwärmt sich also die Blüte nicht autonom, sondern mit Hilfe von symbiontischen Mikroorganismen, anders als beim Aronstab, der seinen Blütenstand selbst aufheizt (Schnepf, 2007).

Literaturhinweise

Herrera, C. M., Pozo, M. I.: Nectar yeasts warm the flowers of a winter-blooming plant. Proc. R. Soc. B. 277, 1827–1834 (2010).

Hillwig, M. S., Liu, X., Liu, G., Thornburg, R. W., MacIntosh, G. C.: *Petunia* nectar proteins have ribonuclease activity. J. Exp. Bot. 61, 29511–2965 (2010).

Schnepf, E.: Der Blütenstand des Aronstabes – Osmophor und Kesselfalle mit Kamin. Mikrokosmos 96, 65–74 (2007).

Eberhard Schnepf, Heidelberg

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

Bau und Funktion von Drehflieger-Diasporen
Teil 1: „Nur" ein Fichtensamen ... 200 Millionen Jahre effektive Verbreitung

Werner Nachtigall

Seit dem Jura haben sich unter den Nadelbäumen die Pinaceae (Kieferngewächse) erfolgreich auf der Nordhalbkugel verbreitet. Der Ausbreitung dienen geflügelte Samen mit exzentrisch ansitzendem Samenkorn. Sie gehören zu den Rotationsfliegern, die durch ihre Drehbewegung langsam abwärts sinken und sich dabei von Seitwinden weit über den Grund vertragen lassen. Dieses uralte und erfolgreiche Prinzip ist in späteren erdgeschichtlichen Perioden von einer Reihe von Laubbäumen „übernommen" worden.

Die Fichte, *Picea excelsa* oder *Picea abies*, trägt bis zu 15 cm lange Zapfen, die in der Reifeperiode abwärts hängen. Die charakteristischen Zapfenschuppen entsprechen Samenschuppen. Sie tragen in feinen Einbuchtungen der Innenseite (Abb. 1a) je zwei geflügelte, rund anderthalb Zentimeter lange Samen (Abb. 1b) mit einer zarten, distal breiteren Flugspreite und einem am spitzen Ende exzentrisch ansitzenden Samenkorn (Abb. 1c, 2).

Bei Trockenheit öffnen sich die hygroskopischen Samenschuppen und lassen die Samen nach und nach herausfallen. Aufgrund einer Reihe morphologischer Eigentümlichkeiten, zu denen die Form und Verwindung der Flügelspreite ebenso gehört wie die exzentrische Lage des Schwerpunkts, geraten diese Diasporen (Ausbreitungskörper) beim Absinken in rotierende Bewegung. Damit wird die Sinkgeschwindigkeit sehr deutlich verlangsamt. Bedeutung gewinnt diese Fallverzögerung allerdings erst, wenn Seitwinde vorhanden sind. Diese finden dann längere Einwirkungszeit vor, verdriften damit die Diasporen weiter über Grund und entfernen sie somit eine größere Strecke von der Mutterpflanze.

Bereits Dingler hat in einer bedeutsamen Arbeit über *Bewegungen pflanzlicher Flugorgane* aus dem Jahr 1889 dieses Prinzip richtig beschrieben: *Dieses verlangsamte Herabfallen hat an und für sich keine Bedeutung*. Dadurch wird aber *mehr oder weniger auch die Möglichkeit der seitlichen Fortbewegung gesteigert*.

Eine rasterelektronenmikroskopische Untersuchung gibt Einblicke in den strukturellen Feinbau dieser urtümlichen Rotationsflieger.

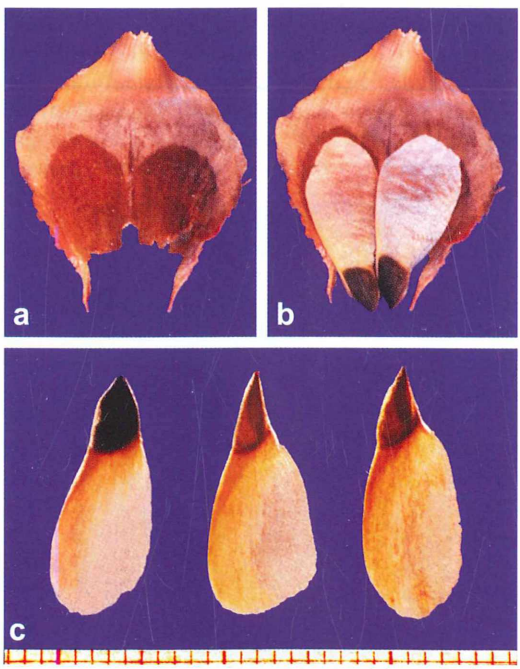


Abb. 1: Samenschuppen und Diasporen.
a Herausgebrochene Samenschuppen mit Abdrücken von zwei Diasporen. **b** Zwei Diasporen (bereits getrocknet) zur Verdeutlichung in die Schuppe eingelegt. **c** Drei trockene Diasporen, links mit Korn. Maßstab: mm.

© Elsevier GmbH. Copyright. Not to be republished in any form.

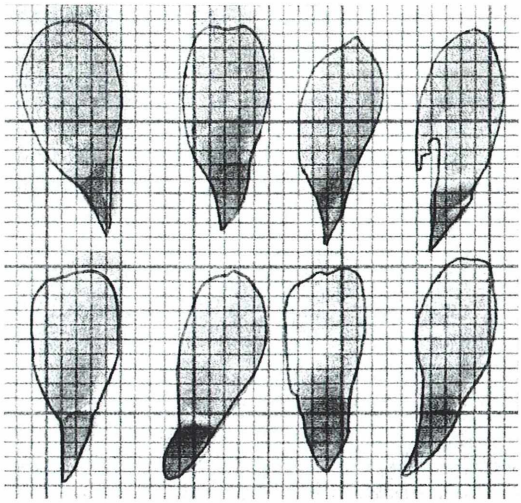


Abb. 2: Die acht vermessenen Diasporen zur Flächenbestimmung mit Millimeterpapier zusammenkopiert. Konturen nachgezogen.

Mit Absinkversuchen unter starkem Dauerlicht wurde die Form der Spiralbahn dokumentiert.

Rasterelektronenmikroskopie

Korn

Das etwa 4 mm lange und 2 mm breite, tiefbraune Samenkorn (Abb. 3a) ist tropfenförmig gestaltet, fein skulpturiert und am spitzen Ende leicht abgebogen. Es besitzt eine durchschnittliche Masse von etwas mehr als 10 mg (siehe unten) und schmiegt sich in das einseitig anliegende und an den Kanten etwas herumgebogene und verdickte spitze Ende der Flügelspreite (Abb. 3b) ein. Mit einer spitzen Pinzette lässt es sich leicht ablösen.

Flügelspreite

Die Spreite besteht aus langgestreckten, lufthaltigen Zellen mit verholzten Wänden (Abb. 3c, d). Diese formen eine Art Versteifungsstrahlen, die insbesondere an der verdickten Vorderkante, aber auch noch in der mittleren Region von der Basis distad ziehen. In Basisnähe ist die Spreite im Mittel etwa 35 µm dick (Abb. 3e), in Spitzennähe rund 20 µm (Abb. 3f). Die gesamte Spreite ist ganz leicht propellerartig verwunden. Die Endverwindung scheint sich aber erst nach vollständigem Austrocknen in der abgespreizten Samenschuppe herauszubilden; im anliegenden Zustand ist der Flügel eher flach (vgl. Abdrücke in Abb. 1a).

Morphometrie und Belastung

An n = 8 zufällig angewehten Diasporen wurden die Längen, die Flächen (durch Vergrößern und Zukopieren eines Millimeterpapiers, Abb. 2) und die Gewichte der Flügelspreite (über Mikrowägung) bestimmt. Es haben sich die folgenden Werte ergeben (Angaben im SI-System und immer formal auf zwei Kommastellen; 1 N ≙ 102 g):

Länge l
$= 1{,}45 \cdot 10^{-2} \pm 0{,}06 \cdot 10^{-2}$ m (± 3,84 %);

Fläche A
$= 5{,}25 \cdot 10^{-5}\ m^2 \pm 0{,}46 \cdot 10^{-5}\ m^2$ (± 8,75 %);

Gewicht Flügelspreite $F_{g\,F\,trocken}$
$= 2{,}11 \cdot 10^{-5}$ N $\pm 3{,}80 \cdot 10^{-6}$ N (± 18,50 %)

Nach 1 mg ≙ $9{,}81 \cdot 10^{-6}$ N entspricht die zum Gewicht dieser vollständig ausgetrockneten Flügelspreiten gehörende Masse 2,15 mg.
Das Gewicht der Samenkörner wurde aus der Summenwägung an n = 8 anderen Diasporen bestimmt, die halbgeöffneten Zapfen entnommen worden waren, in der Annahme, dass die Diasporen beim Herausfallen wohl noch nicht vollständig ausgetrocknet sind („halbtrocken"). In eckigen Klammern stehen die umgerechneten Werte von Dingler (1889), ermittelt an n = 66 Diasporen.
Es hat sich ergeben:

Gewicht Flügelspreite $F_{g\,F\,halbtrocken}$
$= 2{,}31 \cdot 10^{-5}$ N [$8{,}47 \cdot 10^{-6}$ N].

Gewicht Korn $F_{g\,K\,halbtrocken}$
$= 1{,}14 \cdot 10^{-4}$ N [$4{,}03 \cdot 10^{-5}$ N].

Das Korn wiegt also im Mittel 4,94-mal so viel [4,75-mal] wie seine Flügelspreite.

Gewicht gesamte Diaspore (Spreite + Korn)
$F_{g\,D\,halbtrocken} = 1{,}37 \cdot 10^{-4}$ N [$4{,}87 \cdot 10^{-4}$ N].

Das Korn alleine erreicht also etwa 83 % [83 %] des Gesamtgewichts, die Spreite nur rund 17 % [17 %].
Trotz der durchwegs anderen Absolutwerte bei Dingler (1889) stimmen die Relativwerte überein.

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

Aus den mittleren Gewichten F_g und der mittleren Spreitenfläche A berechnen sich die folgenden Flächenbelastungen $FB = F_g/A$:

$FB_{F\ trocken} = F_{g\ F\ trocken} / A$
$= 2{,}11 \cdot 10^{-5}\ N / 5{,}25 \cdot 10^{-5}\ m^2 = 0{,}40\ N\ m^{-2}$;

$FB_{F\ halbtrocken} = F_{g\ F\ halbtrocken} / A$
$= 2{,}31 \cdot 10^{-5}\ N / 5{,}25 \cdot 10^{-5}\ m^2 = 0{,}44\ N\ m^{-2}$;

$FB_{K\ halbtrocken} = F_{g\ K\ halbtrocken} / A$
$= 1{,}14 \cdot 10^{-4}\ N / 5{,}25 \cdot 10^{-5}\ m^2 = 2{,}17\ N\ m^{-2}$;

$FB_{D\ halbtrocken} = F_{g\ D\ halbtrocken} / A$
$= 1{,}37 \cdot 10^{-4}\ N / 5{,}25 \cdot 10^{-5}\ m^2 = 2{,}61\ N\ m^{-2}$.

Wichtig ist letztlich die Flächenbelastung der gesamten halbtrockenen Diaspore, $FB_{D\ halbtrocken}$. Die anderen Flächenbelastungs-Werte kennzeichnen die Wirkung der Austrocknung und der relativ beachtlichen Massen der Körner. Der Wert für $FB_{D\ halbtrocken} = 2{,}61\ N\ m^{-2}$ erreicht nicht die niederen Werte von *Taraxacum* und *Alsomitra* (Zanonie) (Nachtigall, 2009, 2011a, 2011b), ist aber deutlich geringer als bei Vögeln und technischen Gebilden, eine (von mehreren) Voraussetzungen für geringe Sinkgeschwindigkeiten:

Taraxacum 0,074 N m^{-2}, *Alsomitra* 0,34 N m^{-2} (entsprechend einer Auflage von 34 g – etwa 4 $^1/_2$ Eurostücke – pro Quadratmeter), Kleinvögel und Gleitschirme circa 20 N m^{-2}, Enten etwa 100 N m^{-2}, Boeing 747 circa 7000 N m^{-2}.

Wie groß sind nun die Sinkgeschwindigkeiten der gesamten Diaspore und ihrer Einzelelemente? Wie groß ist damit Reduktion der Sinkgeschwindigkeit des Korns alleine?

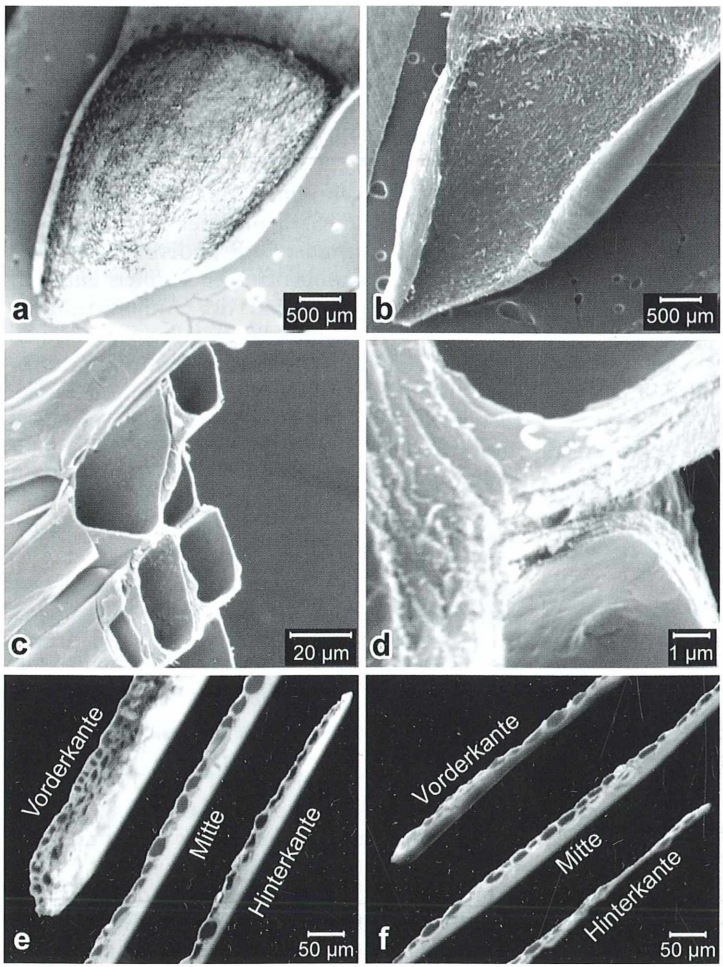


Abb. 3: REM-Aufnahmen. **a** Samenkorn mit Flügelansatz. **b** (anderer) Flügelansatz ohne Korn. **c** Luftgefüllte Zellen nahe dem Nüsschen. **d** Ausschnitt Zellwand-Kanten. **e** Schnitt durch den Flügel nahe dem Korn. **f** Schnitt durch den Flügel nahe der Spitze (Fotos: Alfred Wisser, Saarbrücken).

© Elsevier GmbH. All rights reserved. Author's personal copy

Sinkgeschwindigkeiten und Drehzahlen

Methodik

Fotografische Registrierungen wurden wie folgt durchgeführt (Abb. 4a). Zwei gegen die Kamera (K) abgeschirmte Nitraphot-Tiefstrahler 500 W (T) beleuchteten von zwei Seiten die Messstrecke (M; in der Abbildung ist ein Dummi eingesetzt), durch die aus 47 cm Höhe über Messmitte, elektromagnetisch ausgelöst (A), die Diaspore fällt. Eine 1 m^2-Platte SP, beklebt mit schwarzem Samtpapier, in 1,5 m Abstand diente als Hintergrund. Belichtet wurde mit der Kameraeinstellung (Olympus 2n, 13.5-cm-Objektiv) „$^1/_4$ s", die nach Eichung mit einem seinerseits geeicht mit einer Umdrehung pro Sekunde gegen schwarzem Hintergrund rotierendem weißen Zeiger exakt 0,21 s dauerte (Abb. 4b; Registrierbeispiele in Abb. 4c–g). Über einen mitfotografierten 10-cm-Maßstab konnte die genaue Sinkgeschwindigkeit berechnet werden. Verwendet wurde 100 ASA-Diafilm bei Blende 8.

Ergebnisse

Mit der beschriebenen Versuchseinrichtung wurde je eine typische „normalgroße" (l = 14 mm, A = 52 mm^2, m = 13,30 mg, FB = 2,56 N m^{-2}) und eine seltene „große" Diaspore (andere Art?) (l = 21 mm, A = 101,50 mm^2, m = 21,20 mg, FB = 2,06 N m^{-2}) so lange im Absinkversuch untersucht, bis je n = 3 ÷ 6 vollständig auswertbare Registrierungen nach Art der Abbildung 5 erhalten worden waren. Es haben sich die Daten von Abbildung 6 ergeben. Hierin bedeuten die Abkürzungen Mittelwerte von:

v_{sink} Sinkgeschwindigkeit in cm s^{-1}

f_{rot} Rotationsfrequenz in Umdrehungen s^{-1}

$s_{rel\ sink}$ Sinkweg pro Umdrehung in cm

n_{rel} relative Umdrehungszahl = Zahl der Umdrehungen pro 10 cm Sinkstrecke

$s_{Umfang\ 2/3} = 4/3\ l\ \pi$ = bei einer Umdrehung bei $^2/_3$ l abgerollte Umfangs-Strecke in cm

$\varepsilon = s_{Umfang\ 2/3}/s_{rel\ sink} = v_{Umfang\ 2/3}/v_{rel\ sink}$ = „Gleitzahl"

β = arc cotg ε = Steigungswinkel für ein „Gleitdreieck" mit der Höhe $s_{rel\ sink}$ und der Basis $s_{Umfang\ 2/3}$

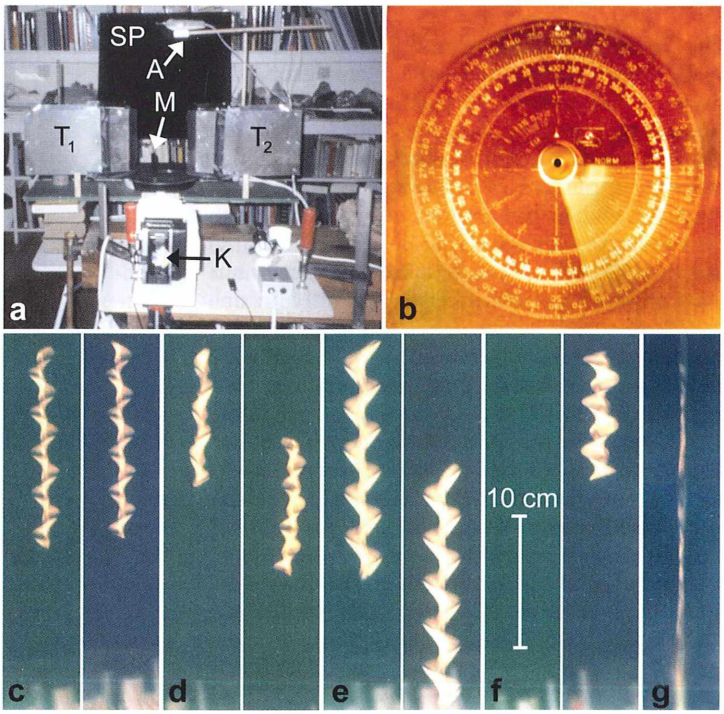


Abb. 4: Versuchsanordnung, Verschlusseichung und Registrierungen bei Dauerlicht. **a** Versuchsanordnung; Abkürzungen siehe Text. **b** Eichung der eingestellten „$^1/_4$ s" auf 0,21 s. **c–g** Je zwei Beispiele für Registrierungen unter Dauerlicht. Belichtungszeit 0,21 s, Eichstrecke bei f eingezeichnet. Vergleiche *Methodik*. **c** „Normalgroß", mit Korn. **d** links unklar, rechts „Normalgroß", ohne Korn. **e** „Groß", mit Korn. **f** „Groß", ohne Korn. **g** Normalgroßes Korn alleine (Bahnausschnitt).

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

$v_{Umfang\ 2/3} = s_{Umfang\ 2/3} \cdot f_{rot}$ = Umfangsgeschwindigkeit bei $^2/_3$ l in cm s^{-1}
$v_{Spiralbahn} = \sqrt{(v_{sink}^2 + v_{Umfang}^2)}$ = Anströmungsgeschwindigkeit (auf Spiralbahn)
$t_{2/3}$ = Flügeltiefe bei $^2/_3$ l in cm
$Re_{t\ 2/3} = (v_{Spiralbahn} \cdot t_{2/3}) / \nu$ = Reynoldszahl (mit v in m s^{-1}, t in m, $\nu_{Luft\ 20°\ C} = 1{,}51 \cdot 10^{-5}\ m^2\ s^{-1}$) (vgl. Nachtigall, 1978)

Die statistischen Kenngrößen waren:

Sinkgeschwindigkeiten v_{sink} (cm s^{-1}):

Normalgroß, mit Korn:	67,37 ± 1,54 (± 2,29 %); n = 4 [bei Dingler (1889) 50 ÷ 81; n = 17]
Normalgroß, ohne Korn:	48,20 ± 2,74 (± 5,69 %); n = 6
Groß, mit Korn:	83,69 ± 0,72 (± 0,86 %); n = 3
Groß, ohne Korn:	48,85 ± 3,54 (± 7,24 %); n = 3

Rotationsfrequenzen f_{rot} (U s^{-1}):

Normalgroß, mit Korn:	23,09 ± 1,18 (± 5,13 %); n = 4
Normalgroß, ohne Korn:	13,50 ± 1,04 (± 7,72 %); n = 6
Groß, mit Korn:	24,08 ± 0,68 (± 2,84 %); n = 3,
Groß, ohne Korn:	14,05 ± 1,19 (± 8,47 %); n = 3.

Die gekürzten Rechenwerte der Abbildung 6 sind aus den Mittelwerten dieser Messwerte berechnet worden.

Diskussion der Sinkversuche bei Dauerlicht („streak"-Aufnahmen)

Der Vergleich der Mess- und Rechenwerte von Abbildung 6, zunächst für die normalgroße Diaspore, lässt einige charakteristische Unterschiede erkennen. Im Vergleich zur kompletten Diaspore sinkt der Flügel alleine um 28 % langsamer und mit um 39 % geringerer Rotationsfrequenz ab. Die pro Umdrehung zurückgelegte Sinkstrecke steigt um 24 %, die pro 10 cm auftretende Zahl der Rotationen sinkt dagegen um 18 %. Die Neigungswinkel der Spiralbahn unterscheiden sich wenig. Die Umfangsgeschwindigkeit ist um 40 % geringer. Ähnliches gilt für die „große" Diaspore, doch unterscheiden sich hier die pro Umdrehung zurückgelegte Sinkstrecke und die pro 10 cm auftretende Zahl der Rotationen nicht; die Neigungswinkel sind gleich, aber kleiner. Die Reynoldszahlen bewegen sich in dem Bereich, in dem größere Fliegen fliegen, beispielsweise die Schmeißfliege. Hier ist die Gleitzahl (auch als Auftriebs-Widerstands-Verhältnis zu definieren) „schlecht", nicht größer als 2 ÷ 3 (Nachtigall, 1978 für biologische Beispiele). Am besten arbeitet hier noch ein ebenes oder nur sehr schwach gewölbtes

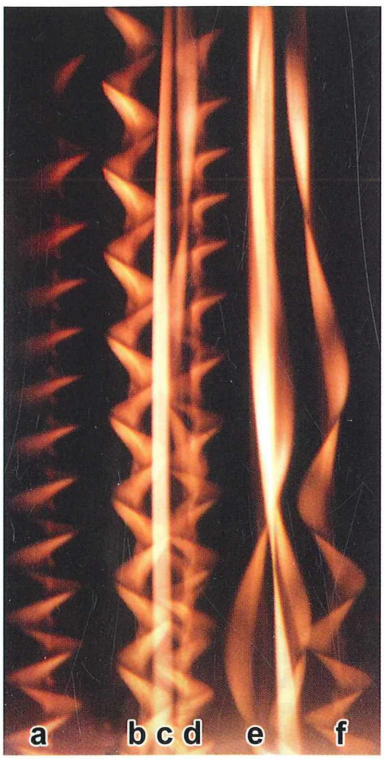


Abb. 5: Ausschnitte aus Absinkbahnen normalgroßer Diasporen. **a, b, d** rotierend. **c** nicht rotierend. **e** Beginn Übergang in die Rotation etwa ab dem 3. Bilddrittel. **f** Übergang in die Rotation etwa ab dem 2. Bilddrittel, unten vollständige Rotation.

© Elsevier GmbH. Für den persönlichen und nichtkommerziellen Gebrauch bestimmt.

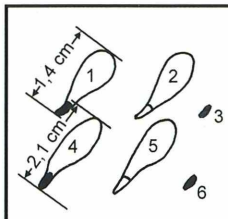
	normalgroß; vollständig	normalgroß; ohne Korn	normalgroß; nur Korn	groß; vollständig	groß; ohne Korn	groß; nur Korn
	1	2	3	4	5	6
v_{sink} (cm s^{-1})	67	48	321	84	49	370
$f_{rot.}$ (U s^{-1})	23	14		24	14	
$s_{rel\ sink}$ (cm U^{-1})	2,9	3,6		3,5	3,5	
n_{res} (U (10 cm)$^{-1}$)	3,4	2,8		2,9	2,9	
$s_{Umfang\ 2/3}$ (cm)	5,8	5,8		8,8	8,8	
ϵ (-)	2,0	1,6		2,5	2,5	
β (°)	27	32		22	22	
$v_{Umfang\ 2/3}$ (cm s^{-1})	133	81		167	123	
$v_{Spiralbahn}$ (cm s^{-1})	151			187		
$t_{2/3}$ (cm)	0,55			0,65		
$Re_{t2/3}$ (-)	$5{,}5 \cdot 10^2$			$8{,}1 \cdot 10^2$		

Abb. 6: Ergebnisse der Sinkversuche mit einer „normalgroßen" (1–3) und einer „großen" (4–6) Diaspore. Definition der Kenngrößen und statistische Angaben zu den Messwerten im Text.

Blatt. In anatomischer Entsprechung der physikalischen Gegebenheiten sind Fliegenflügel oder Fichten-Diasporen so geformt.

Man kann also sagen, dass die Zusatzmasse des Korns die Sinkgeschwindigkeit des Flügels alleine verständlicherweise zwar vergrößert, dabei aber durch Vergrößerung der Rotationsfrequenz und damit auch der Umfangsgeschwindigkeit die anderen Parameter, grob betrachtet, konstant hält. Die Flügelform ist für diesen Bereich ideal. Der „Sinkschrauber" Fichten-Diaspore verfügt über ein bereits ausgereiftes Flügel-Rotationssystem eigener Charakteristik, das die Zusatzbelastung durch das Korn abfangen kann. Analog verfügt ein konventionelles Flugzeug über eine hochentwickelte Flug-Charakteristik, mit der die Zusatzbelastung durch Passagiere, Treibstoff und Fracht abgefangen werden kann.

Auffallend war, dass die untersuchten Diasporen in nicht voraussagbaren Einzelfällen nicht rotierten. Offenbar reichte die Einschwingzeit zum stationären Rotationszustand bei der gegebenen Fallhöhe dann nicht aus, wenn die Diasporen aus einer besonders ungeschickten Lage gestartet worden waren. In anderen Fällen wurde der Übergang „nicht rotierend" → „rotierend" zufällig registriert (Abb. 5e, f). Daraus kann man das Einschwingverhalten ersehen. Die Diaspore dreht sich aus dem nicht rotierenden Fall zuerst langsam mit steiler Spirale, dann rascher, bis sie die flache Endspirale und konstante Fallgeschwindigkeit erreicht hat. Für den Gesamtvorgang braucht sie etwa 10 cm Fallstrecke, die sie in rund 0,1 s durcheilt. Direkt nach dem Ausfallen aus einem Zapfen rotiert die Diaspore noch nicht. Rotation setzt etwa nach 15 bis 60 cm Fallstrecke ein, im Mittel vielleicht nach 25 cm.

Besonders beeindruckend wird die Reduktion der Sinkgeschwindigkeit, wenn man sie vom Standpunkt des Samenkorns betrachtet. Setzt man die Sinkgeschwindigkeit des Korns, abgelöst untersucht, gleich 100 % (sie beträgt, wie in der Folgearbeit an Hand stroboskopischer Aufnahmen ausführlicher dargestellt werden wird, 321 cm s^{-1}), so ergibt sich im Vergleich:

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

$v_{\text{Korn alleine}} = 321\ \text{cm s}^{-1} \triangleq 100\,\%,$

$v_{\text{Korn mit Flügel, nicht rotierend}} = 171{,}27\ \text{cm s}^{-1} \triangleq 53{,}36\,\%,$

$v_{\text{Korn mit Flügel, rotierend}} = 67{,}37\ \text{cm s}^{-1} \triangleq 20{,}99\,\%.$

Bei der „großen" Diaspore entspricht der letztgenannte Wert 22,7 %. Der Flügelansatz kostet im Aufbau zwar Stoffwechselenergie, reduziert aber die Sinkgeschwindigkeit des Korns bereits als nicht rotierendes „Reibungsblatt" um 47 %. Das zusätzliche Rotieren, das keinen zusätzlichen Massenanteil sondern nur eine günstige Massenverteilung und Formgebung voraussetzt, reduziert diesen bereits günstigen Wert nochmals um 61 % dieses letzteren Wertes.
Die erreichte Gesamtreduktion um nicht weniger als 80 % ist erstaunlich groß und kennzeichnet die Effizienz dieser Neueinrichtung des Jura, die sich nun an die 200 Millionen Jahre bewährt hat.

Danksagung

Der Verfasser dankt Dr. Alfred Wisser, Saarbrücken, für Feinwägungen, REM-Aufnahmen und die reprofertige Zusammenstellung der Abbildungen.

Literaturhinweise

Dingler, H.: Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane. Ein Beitrag zur Physiologie der passiven Bewegungen im Pflanzenreich. Ackermann, München 1889.
Nachtigall, W.: Die Bedeutung der Reynoldszahl und der damit zusammenhängenden strömungsmechanischen Phänomene in der Schwimmphysiologie und Flugbiophysik. Fortschr. Zool. 24, 13–56 (1977).
Nachtigall, W.: Biomechanik von Flugsamen.Teil 2: Stabilität und Verbreitung der Fallschirmchen des Löwenzahns. Mikrokosmos 98, 198–205 (2009).
Nachtigall, W.: Nurflügler-Samen von *Alsomitra macrocarpa* – Die besten pflanzlichen Gleitflieger der Welt. Teil 1: Funktionsmorphologie und Gleitflug. Mikrokosmos 100, 223–231 (2011a).
Nachtigall, W.: Nurflügler-Samen von *Alsomitra macrocarpa* – Die besten pflanzlichen Gleitflieger der Welt. Teil 2: Optimierung und Größenvergleich. Mikrokosmos 100, 273–279 (2011b).

Verfasser: Prof. em. Dr. rer. nat. Werner Nachtigall, Außenstelle Universität des Saarlands zur Arbeitsstelle für Technische Biologie und Bionik der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz. Postanschrift: Universität, Bau A 2.4, Raum 043, 66041 Saarbrücken,
E-Mail: w.nachtigall@mx.uni-saarland.de

Kurze Mitteilung

Ohne die plastidäre RNase E sind der RNA-Metabolismus und die Bildung der Ribosomen in den Plastiden stark gestört

Die Ribonuklease E (RNase E) ist ein Schlüsselenzym des RNA-Metabolismus von Bakterien. Sie ist für ihr Überleben notwendig. Die Plastiden, die ja von Eubakterien abstammen, enthalten ebenfalls eine RNase E. Diese ist kerncodiert. Walter et al. (2010) manipulierten Pflanzen von *Arabidopsis thaliana* mit der „knock out" Methode und erzeugten so Pflanzen ohne RNase E. Diese waren zwar lebensfähig, aber sie wuchsen nur sehr schlecht. Die oben genannte Forschergruppe wies nach, dass der RNA-Metabolismus in den Plastiden bei ihnen stark gestört ist. RNA-Vorläufer-Transkripte akkumulierten, weil sie nicht mehr weiter modifiziert wurden. Die Menge der Ribosomen war verringert, wahrscheinlich weil die Reifung von Transkripten für ribosomale Proteine gestört war. Diese Untersuchungen zeigen, wie komplex das molekulare Geschehen bei der Entwicklung der Zelle ist und wie wichtig das Bearbeiten bereits gebildeter RNA dabei ist.

Literaturhinweis

Walter, M., Papenburg, K., Schöttler, M. A., Petersen, K., Kahlau, S., Tiller, N., Drechsel, O., Weingartner, M., Kuella, J., Bock, R.: Knock out of the plastid RNase E leads to defective RNA processing and chloroplast ribosome deficiency. Plant J. 64, 851–863 (2010).

Eberhard Schnepf, Heidelberg

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

Variabler Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (VPDK) – Eine Methode zur verbesserten Darstellung von Objekten mit hohen regionalen Dichteunterschieden

Timm Piper

Eine lichtmikroskopische Darstellung von Objekten, welche sowohl phasenverschiebende als auch lichtabsorbierende und reflektierende Strukturen aufweisen, kann bei Anwendung herkömmlicher Verfahren diverse Schwierigkeiten bereiten. Hellfeldansichten sind bekanntermaßen dadurch gekennzeichnet, dass optisch dichte Objekte durch Lichtabsorption kontrastiert werden und bei hinreichender Transparenz in ihrer Eigenfarbe erscheinen. Sobald jedoch die optische Dichte abnimmt, verringert sich der Kontrast zunehmend, sodass Phasenobjekte gegebenenfalls unsichtbar werden (Determann und Lepusch, 1981a). Strukturen mit besonders hoher optischer Dichte sind bei Dunkelfeldbeleuchtung meist mit erheblichen Randüberstrahlungen behaftet, wodurch feinere Details mit geringerer optischer Dichte überlagert werden können. Als weiterer Nachteil dieser Beleuchtungsart gilt, dass die Darstellbarkeit von Objekten mit hoher Raumtiefe durch geringe Tiefenschärfe limitiert ist und das Maximum der 0. Ordnung ausgeblendet wird (Determann und Lepusch, 1981b). Auch im Phasenkontrast ist die Tiefenschärfe begrenzt und kann durch Abblenden nicht erhöht werden; Strukturen mit besonders geringer Dichte werden jedoch exzellent erfasst. Dickere Objekte treten hingegen nur Silhouetten-ähnlich in Erscheinung, sodass ihre Eigenfarbe und vorhandene feine Details folgerichtig weitestgehend verloren gehen (Determann und Lepusch, 1981c).

Vor diesem Hintergrund wurde Variabler Phasen-Dunkelfeld-Kontrast (VPDK) entwickelt, mit welchem sich insbesondere Objekte wechselnder optischer Dichte in verbesserter Qualität erfassen lassen, da die Vorteile mindestens zweier Beleuchtungsarten zum Tragen kommen und die Nachteile der erwähnten Standardmethoden abgeschwächt werden.

Prinzip des VPDK

Das Prinzip des Variablen Phasen-Dunkelfeld-Kontrastes besteht darin, dass zeitgleich erzeugte Dunkelfeld- und Phasenkontrast-basierte Teilbilder überlagert werden, wobei deren Intensitäten stufenlos und unabhängig voneinander reguliert werden können. Zusätzlich kann durch geringfügiges Dejustieren der beleuchtenden Strahlen ein Hellfeldanteil von geringer Intensität beigemischt werden.

Um diese Beleuchtungsvariante umzusetzen, müssen die in einem Phasenkontrast-Kondensor vorhandenen Lichtmasken dahingehend modifiziert werden, dass neben dem üblicherweise vorhandenen Lichtring für Phasenkontrastbeleuchtung ein zweiter, größer dimensionierter Lichtring vorzusehen ist, der sich außerhalb des optisch wirksamen Objektivquerschnittes projiziert und ein zusätzliches Dunkelfeld-Teilbild erzeugt (Strahlengangskizze in Abb. 1). Dabei kann die Intensität des Dunkelfeld-Teilbildes über die im Kondensor vorhandene Aperturblende stufenlos verringert werden. Die Dominanz des Phasenkontrastbildes kann analog angepasst werden, indem die Gesamtfläche des zugehörigen Lichtringes beispielsweise durch teilweises Abdecken verringert wird oder mehrere punktuelle Lichtdurchlässe den ansonsten kreisrund gestalteten Lichtring ersetzen. Die korrekte Justierung kann durch eine Einstelllupe kontrolliert werden (Abb. 2).

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

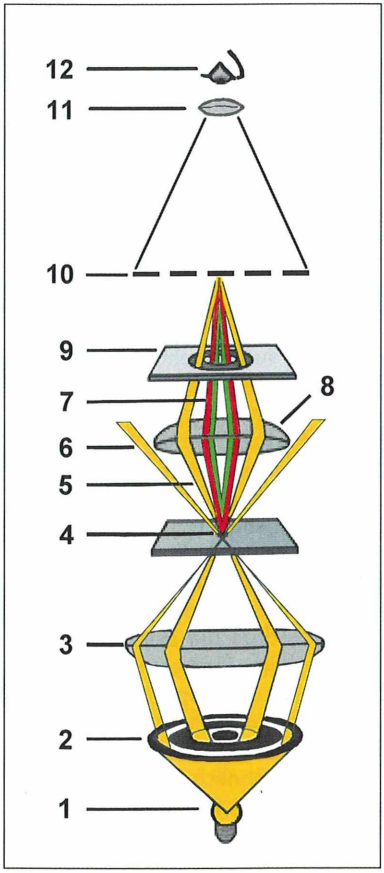


Abb. 1: Strahlengang im VPDK. Lichtquelle (1), Lichtmaske mit Doppelringsystem (2), Kondensorlinse (3), Objekt (4), beleuchtende Strahlen für Phasenkontrast (5) und Dunkelfeld (6), bildgebende Strahlen (7) für Phasenkontrast (grün) und Dunkelfeld (rot), Objektiv (8), Phasenplatte mit Phasenring (9), Zwischenbild (10), Okular (11), Auge (12).

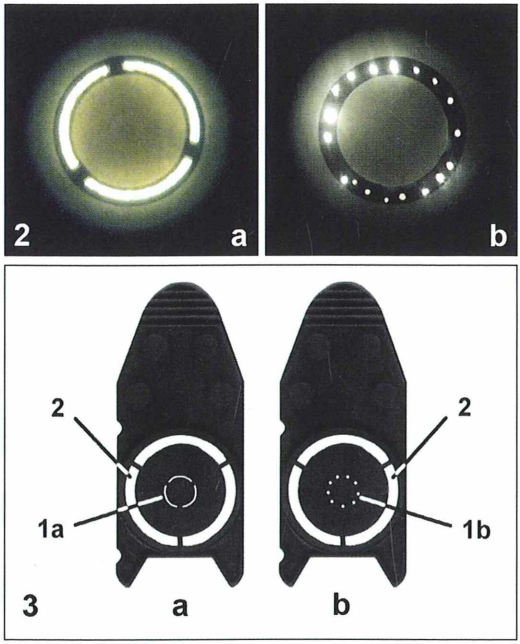


Abb. 2: Justierungskontrolle mit Einstelllupe; herkömmlicher Phasenring (**a**) und kreisförmig angeordnete Perforationen zur Verringerung der Durchtrittsfläche (**b**). – **Abb. 3:** Schablonen für modifizierte Lichtmasken auf Schiebern, schmaler kreisbogiger Lichtdurchlass (1a) für Phasenkontrast (Schieber **a**), kreisförmig angeordnete Perforationen (1b) für Phasenkontrast (Schieber **b**), Lichtdurchlässe für Dunkelfeldbeleuchtung (2).

Durch geringfügiges Dejustieren der Lichtmaske kann eine Hellfeldbeleuchtung von geringer Intensität hinzugefügt werden. Auf diese Weise können die für Phasenkontrast typischen Haloeffekte abgeschwächt werden, ohne dass die Deutlichkeit abgebildeter Phasenstrukturen nennenswert abnimmt. Gleichzeitig können absorbierende Objektanteile klarer sichtbar werden.

Praktische Umsetzung

Wenn die Lichtmasken innerhalb des Phasenkontrastkondensors unzugänglich sind und daher nicht ohne Weiteres mit den für VPDK erforderlichen Doppellichtringen versehen werden können, empfehlen sich Mikroskope, deren Phasenkontrast- und Dunkelfeldbeleuchtung nicht über fest im Kondensor eingebaute Lichtringe erfolgt, sondern über auswechselbare Lichtmasken auf Filterschiebern, welche unmittelbar oberhalb der Aperturblende in einen hierfür vorgesehenen Filterschlitz eingeführt werden können. Unter diesen Umständen lassen sich mit vergleichsweise geringem Aufwand Prototypen anfertigen, indem die vom Hersteller angebotenen Filterschieber für Phasenkontrast oder Dunkelfeldbeleuchtung mit den für VPDK erforderlichen Lichtringkombinationen ausgestattet werden (Abb. 3). Größere Abweichungen von den originalen Lichtringen können vermieden werden, wenn der neu konzipierte Doppellichtring auf der Basis eines Filterschiebers für Phasenkontrastbeleuchtung

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

Abb. 4: Vielborster, Nordsee, Horizontale Feldweite (HFW): 0,7 mm, Objektiv 10×. Phasenkontrast (**a**), Dunkelfeld (**b**), VPDK (**c**).

konstruiert wird. Da in diesem Fall nur noch der Lichtring für Dunkelfeldbeleuchtung ausgestanzt werden muss, wird das Risiko minimiert, den wesentlich filigraneren Phasenkontrastlichtring überdimensioniert oder fehljustiert zu gestalten. Grundsätzlich können aber auch beide Lichtringe von Hand ausgestanzt werden, vor allem dann, wenn der Phasenkontrast erzeugende Lichtdurchlass aus kreisförmig angeordneten Perforationen bestehen soll.
Bei der Herstellung solcher auswechselbarer Beleuchtungsschieber ist vorteilhaft, wenn die werksseitig vorgesehenen Maße für Dunkelfeld- und Phasenkontrast erzeugende Lichtringe bekannt sind und genutzt werden können.

Ergebnisse

Die folgenden Bildbeispiele sollen veranschaulichen, inwiefern durch Überlagerung zweier Dunkelfeld-und Phasenkontrast-basierter Teilansichten die in einem Bild vorhandene und wünschenswerte Gesamtinformation steigt. Keine der hier vorgestellten Aufnahmen wurde mit Stacking-Software hinsichtlich Tiefenschärfe optimiert. Es handelt sich ausschließlich um Einzelaufnahmen, welche den realen Seheindruck wiedergeben.
Der in Abbildung 4 gezeigte Borstenwurm kann hinsichtlich seiner Weichteilstrukturen im Phasenkontrast gut dargestellt werden (Abb. 4a). Zusätzlich vorhandene reflektierende Details, im gezeigten Beispiel die zahlreichen Borsten, treten allerdings in geringerer Deutlichkeit hervor. Diese leuchten hingegen im Dunkelfeld hell auf und kommen differenzierter zur Abbildung (Abb. 4b). Die für Dunkelfeld typischen Überstrahlungseffekte erfordern allerdings starkes Abblenden und kurze Belichtungszeiten, infolgedessen die wenig reflektierenden Weichteile nicht zu der in diesem Bild sichtbaren Gesamtinformation beitragen. Schließlich leuchten im neu entwickelten VPDK die Borsten gemäß Dunkelfeldbeleuchtung haarfein auf, ohne nennenswerte Überstrahlungen hervorzurufen, während die im Hintergrund des Phasenkontrastbildes sichtbaren Begleitstrukturen mit steigender Tiefenschärfe das erhaltene Resultat komplettieren (Abb. 4c). Desweiteren lässt sich mit solcher Kombination aus Phasenkontrast- und Dunkelfeldteilbildern der Ursprung der Borsten auch in dichteren Weichteilstrukturen besser nachvollziehen.
Bei der Überlagerung zweier Phasenkontrast- und Dunkelfeld-artiger Bilder erscheint es

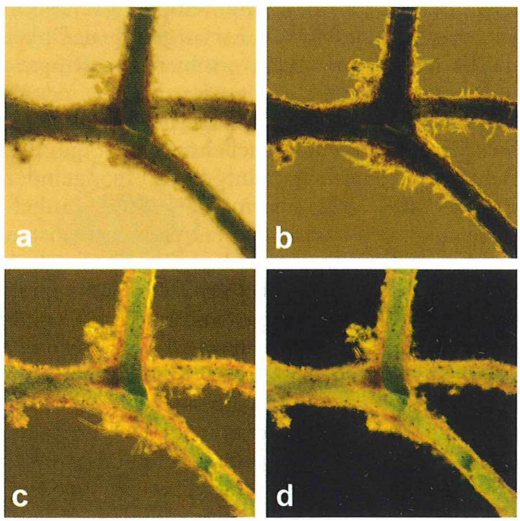


Abb. 5: Fadenalge, Frischpräparat, HFW: 0,8 mm, Objektiv 10×. Hellfeld (**a**), Phasenkontrast (**b**), VPDK (**c**), Dunkelfeld (**d**).

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

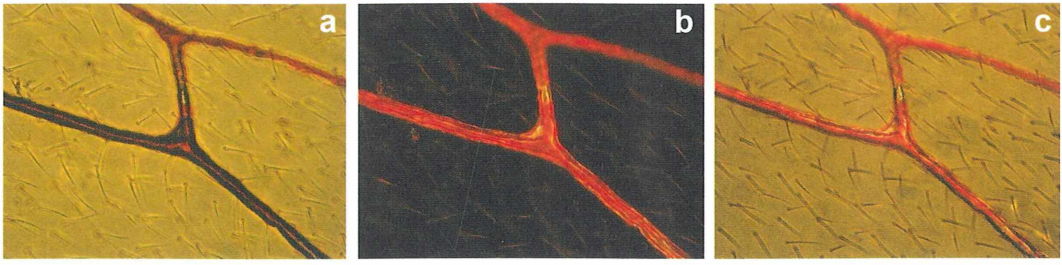


Abb. 6: Insektenflügel, HFW: 0,8 mm, Objektiv 10×. Phasenkontrast (**a**), Dunkelfeld (**b**), VPDK (**c**).

außerdem vorteilhaft, dass Strukturen mit hoher optischer Dichte und Schichtdicke, welche im Phasenkontrast nur dunkel und Silhouettenartig erscheinen, bei gleichzeitiger Dunkelfeldbeleuchtung in ihrer Eigenfarbe aufleuchten und wesentlich mehr Details erkennen lassen. Bei der in Abbildung 5 gezeigten Fadenalge sind im Hell- und Dunkelfeld (Abb. 5a und d) im Wesentlichen nur Strukturen innerhalb des Algenfadens erkennbar, während im Gegensatz zum Phasenkontrast (Abb. 5b) die angelagerten feineren Partikel weniger deutlich abzugrenzen sind. Im VPDK werden hingegen sämtliche Komponenten des Präparates in vergleichbar hoher Deutlichkeit abgebildet (Abb. 5c).

Dieses für VPDK geltende Charakteristikum zeigt sich auch bei der Darstellung eines Insektenflügels (Abb. 6). Typischerweise werden im Phasenkontrast feine Strukturen, in diesem Beispiel aus der „Bespannung" empor wachsende Härchen, besonders klar hervorgehoben. Dabei gehen die Eigenfarben verschiedener Rippen, welche das Licht stärker absorbieren, jedoch weitestgehend verloren (Abb. 6a). Zwar sind diese bei Dunkelfeldbeleuchtung infolge Reflektion ersichtlich, aufgrund mangelnder Tiefenschärfe und übermäßiger Hell-Dunkel-Kontraste treten sämtliche Härchen auf Kosten der Gesamtinformation jedoch nicht zufriedenstellend in Erscheinung (Abb. 6b). Schließlich kommen durch Überlagerung beider Teilbilder im VPDK die Vorteile sowohl einer Dunkelfeld- als auch einer Phasenkontrastbeleuchtung zum Tragen (Abb. 6c). Dank VPDK werden demzufolge die Rippen gemäß ihrer Eigenfarbe ebenso erfasst, wie abseits gelegene diverse Härchen auf der Haut des Flügels. Bei Vergleichsziehung zu herkömmlichen Verfahren liegt die Tiefenschärfe deutlich höher. Zusätzlich sind Plastizität und Dreidimensionalität gesteigert, da das Objekt zeitgleich aus unterschiedlichen Winkeln beleuchtet wird. Neben solch vorbeschriebenen relativ dichten, mit Eigenfarbe versehenen Objekten lässt sich VPDK auch bei farblosen transparenten und dreidimensionalen Objekten vorteilhaft anwenden.

Wie in Abbildung 7 veranschaulicht wird, bietet die hier vorgestellte Methode auch bei farblosen kristallinen Objekten Vorteile. In der gezeigten Alaun-Kristallisation stellen Phasenkontrast (Abb. 7a) und Dunkelfeld (Abb. 7d) jeweils andere Details deutlich dar, so dass durch Kombination beider Beleuchtungsarten eine überlegene visuelle Gesamtinformation erreicht wird. Zusätzlich kann die Hintergrundhelligkeit variabel angepasst werden (Abb. 7b und c).

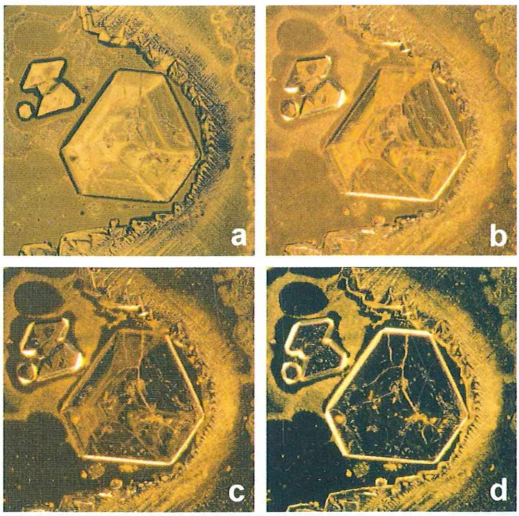


Abb. 7: Alaunkristalle, HFW: 1,0 mm, Objektiv 10×. Phasenkontrast (**a**), VPDK mit Dominanz von Phasenkontrast (**b**) und Dunkelfeld (**c**), normales Dunkelfeld (**d**).

© Elsevier GmbH. Alle Rechte

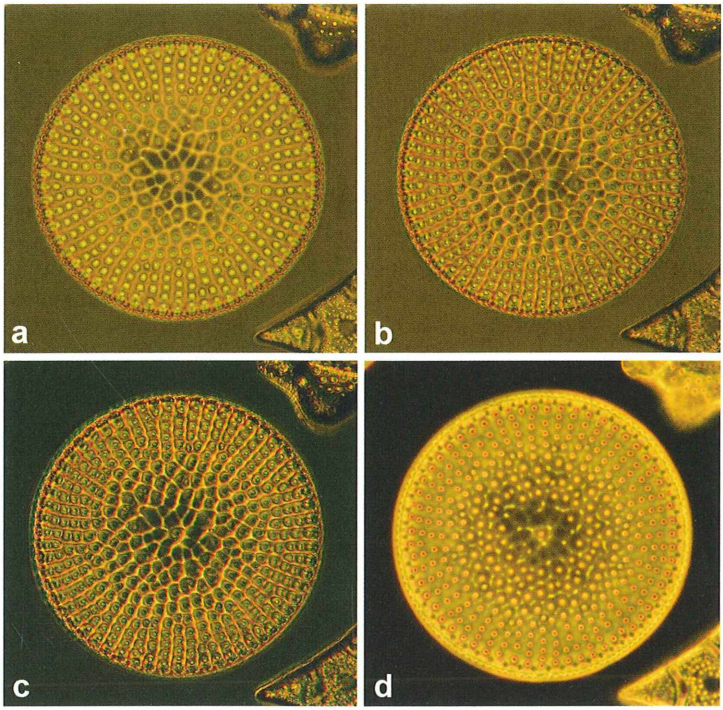


Abb. 8: Diatomee, Durchmesser 0,12 mm, Objektiv 40×. Phasenkontrast (**a**), VPDK mit Dominanz von Phasenkontrast (**b**) und Dunkelfeld (**c**), normales Dunkelfeld (**d**).

Einen eindrucksvollen Beleg dafür, dass VPDK auch im höheren Vergrößerungsbereich zu verbesserten Ergebnissen führen kann, bieten Aufnahmen einer Diatomee (Abb. 8). Es ist ersichtlich, dass bei Vergleichsziehung zu herkömmlichem Phasenkontrast (Abb. 8a) und Dunkelfeld (Abb. 8d) auch hier Tiefenschärfe und Plastizität durch VPDK gesteigert werden können (Abb. 8b und c), wobei durch Verringerung von Halo-Artefakten und Überstrahlungen die randbildenden Konturen der Diatomee klarer abgegrenzt werden. Desweiteren weist die mit VPDK erzeugte Dunkelfeld-dominierende Ansicht (Abb. 8c) wesentlich erhöhten Kontrast auf.

Mögliche technische Weiterentwicklungen

Bei der beschriebenen Auslegung von Phasenkontrast und Dunkelfeld erzeugenden Lichtringen können also stufenlose Übergänge von Dunkelfeld zu Phasenkontrast erreicht werden, indem die Öffnungsweite der Aperturblende verändert wird; das Objekt wird hierbei von peripher einfallendem Licht beleuchtet. Neben dieser ausschließlich Kondensor-basierten Ausführungsvariante kann VPDK auch mit axialem Beleuchtungslicht realisiert werden. Hierfür ist die Phasenplatte im Objektiv so umzugestalten, dass sich im Mittelpunkt des Phasenringes ein kleinflächiger runder Lichtstopper befindet. Außerdem ist im Mittelpunkt des Phasenkontrast erzeugenden Lichtrings im Kondensor ein mittig in der optischen Achse gelegener punktueller Lichtdurchlass erforderlich. Dieser erzeugt in Zusammenwirken mit

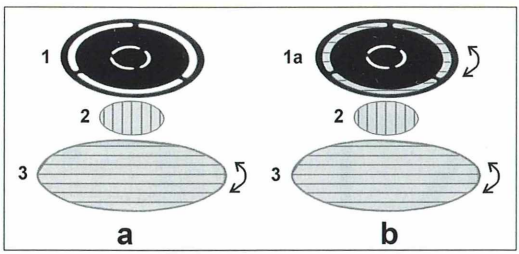


Abb. 9: Polarisationsoptische Montierungen für VPDK, Polfilter zur selektiven Regulierung der Phasenkontrast-Beleuchtung (**a**) und beider Beleuchtungskomponenten (**b**), Lichtmaske mit alleiniger Filterbestückung des inneren Lichtrings (1) und beider Lichtringe (1a), Polfilter zur Bedeckung des inneren Lichtringes (2), drehbare Polfilterplatte (3).

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

dem Lichtstopper ein axiales Dunkelfeld-Teilbild, indem das Beleuchtungslicht durch diesen vollständig abgedeckt wird. Hierbei lässt sich die Intensität des Dunkelfeld-Teilbildes verringern und der Hintergrund des Summationsbildes dezent aufhellen, wenn die Lichtmaske geringfügig aus ihrer zentrierten Position verschoben wird, sodass ein kleiner Anteil des Beleuchtungslichts an Lichtstopper und Phasenring vorbeiläuft. Bei dieser axialen Ausführungsvariante des VPDK können die für Dunkelfeld typisch erscheinenden Randüberstrahlungen gemindert werden, während die Darstellbarkeit speziell feiner Strukturen zunimmt, da das Objekt zunächst lotrecht durchleuchtet und das axiale Beleuchtungsbündel erst nach Passieren des Objektes geblockt wird.

Wie in Abbildung 9 für Kondensor-basierten VPDK exemplarisch skizziert wird, kann die Beleuchtung mit polarisationsoptischen Hilfsmitteln noch optimaler an das Objekt angepasst werden. Zu diesem Zweck ist der Phasenkontrast-erzeugende Lichtring mit einem kleinflächigen, in seiner Größe angepassten Polfilter auszulegen und unterhalb der Lichtringmaske eine größer dimensionierte Polfilterplatte zu positionieren (Abb. 9a). Auf diese Weise lässt sich die Dominanz des Phasenkontrast-basierten Teilbildes durch alleiniges Drehen der Polfilter stufenlos steuern, während der Dunkelfeld-analoge Bildanteil durch Verstellen der Aperturblende und Verändern der Beleuchtungshelligkeit in seiner Intensität angepasst werden kann. Uneingeschränkte Verstellmöglichkeiten bei voller Ausschöpfung der Beleuchtungsapertur ergeben sich folgerichtig, wenn neben dem Phasenkontrast erzeugenden auch der Dunkelfeld erzeugende Lichtring mit einem im gezeigten Beispiel ringförmigen Polfilter unterlegt wird und die großflächige Polfilterplatte sowie mindestens einer der sonstigen Polarisatoren drehbar gelagert sind (Abb. 9b).

Grundsätzlich ließe sich die beschriebene Methode auch im Auflicht anwenden. Hierzu müssten die üblicherweise erhältlichen Auflicht-Dunkelfeld-Objektive mit passenden Phasenringen ausgestattet werden. Während das an den bildgebenden Objektivlinsen vorbeigeführte Licht die Dunkelfeld-Komponente erzeugt, könnte durch einen klein dimensionierten Lichtring im Illuminator, der mit einem passenden Phasenring im Hell-Dunkelfeld (HD)-Auflicht-Objektiv zusammenwirkt, gleichzeitige Phasenkontrastbeleuchtung im Auflicht-Strahlengang ermöglicht werden. Abbildung 10 zeigt einen Konstruktionsvorschlag in Anlehnung an den von E. Leitz Wetzlar entwickelten Auflicht-Illuminator mit HD-Objektiven (E. Leitz Wetzlar GmbH, 1969).

Diskussion

Wie die vorgestellten Bildbeispiele belegen, kann VPDK zu deutlichen Verbesserungen führen, speziell dann, wenn Objekte wechselnder optischer Dichte zufriedenstellend dokumentiert werden sollen. Dank VPDK lassen sich Absorptions-, Reflexions- und Phasenstrukturen gleichzeitig darstellen, wobei fließende Übergänge zwischen Dunkelfeld-dominierten Ansichten und einem rein Phasenkontrast-

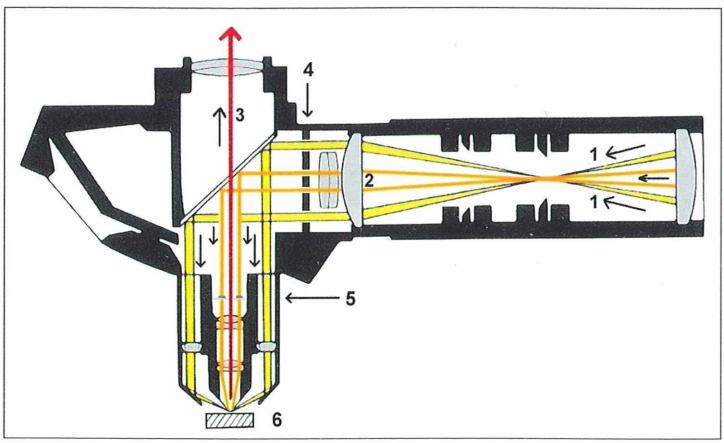


Abb. 10: Auflicht-Illuminator, modifiziert für VPDK, beleuchtende Strahlen für Auflicht-Dunkelfeld (1) und Auflicht-Phasenkontrast (2), bildgebende Strahlen (3), Phasenkontrast-Lichtring im Illuminator (4), Phasenplatte im Auflicht-Objektiv (5), Objekt (6).

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

basierten Abbild ermöglicht werden. Ebenso stufenlos lässt sich durch Dezentrieren der Lichtringe ein Hellfeldanteil beimischen. Hierdurch können die bei dieser Methode ohnehin gering ausfallenden Halo-Effekte zusätzlich verringert werden, ohne dass die Darstellbarkeit feiner Phasenstrukturen nennenswert abnimmt. Bei Vergleichsziehung zur Dunkelfeldmethode kann als technischer Vorteil gewertet werden, dass im VPDK Bildinformationen, welche auf dem Maximum der 0. Ordnung beruhen, erhalten bleiben, ohne dass auf die Vorteile einer Dunkelfeldbeleuchtung verzichtet werden muss. In der axialen Ausführungsvariante können feine Innenstrukturen des Objektes noch deutlicher erkannt werden und Dunkelfeld-typische Überstrahlungen noch weitergehend abgeschwächt werden, da das beleuchtende Dunkelfeldlicht lotrecht geführt wird. Als weitere Vorteile aller Ausführungsvarianten des VPDK können ein Zugewinn an Tiefenschärfe und eine bei geeigneten Objekten vermehre Plastizität der Darstellung festgehalten werden.

Danksagung

Herrn Eberhard Raap, Sangerhausen, danke ich für die Überlassung eines hervorragenden Diatomeen-Legepräparates, welches für Abbildung 8 verwendet wurde.

Literaturhinweise

Determann, H., Lepusch, F.: Phasenkontrast-Mikroskopie. In: Das Mikroskop und seine Anwendung, S. 19–22, Werksdruckschrift der E. Leitz Wetzlar GmbH, Wetzlar 1981a.

Determann, H., Lepusch, F.: Dunkelfeld-Mikroskopie. In: Das Mikroskop und seine Anwendung, S. 18, Werksdruckschrift der E. Leitz Wetzlar GmbH, Wetzlar 1981b.

Determann, H., Lepusch, F.: Mikroskopieren im Phasenkontrast. In: Das Mikroskop und seine Anwendung, S. 47–48, Werksdruckschrift der E. Leitz Wetzlar GmbH, Wetzlar 1981c.

Ernst Leitz Wetzlar GmbH: Auflicht-Illuminatoren. In: Abbildende und beleuchtende Optik des Mikroskops – Objektive, Okulare, Kondensoren, S. 36, Werksdruckschrift, Wetzlar 1969.

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

Kurze Mitteilung

Überraschungen im Genom von Chlorella

Chlorella variabilis NC 64A ist ein intrazellulärer, phototropher Symbiont in *Paramecium bursaria* und ist eine Chlorophycee. Blanc et al. (2010; siehe auch Eckardt, 2010) analysierten ihr Kerngenom und fanden dabei eine Reihe von unerwarteten Genen. Die Chlorellen gelten als asexuell und haploid und bilden niemals Geißeln. Dennoch hat *C. variabilis* NC 64A Gene für alle bisher bekannten Meiose-spezifischen Proteine. Außerdem hat sie Homologe von Genen, die bei *Chlamydomonas* bei der Gametenfusion wichtig sind. Auch *Chlamydomonas* ist eine Chlorophycee. Hat *Chlorella* NC 64A einen kryptischen, bislang übersehenen Sexualzyklus? Unerwartet war auch, dass sie homologe Gene von vielen *Chlamydomonas*-Geißelproteinen hat. *Chlamydomonas* ist ja im Gegensatz zu den Chlorellen begeißelt. So hat *C. variabilis* NC 64A Gene für nahezu alle Proteine der äußeren Dyneinarme in den Geißeln. Haben diese Proteine des Geißelapparates bei einem Organismus ohne Geißeln andere biologischen Funktionen übernommen?

Literaturhinweise

Blanc, G., Ducan G., Agarkova, I., Borodovsky, M., Gurnon, J., Kuo, A., Lindquist, E., Lucas, S., Pangilinan, J., Polle, J., Salamov, A., Terry, A., Yamada, T., Dunigan, D. D., Grigoriev, I. V., Claverie, J.-M., Van Etten, J. L.: The *Chlorellla variabilis* NC 64A genome reveals adaptation to photosymbiosis, coevolution with viruses, and cryptic sex. The Plant Cell 22, 2943–2955 (2010).

Eckardt, N. A.: The *Chlorella* genome: big surprises from a small package. The Plant Cell 22, 2924 (2010).

Eberhard Schnepf, Heidelberg

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

Nachricht

Biologisch-ökologische Kurse am Heiligen Meer – Programm 2012

Die Außenstelle Heiliges Meer ist eine Einrichtung des LWL-Museums für Naturkunde (LWL = Landschaftsverband Westfalen-Lippe) und wurde im Jahr 2011 bereits 50 Jahre alt. Hier werden unter anderem biologisch-ökologische Kurse für alle Interessierten angeboten, die sich mit der heimischen Fauna, Flora und ihren Lebensräumen befassen. In 2012 sind zwei Kurse neu im Programm, ein Torfmooskurs und ein Süßwasserfischkurs.

Die Außenstelle Heiliges Meer liegt direkt am Naturschutzgebiet in Recke (Kreis Steinfurt/Nordrheinwestfalen) und bietet für die zwei-, drei- oder viertägigen Kurse ausreichend Übernachtungsmöglichkeiten. Die Kurse sind anerkannt nach dem Arbeitnehmerweiterbildungsgesetz und werden in Kooperation mit der SGV-Wanderakademie (Arnsberg) angeboten.

Weitere Informationen sind im Internet unter www.lwl-heiliges-meer.de erhältlich oder beim LWL-Museum für Naturkunde, Außenstelle Heiliges Meer, Bergstraße 1, 49509 Recke, Tel.: 0 54 53/9 96 60, E-Mail: heiliges-meer@lwl.org.

Kursprogramm 2012

Planktonkurs:	12.–15.4.
Amphibien- und Reptilienkurs:	10.–13.5.
Avifaunistischer Kurs:	16.–19.5.
Gräserkurs:	29.6.–1.7.
Libellenkurs:	6.–8.7.
Vegetation der Seen und Weiher im NSG Heiliges Meer:	4.–5.8.
Insektenkurs:	6.–9.8.
Heuschreckenkurs:	10.–12.8.
Spinnenkurs:	12.–15.8.
Säugetierkurs:	16.–19.8.
Wanzenkurs:	31.8.–3.9.
Pilzkurs:	11.–14.10.
Torfmooskurs:	15.–18.10.
Flechtenkurs:	18.–21.10.
Süßwasserfischkurs:	9.11.–11.11.
Moorgeschichte und Pollenanalyse:	16.–18.11.

Im Weiteren soll speziell auf den für Mikroskopiker interessanten Planktonkurs eingegangen werden.

Planktonkurs vom 12.–15.4.2012

Der seit vielen Jahren durchgeführte Planktonkurs wird auch in diesem Jahr unter der Leitung von Wolfgang Berlemann (Ibbenbüren) und Dr. Jürgen Pust (Recke) angeboten. Die Außenstelle liegt im Naturschutzgebiet Heiliges Meer im Kreis Steinfurt (Nordrhein-Westfalen) an der Landstraße 504, circa 4,5 km südlich von Hopsten. Der Kurs bietet eine Einführung in den Fang und das Mikroskopieren von Zoo- und Phytoplankton. Im Schutzgebiet finden sich mehrere größere und kleinere Gewässer, welche durch Erdabsenkungen (Erdfälle) entstanden sind. Behandelt wird das Plankton der verschiedenen Gewässer des Naturschutzgebietes. Das sind oligotrophe und eutrophe Seen sowie dystrophe, zum Teil torfmoosreiche Heideweiher und -tümpel. Gemeinsam wird die Beziehung der Planktonarten zu den Umweltfaktoren in den Gewässern erarbeitet. Die Demonstration quantitativer Methoden zur Planktonuntersuchung verweist auf gewässerökologische Fragestellungen. Eine Übersicht der Planktonliteratur wird gegeben.

Die Unterbringung der Kursteilnehmer erfolgt in der Außenstelle Heiliges Meer des LWL-Museums für Naturkunde. Die Kursgebühr (inkl. Unterbringung) beträgt 41,00 Euro beziehungsweise 31,00 Euro (ermäßigt).

Die Kurse sind anerkannt nach dem Arbeitnehmerweiterbildungsgesetz und werden in Kooperation mit der SGV-Wanderakademie (Arnsberg) angeboten.

Anmeldung: Bis zum 15.3.2012

Weitere Informationen:
LWL-Museum für Naturkunde,
Außenstelle Heiliges Meer, Bergstraße 1,
49509 Recke, Tel.: 0 54 53/9 96 60,
E-Mail: heiliges-meer@lwl.org,
Internetseite: www.lwl-heiliges-meer.de.

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

Aus der Industrie

Leica Science Lab – Das Wissensportal für Mikroskopie und Histologie ist online

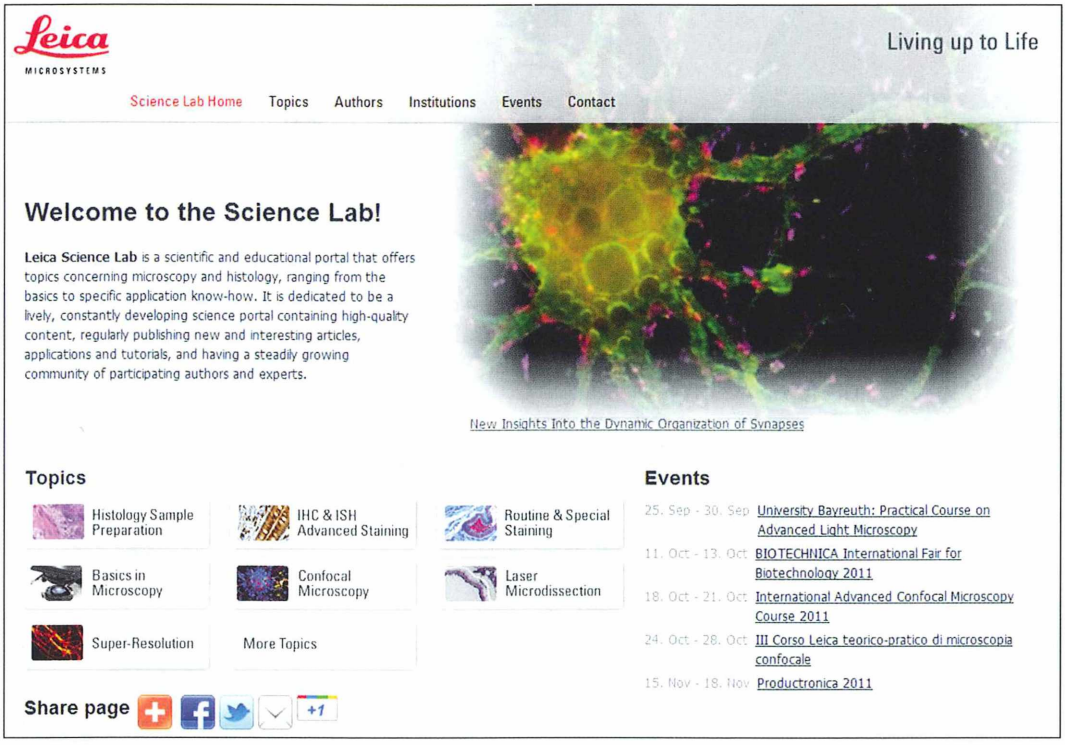


Abb. 1: Homepage des Leica Science Lab.

Leica Science Lab (www.leica-microsystems.com/science-lab), das Wissensportal von Leica Microsystems, bietet wissenschaftliche Forschungs- und Lerninhalte rund um Mikroskopie und Histologie – vom Basiswissen bis hin zu spezifischem Anwendungs-Know-how. Die Texte sind in englischer Sprache verfasst.

Illustrierte und interaktive Anleitungen (Tutorials) sowie Weißbücher (whitepapers = Sammlungen mit Vorschlägen zum Vorgehen in einem bestimmten Bereich) erklären technische Grundlagen von der Probenvorbereitung, Immunohistochemie bis hin zu Bildgebung, Kontrastmethoden und High-end-Technologien wie beispielsweise Höchstauflösung. Zusätzlich bietet Leica Science Lab wissenschaftliche Beiträge über spezielle Techniken, Anwendungen und Forschungsgebiete.

Die Inhalte sollen sowohl Anfängern als auch erfahrenen Praktikern und Wissenschaftlern nützliche Hilfestellungen für ihre tägliche Praxis und Experimente bieten. Das Themenspektrum des Portals wird dazu kontinuierlich erweitert werden.

Leica Science Lab lädt ein zur Diskussion über Beiträge und Themen. Kommentare und Fragen der Nutzer sollen helfen, das Informationsangebot immer weiter zu verbessern. Bereits zum offiziellen Start haben rund 100 Autoren beigetragen, das Portal mit fundierten Inhalten zu füllen. Experten aus Wissenschaft und Praxis, die ihr Wissen mit der Community teilen wollen, sind herzlich eingeladen, ihre Beiträge im Leica Science Lab zu veröffentlichen.

Redaktion MIKROKOSMOS

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

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 auf fortlaufend nummerierten DIN A4-Bögen einzureichen. Zugunsten der Themenvielfalt in einem Heft können keine überlangen Artikel berücksichtigt werden. Ein Manuskript darf bei 1,5fachem Zeilenabstand und einer 12-Punkt-Schriftgröße 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 wird durch Zwischenüberschriften untergliedert. Am Ende des Manuskriptes steht die vollständige Autorenadresse. Soweit möglich, sollten die Manuskripte zusätzlich zur Hardcopy auf einer CD als Word-Dokument ohne spezielle Formatierung eingereicht werden (Arial 12 pt). Bitte keine Trennungen einfügen.

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

4. Als Bildvorlagen sind Farbdias, Schwarzweiß- oder Farbfotos sowie druckfertige Strichzeichnungen und Graphiken geeignet. Alle Materialien namentlich kennzeichnen. Auf den Originalabbildungen keine Beschriftungen vornehmen, sondern nur auf Kopien. Elektronische Abbildungen nur als Tiff-Dateien (300 dpi bei 14 cm Bildbreite) auf CD-R 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. Vergrößerungen sollten erst anhand der Bildandrucke berechnet werden, die vor Drucklegung zusammen mit den Korrekturandrucken der Artikel den Autoren zugeschickt werden. Anstelle einer Vergrößerungsangabe können auch Maßstriche in die Abbildungen eingefügt werden.

5. Alle Bildvorlagen bleiben Eigentum des Autors.

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

Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:
Schnepf, E.: Optische Aufheller: Leuchtende Werkzeuge für die Mikroskopie. Teil 1: Mechanismen und Substrate der Fluochromierung. Mikrokosmos 94, 175–180 (2005).
Kudryavtsev, A., Smirnov, A.: *Cochliopodium gallicum* n. sp. (Himatismenida), an amoeba bearing unique scales, from cyanobacterial mats in the Camargue (France). Europ. J. Protistol. 42, 3–7 (2006).

Buchzitate:
Larink, O., Westheide, W.: Coastal plankton. Photo guide for European seas. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München 2006.

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.

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

8. Jeder Erstautor erhält von seiner im MIKROKOSMOS veröffentlichten Arbeit kostenlos 25 Sonderdrucke oder ein PDF. Zusätzliche Sonderdrucke können auf Nachfrage vom Verlag auf eigene Kosten bezogen werden.

9. 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.

10. 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 Schnitt durch ein Wurzelknöllchen der Ackerbohne (*Vicia faba*). Die kleinen Stäbe in den Zellen sind Bakterien, welche die Stickstofffixierung aus der Luft bewerkstelligen.

Präparationstechnik: Gebeizt nach der Methode Nawaschin, gefärbt nach Wacker, 12 µm Paraffinschnitt. Mikroskopiertechnik: PlanNeo 40/09 multi Imm, DIC; Vergr. 540fach.
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.

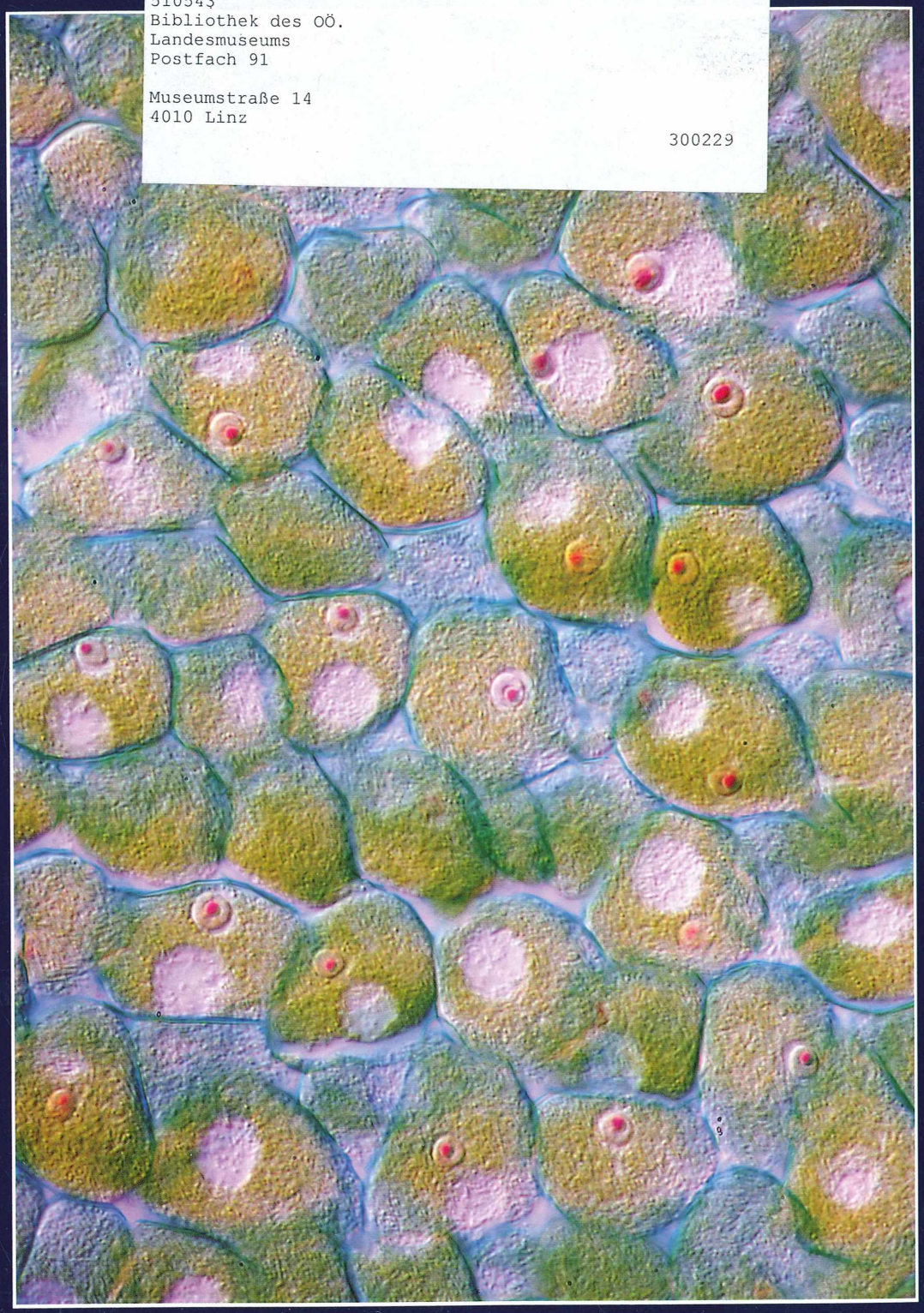
Die Redaktion behält sich vor, die Bilder, wenn es nötig erscheint, zu beschneiden.

Mikrokosmos
Heft 2, März 2012 1 (6)
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

510543
Bibliothek des OÖ.
Landesmuseums
Postfach 91

Museumstraße 14
4010 Linz

300229



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: 101_2

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 101_2 1