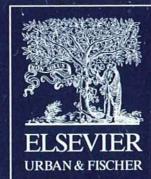


II 90372/93,2

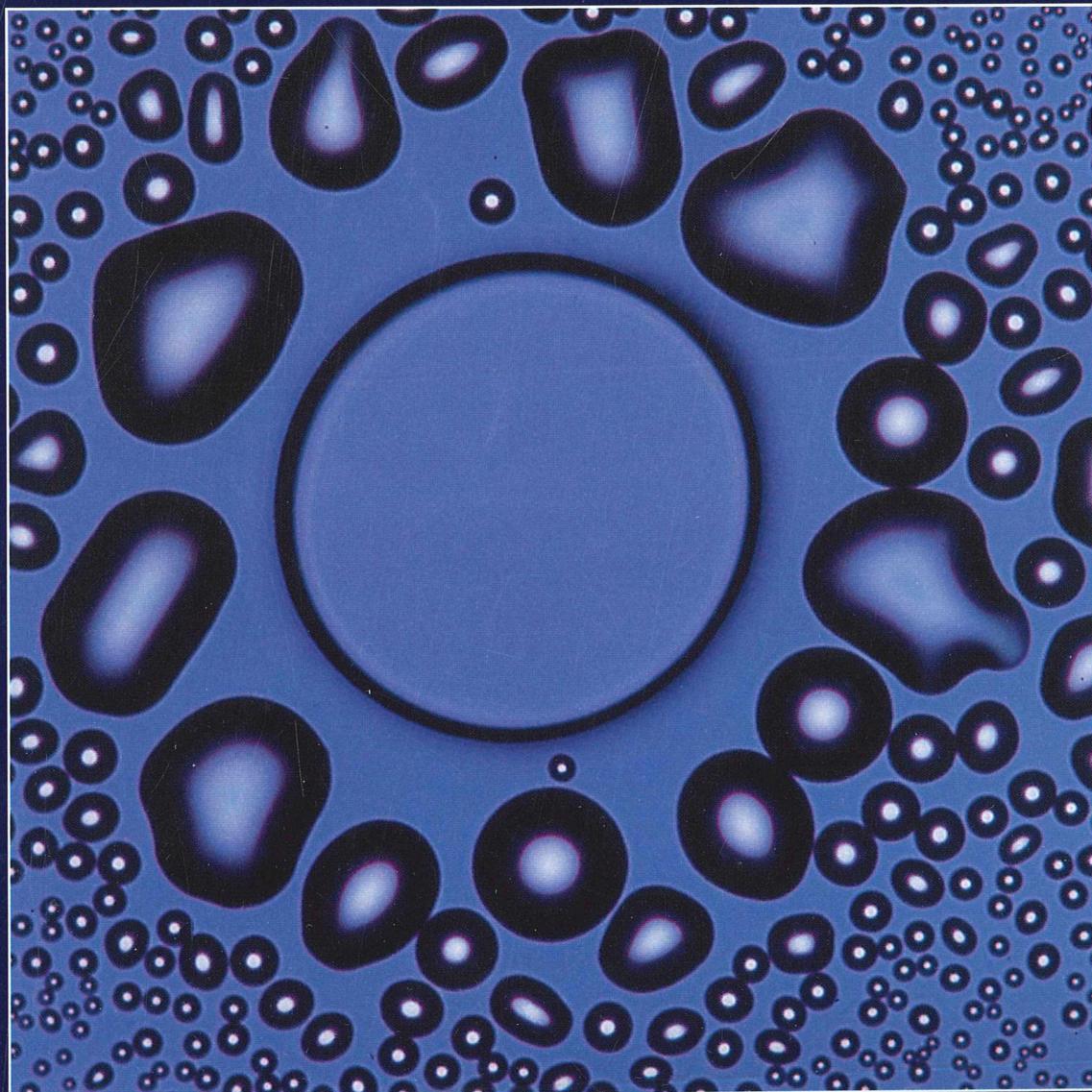


# MIKROKOSMOS

Heft 2  
93. Jahrgang  
März 2004

◆ [www.elsevier-deutschland.de/mikrokosmos](http://www.elsevier-deutschland.de/mikrokosmos)

ISSN 0026-3680



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

## Inhalt

### Artikel

**65** Position und Funktion von Plastiden – Teil 1:  
Das Kranzsyndrom und die Stärkebildung bei C<sub>4</sub>-Pflanzen  
*Eberhard Schnepf*

**75** Wie viele Pixel benötigt man für ein Mikrofoto?  
*Hinrich Husemann*

**81** Exkursion der Mikrobiologischen Vereinigung München e.V.  
zu Steinernen Rinnen in Südbayern  
*Siegfried Hoc*

**87** Gewässer-Eutrophierung und Indikatoralgen:  
Ergänzungen der Arbeitsgemeinschaft BONITO  
*Georg Kubsch, Wolfgang M. Richter, Dietrich Uhlmann*

**90** Ästhetisch schöne Luftblasen  
*Peter Woitschikowski*

**91** Professor Otto Bütschli und seine russischen Schüler  
*Sergei I. Fokin*

**101** Kleines ABC der digitalen Aufnahme- und Wiedergabetechnik –  
Erläuterungen von Abkürzungen und Definitionen von Fachbegriffen  
*Klaus Hausmann und Günther Zahrt*

**108** Die Geburt der Spitzschlammschnecke –  
Eine Untersuchung mit neuartigem Objektträger  
*Hans Günzl*

**115** Der Queller – Eine Blattsukkulente –  
Pflanzenmorphologie gegen den Rest der Welt  
*Erich Lüthje*

### Rubriken

**74, 114**  
Nachrichten

**86, 99, 113**  
Aus der Industrie

**89**  
Kurze Mitteilung

**110, 122**  
Buchbesprechungen

**111**  
Mikro-Kids

**86, 126**  
Aus den  
Arbeitsgemeinschaften

**127**  
Mikro-Markt

Im elektronischen MIKROKOSMOS-ARCHIV  
[www.elsevier-deutschland.de/mikrokosmos](http://www.elsevier-deutschland.de/mikrokosmos) werden mit dem Erscheinen dieses Heftes zwei Artikel  
aus dem Jahrgang 58 (1969) über Rädertiere wiedergegeben.

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

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

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

# Position und Funktion von Plastiden – Teil 1: Das Kranzsyndrom und die Stärkebildung bei C<sub>4</sub>-Pflanzen

Eberhard Schnepf

Bei einer Reihe von Pflanzen aus warmen, trockenen Ländern sind die Leitbündel in den Blättern von einer großzelligen Leitbündelscheide umgeben, die im Querschnitt mit den angrenzenden Zellen des Assimulationsparenchys (Mesophyll) einen Kranz bilden. Beispiele für solche Pflanzen sind Mais, Zuckerrohr, Arten von Hirse und Fuchsschwanz (*Amaranthus*). Die Chloroplasten in der Bündelscheide unterscheiden sich meist in ihrer Position, Struktur, Biochemie und Physiologie von den Chloroplasten im Mesophyll, so dass man von einem Kranzsyndrom spricht. Mit einfachen mikroskopischen Methoden kann man einige dieser Besonderheiten, vor allem die unterschiedliche Fähigkeit zur Stärkebildung, leicht darstellen.

**S**chon vor über 100 Jahren hat Haberlandt entdeckt, dass die Leitbündel in den Blättern verschiedener Gramineen und Cyperaceen von einer großzelligen Leitbündelscheide umschlossen sind, die ihrerseits von meist radial gestreckten Mesophyllzellen umgeben ist (Haberlandt, 1896, zitiert nach Edwards et al., 2001). Er nannte das den Kranztyp, ein Begriff, der heute auch im Englischen verwendet wird (Kranz anatomy, z. B. Edwards et al., 2001). Schon Haberlandt vermutete, dass eine noch unbekannte Arbeitsteilung zwischen den Chloroplasten der Mesophyll- und jenen der Scheidenzellen dabei im Spiele ist (Haberlandt, 1924). Diese Arbeitsteilung ist dann in den 60er Jahren von Hatch und Slack gefunden worden (Hatch und Slack, 1970). Leicht mikroskopisch nachzuweisen ist die unterschiedliche Fähigkeit zur Stärkebildung. Sie steht im Mittelpunkt dieses Artikels.

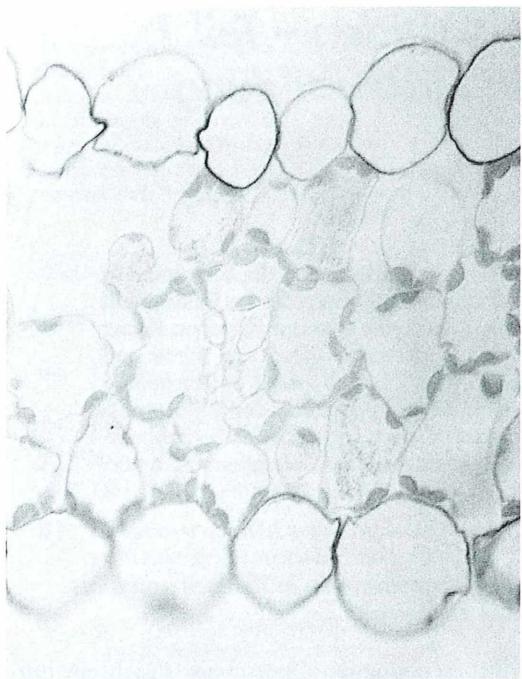
Die Kranzatomie und -cytologie soll zunächst exemplarisch an Blättern von Mais und Zuckerrohr dargestellt werden. Um die Anatomie und Cytologie zu verstehen, muss man auch wissen, wie sich die photosynthetische CO<sub>2</sub>-Fixierung beim Mais und anderen C<sub>4</sub>-Pflanzen von der normalen Photosynthese bei C<sub>3</sub>-Pflanzen unterscheidet. Das ist ausführlich in verschiedenen Lehrbüchern der Botanik dargestellt, beispielsweise von Eschrich (1995) und Weiler (2002). Abschließend werden einige Variationen des Kranzsyndroms vorgestellt, und es wird auf die ökologische Bedeutung der C<sub>4</sub>-Photosynthese hingewiesen.

## Die Kranzatomie in Blättern von Mais und Zuckerrohr

Einen semidünnen Querschnitt durch ein junges Maisblatt, wie man ihn nach Fixierung mit Glutaraldehyd und OsO<sub>4</sub>, vorsichtiger Entwässerung und Einbettung in Kunstharz erhalten kann, zeigt Abbildung 1. Die Chloroplasten in den Zellen der Bündelscheide und des Mesophylls liegen den Zellwänden an. Während sie aber im Mesophyll an allen Wänden liegen, bleiben in der Bündelscheide die Wände zwischen den Zellen und zum Leitbündel hin weitgehend ausgespart. Die Chloroplasten haben hier eine zentrifugale Position. Das lässt sich, wenn auch nicht so gut, an Handschnitten durch die Blätter zeigen. In der Bündelscheide und zum Leitbündel hin gibt es keine Interzellularen, anders als zwischen den Mesophyllzellen. In den Zeichnungen von Haberlandt (1924) vom Assimulationsparenchym des Kranztyps fehlen allerdings diese Interzellularen.

Zu empfehlen ist, die Handschnitte mit Lugol-Lösung (Jod-Jodkali; Lüthje, 2002) zu fixieren und zu färben. Abbildung 2 zeigt so die zentrifugale Position der Chloroplasten in einem Blattquerschnitt und Abbildung 3 in einem Flachschnitt.

Sehr viel klarere Bilder erhält man, wenn man Quer- und Flachschnitte zunächst mit Lugol-Lösung auf dem Objektträger (ohne Deckglas) färbt, nach 5–10 min die Jodlösung vorsichtig abtupft und dann mit Phenol aufhellt. Das Jod dringt an den Wundrändern schnell ein, aber



**Abb. 1:** *Zea mays*, junges Blatt quer. Semidünn schnitt nach Fixierung mit Glutaraldehyd und Os<sub>4</sub> und Einbettung in Kunstharz. In den Zellen der Bündelscheiden haben die Chloroplasten eine zentrifugale Position. Vergr. 1250fach.

schlecht durch eine unverletzte Kutikula. Die Phenol-Lösung enthält 90% Phenol und 10% Aqua dest. (vorsicht, hautätzend!). Dann werden auch dicke Präparate durchsichtig. Das Cytoplasma und die Chloroplasten werden

zwar weitgehend zerstört, aber die mehr oder weniger intensiv bläulich gefärbten Stärkekörper werden dann gut sichtbar, sind dann allerdings oft nicht mehr in ihrer ursprünglichen Position in der Zelle.

So präparierte Querschnitte durch Zuckerrohr-Blätter zeigen die Abbildungen 4 und 5. Nur die Bündelscheiden-Zellen enthalten Stärke. Ihr Inhalt ist außerdem dunkler als der von angrenzenden Mesophyll-Zellen und der Zellen im Leitbündel. Der Kranz aus Stärke führenden Bündelscheiden-Zellen ist manchmal nicht vollständig. Besonders bei größeren Leitbündeln kann er durch Sklerenchymfasern unterbrochen sein.

Auch in Flachschnitten werden so die Bündelscheiden-Zellen und ihre Stärke deutlich dargestellt (Abb. 6 und 7). Sie umgeben auch die quer zur Längsachse des Blattes verlaufenden Verbindungsgebündel, enthalten aber hier oft weniger Stärke. In jeder Bündelscheiden-Zelle gibt es einen kleinen Kristall (Abb. 9), der aber in Zellen mit viel Stärke meist nicht zu erkennen ist.

Nach der Aufhellung mit Phenol sind die Zellwände der Bündelscheide viel stärker lichtbrechend als die Wände im Mesophyll (Abb. 5 und 7). Sie haben, wie auch elektronenmikroskopische Untersuchungen gezeigt haben, innen eine Korkschicht (Eschrich, 1995; Weiler, 2002). Diese Korkschicht versperrt den apoplastischen Weg (in den Zellwänden) vom Mesophyll zum Leitbündel. Assimilate können nur durch die Plasmodesmen hindurch in das Phloem gelangen, wobei sie beim Eintritt in die Bündelscheide gleich auf die zentrifugal positionierten Chloroplasten treffen. Auch ein Rücktransport von den Bündelscheidenzellen ins Mesophyll läuft nur über die Plasmodes-



**Abb. 2 und 3:** Querschnitt (Abb. 2) und Flachschnitt (Abb. 3) von *Zea mays*, Handschnitte, Lugol. Chloroplasten der Bündelscheide in zentrifugaler Position. Vergr. 275fach.



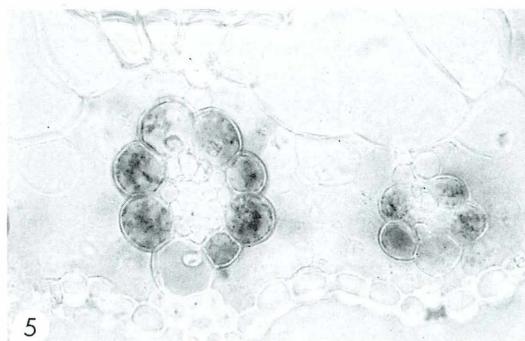
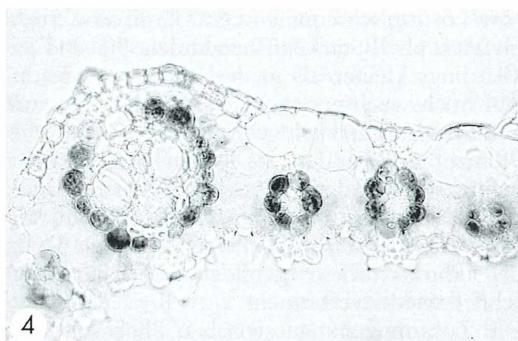


Abb. 4 und 5: *Saccharum officinale*, Blattquerschnitte, Lugol + Phenol. Stärke nur in der Bündelscheide; Wände der Bündelscheiden-Zellen stark lichtbrechend. Abb. 4 Vergr. 110fach, Abb. 5 Vergr. 275fach.

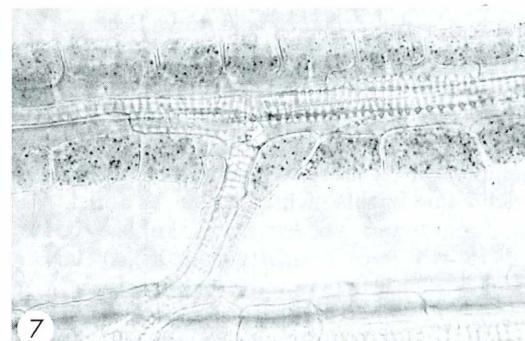


Abb. 6 und 7: *Zea mays*, Blattflachschnitte, Lugol + Phenol. Stärke nur in der Bündelscheide. Abb. 6 Vergr. 110fach, Abb. 7 Vergr. 275fach.

men. Noch wichtiger ist vielleicht, dass die Korkschicht eine Diffusion von Gasen erschwert (siehe unten).

Die Elektronenmikroskopie hat auch gezeigt, dass die Chloroplasten der Mais-Bündelscheide nur wenige kleine Grana haben. Die Mesophyll-Chloroplasten haben hingegen ein normales Grana-Stroma-Verhältnis.

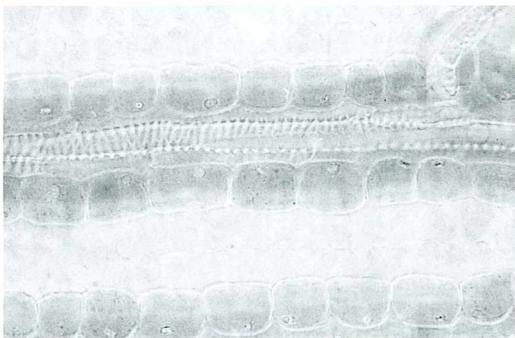
2002 die Blätter von voll ausgewachsenen, gut gewässerten Maispflanzen gegen 10 Uhr morgens untersuchte, war nur wenig Stärke in der Bündelscheide (Abb. 9). Es war dies der Höhepunkt einer längeren Hitzeperiode, bei der die



Abb. 8: *Zea mays*, Blattflachschnitt, Lugol + Phenol. Stärke in den Schließzellen. Vergr. 275fach.

### **Die Stärkebildung in Blättern von Mais und Zebragrass**

Die Stärkebildung im Maisblatt ist nicht auf die Chloroplasten der Bündelscheide beschränkt. Auch die Schließzellen (Abb. 8) enthalten Stärke. In den Bündelscheiden-Zellen hängt das Vorkommen von Stärke von der Intensität der Photosynthese ab. In Maisblättern, die längere Zeit (1–2 Tage) im Dunkeln gehalten wurden, ist sie weitgehend verschwunden. Eine ähnliche Wirkung hat große Hitze. Als ich am 7. August



**Abb. 9: Zea mays, Blattflachschnitt, Lugol + Phenol.** In einer Hitzeperiode ist nur sehr wenig Stärke in der Bündelscheide. Die Kristalle in den Bündelscheiden-Zellen und die starke Lichtbrechung ihrer Zellwände werden dadurch besser sichtbar. Vergr. 275fach.

Temperatur tagsüber im Schatten fast 40 °C erreichte und nachts nicht unter 26 °C abfiel. Als es Tage später wieder etwas kühler wurde (30/18 °C), gab es auch wieder mehr Stärke. Offenbar hatte die Hitze die Photosynthese und damit die Stärkebildung gehemmt.

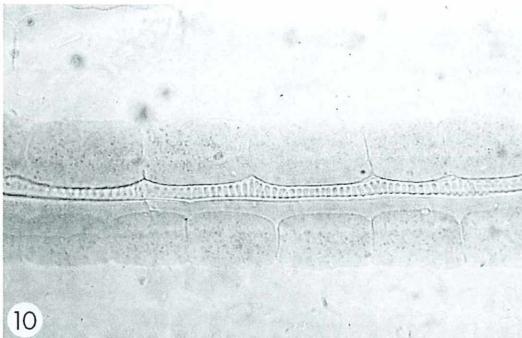
In Jungpflanzen von Mais, bei denen die Blätter noch teilweise von der Koleoptile umschlossen sind, findet man Stärke nicht nur in der zukünftigen Bündelscheide. Dass auch die Mesophyll-Zellen die für die Stärkebildung notwendigen Enzyme haben, lässt sich durch ein Experiment zeigen (Eschrich, 1995): Wenn man durch Vorverdunkelung weitgehend stärkefrei gemachte Blattscheiben auf einer 50–100 mM Saccha-

rose-Lösung schwimmen lässt, kann man auch im Mesophyll Stärkekörper finden. Sie sind da allerdings kleiner als in der Bündelscheide. In den noch wachsenden Blättern (Abb. 10) von Sämlingen (untersucht wurde eine 30 cm hohe Pflanze) wird, anders als in den älteren, nicht mehr wachsenden Blättern dieser Pflanze (Abb. 11), nur wenig Stärke in der Bündelscheide gespeichert. Anscheinend werden die in der Photosynthese gebildeten Zucker hier schnell wieder verbraucht.

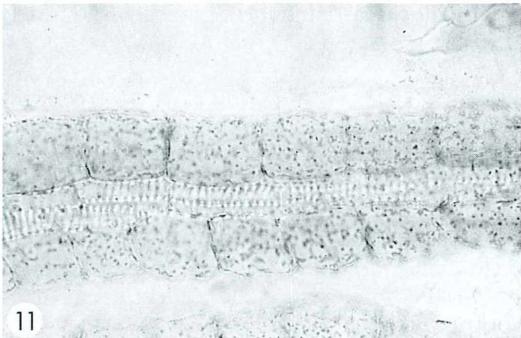
Die Zusammenhänge zwischen Photosynthese und Bündelscheidenstärke lassen sich besonders gut zeigen beim Zebragras, *Misanthus sinensis* var. *zebrina*, das häufig als Zierpflanze angebaut wird (Eschrich, 1995). In den Abbildungen 12 und 13 sieht man die dunkel gefärbten Bündelscheiden von normal grünen Blattabschnitten. Abbildung 14 zeigt, dass in den hellgrünen, nur wenig Chlorophyll führenden Blattbereichen nur ganz wenig Bündelscheiden-Stärke zu finden ist. Und in Abbildung 15, die von einem 48 h verdunkelten Blatt stammt, ist die Stärke völlig verschwunden. Dadurch wird der Kristall, der sich auch hier in den Bündelscheiden-Zellen findet, deutlicher sichtbar.

### ***C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Photosynthese***

Wie hängen die Kranzatomie, der Dimorphismus der Chloroplasten im Mesophyll und in der Bündelscheide und die Stärkebildung zusammen? Die stoffwechselphysiologischen Besonderheiten der Pflanzen mit dem Kranzsyndrom sind in den Lehrbüchern zum Beispiel



10



11

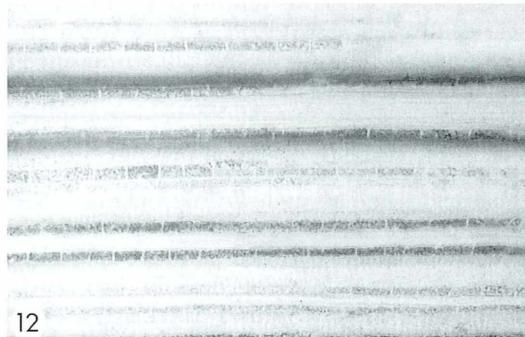
**Abb. 10 und 11: Zea mays, Flachschnitte durch Blätter eines Sämlings, Lugol + Phenol.** – Abb. 10: Oberstes, wachsendes Blatt; sehr wenig Stärke in der Bündelscheide. – Abb. 11: Unterstes, nicht mehr wachsendes Blatt; viel Stärke in der Bündelscheide. Vergr. 275fach.

von Eschrich (1995) und im Strasburger (Weiler, 2002) beschrieben. Eine detaillierte Darstellung geben Edwards et al. (2001).

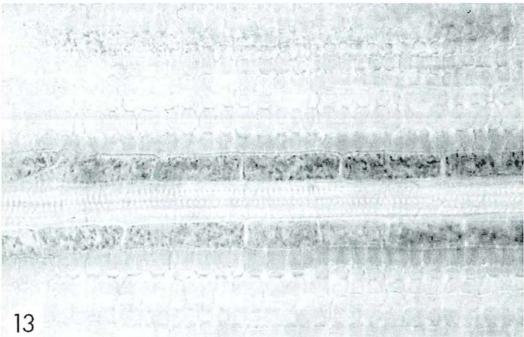
Bei einer normalen Photosynthese wird  $\text{CO}_2$  durch die Ribulosebisphosphat-Carboxylase/Oxygenase (RubisCO) an Ribulosebisphosphat, einem Molekül mit fünf C-Atomen, gebunden. Der entstandene  $\text{C}_6$ -Körper zerfällt so gleich in zwei Moleküle Phosphoglycerinsäure, Moleküle mit drei C-Atomen. Pflanzen, bei denen diese  $\text{C}_3$ -Körper als erstes fassbares Produkt der  $\text{CO}_2$ -Fixierung auftreten, werden deshalb  $\text{C}_3$ -Pflanzen genannt.  $\text{C}_3$ -Gräser haben keine Kranzanatomie und bilden Stärke im Mesophyll (Abb. 16 und 17: Blätter des Ziergrases *Uniola latifolia*). Häufig findet man bei ihnen gar keine Stärke, außer in den Schließzellen. Im nachfolgenden Calvin-Zyklus wird die Phosphoglycerinsäure zu Triosephosphat (Glycerinaldehydphosphat) reduziert. Dieses wird größtenteils über verschiedene Zwischenstufen

in Ribulosebisphosphat umgewandelt, das wieder als  $\text{CO}_2$ -Akzeptor dient. Aus einem Teil des Triosephosphats werden Hexosen – Zucker – gebildet. Sie sind der Photosynthesegewinn und stehen dem Zellstoffwechsel zur Verfügung, werden abtransportiert oder in Form von Stärke gespeichert. Die Reduktionsäquivalente und die Energie (ATP), die beim Calvin-Zyklus gebraucht werden, stammen aus den Lichtreaktionen der Photosysteme II und I.

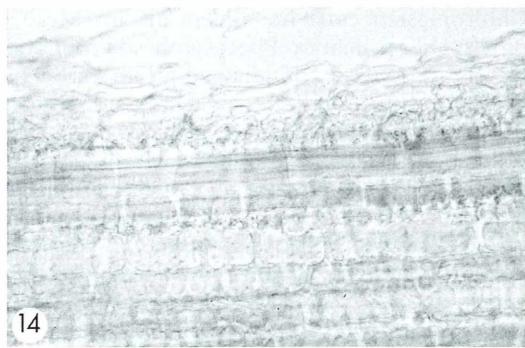
Die RubisCO überträgt aber nicht nur  $\text{CO}_2$  auf Ribulosebisphosphat, sondern als Oxygenase auch  $\text{O}_2$ . Dadurch wird Glycolat gebildet, eine Verbindung, die zur Bildung der Aminosäuren Glycin und Serin benutzt wird, und die über Zwischenstufen in den Calvin-Zyklus eingeschleust werden kann. Diese Prozesse verbrauchen aber Sauerstoff, so dass man von Lichtatmung (Photorespiration) spricht. Im Gegensatz zur echten Atmung wird dabei aber keine Energie in Form von ATP frei, sondern verbraucht.



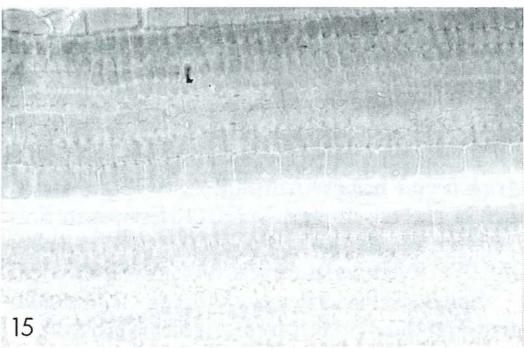
12



13



14



15

Abb. 12–15: *Miscanthus sinensis* var. *zebrina*, Blattflachschnitte, Lugol + Phenol. – Abb. 12 und 13: Dunkelgrüner Blattbereich, viel Stärke in der Bündelscheide. – Abb. 14: Hellgrüner Blattbereich, fast keine Stärke in der Bündelscheide. – Abb. 15: Dunkelgrüner Blattbereich, nach 48 h Verdunkelung. Keine Stärke in der Bündelscheide, der Kristall in den Scheidenzellen ist gut sichtbar. Abb. 12 Vergr. 110fach, Abb. 13–15 Vergr. 275fach.

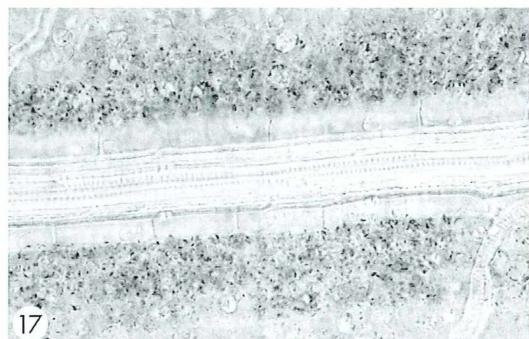
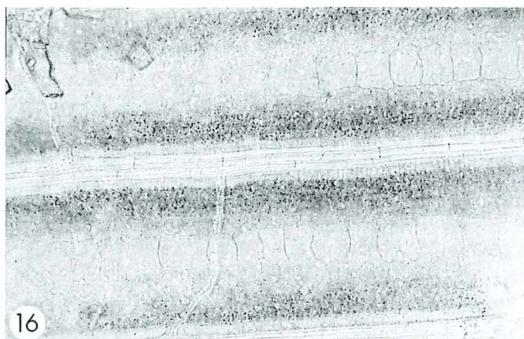


Abb. 16 und 17: *Uniola latifolia*, Blattflachschnitte, Lugol + Phenol. Stärke im Mesophyll, nicht in der Bündelscheide. Abb. 16 Vergr. 110fach, Abb. 17 Vergr. 275fach.

Die Photosynthese könnte bis zu 30% höher sein, wenn es die Lichtatmung nicht gäbe.

Wie kann man sich die Unzulänglichkeit der RubisCO erklären? Als sich in der Evolution die Photosynthese entwickelte, gab es viel CO<sub>2</sub>, aber noch keinen Sauerstoff in der Atmosphäre. Es gab also keinen Selektionsdruck, zwischen CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> zu unterscheiden. Im Laufe der Evolution (und der Zunahme des Sauerstoffs in der Luft durch die Photosynthese) ist die Substratspezifität der RubisCO zwar ein wenig verbessert worden, aber nicht wesentlich. Das ist für eine Pflanze dann besonders heikel, wenn bei starker Verdunstung die Spaltöffnungen geschlossen werden müssen. Dann wird im Blatt die CO<sub>2</sub>-Konzentration zu niedrig, um effektiv Photosynthese betreiben zu können und die Oxygenase-Aktivität der RubisCO überwiegt.

Die Pflanzen mit dem Kranzsyndrom haben einen Ausweg aus dem Dilemma – verdursten oder verhungern – gefunden. Sie verwenden als primäres CO<sub>2</sub>-bindendes Enzym nicht die RubisCO, sondern die Phosphoenolpyruvat-(PEP-) Carboxylase. Dieses vorgeschaltete Enzym hat eine höhere Affinität zu CO<sub>2</sub> und kann auch noch bei sehr geringen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen effektiv arbeiten.

Die PEP-Carboxylase fixiert das CO<sub>2</sub> in den Mesophyll-Zellen. Hier gibt es über die Interzellularen und die Spaltöffnungen eine Verbindung zur Atmosphäre. Das entstandene Oxalacetat wird dann in den Chloroplasten des Mesophylls zu Malat reduziert. Das Malat wird dann über die Plasmodesmen in die Bündelscheiden-Zellen transportiert. Dort wird CO<sub>2</sub> abgespalten. Das dadurch entstandene Pyruvat wandert über die

Plasmodesmen in das Mesophyll zurück und dient dort wieder als CO<sub>2</sub>-Akzeptor. In den Bündelscheiden-Zellen entsteht eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration (15–20-mal höher als in der Außenluft), die von der RubisCO ohne Probleme verwendet werden kann, um hier den Calvin-Zyklus zu speisen. Die Verkorkung der Bündelscheiden-Zellen verhindert das Entweichen des CO<sub>2</sub> und das Eindringen von O<sub>2</sub>.

Bei Oxalacetat und Malat, den ersten stabilen Verbindungen, die so gebildet werden, handelt es sich um C<sub>4</sub>-Körper. Man bezeichnet deshalb die Pflanzen mit dem Kranzsyndrom als C<sub>4</sub>-Pflanzen. Die Mesophyll-Chloroplasten der Maisblätter enthalten nur sehr wenig RubisCO. Die würde nur in Konkurrenz zur PEP-Carboxylase treten. Es gibt deshalb hier auch kaum einen Calvin-Zyklus. Das erklärt, warum hier auch keine Photosynthese-Stärke in den Chloroplasten entsteht, anders als im Mesophyll. Die primären Photosynthese-Produkte werden ja als C<sub>4</sub>-Verbindungen gleich abtransportiert, und sie treffen, nachdem sie die Bündelscheiden-Zellen passiert haben, da auch gleich auf die Chloroplasten, die zentrifugal positioniert sind. Das ist aber nicht bei allen C<sub>4</sub>-Pflanzen so.

Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Chloroplasten in Mesophyll und Bündelscheide von Mais geht weiter. Die Chloroplasten haben nur wenig Moleküle des Photosystems II und dementsprechend kaum zu Grana gestapelte Thylakoide, denn das Photosystem II ist vor allem in den Grana konzentriert. Als Folge davon ist die Photolyse des Wassers hier reduziert; sie wird ja vom Photosystem II getrieben. Es wird also hier kaum Sauerstoff gebildet und

dadurch bleibt die Oxygenase-Reaktion der RubisCO aus. Das ist für die Effektivität der Photosynthese noch wichtiger als die höhere Affinität der PEP-Carboxylase zu  $\text{CO}_2$  im Vergleich zur RubisCO.

Mit dem Photosystem I, das in den ungestapelten Thylakoiden konzentriert ist, können die Chloroplasten der Bündelscheide den ATP-Bedarf des Calvin-Zyklus decken. Die notwendigen Reduktionsäquivalente stammen teils aus dem Abbau von Malat zu Pyruvat, teils wohl aus  $\text{C}_3$ -Körpern, die zwischen Bündelscheide und Mesophyll kreisen.

Das Vorschalten der  $\text{CO}_2$ -Fixierung durch die PEP-Carboxylase bei den  $\text{C}_4$ -Pflanzen erlaubt also eine deutlich bessere Netto-Photosynthese, die auch dann noch läuft, wenn sich die Spaltöffnungen bei Wassermangel schließen. Sie kostet allerdings mehr Energie, verbraucht mehr ATP. Aber bei den  $\text{C}_3$ -Pflanzen geht bei Wärme und hohen Lichtintensitäten viel Energie durch die Photorespiration verloren. Die  $\text{C}_4$ -Pflanzen sind daher den  $\text{C}_3$ -Pflanzen in sonnigen, warmen und trockenen Gebieten überlegen. Etwa 30% der globalen Photosynthese wird von  $\text{C}_4$ -Pflanzen bestritten (Weiler, 2002). In der genuinen, heimischen Flora fehlen sie weitgehend, aber eingewanderte Fremdlinge wie verschiedene Gräser, viele Hirse-Arten, Fingergräser (*Digitaria*), Hundszahn/Bermudagrass (*Cynodon*) und *Amaranthus*-Arten zeigen ihre Überlegenheit über einheimische Gräser und Kräuter in heißen Sommern im Feld und im Garten.

### Variationen des Kranzsyndroms

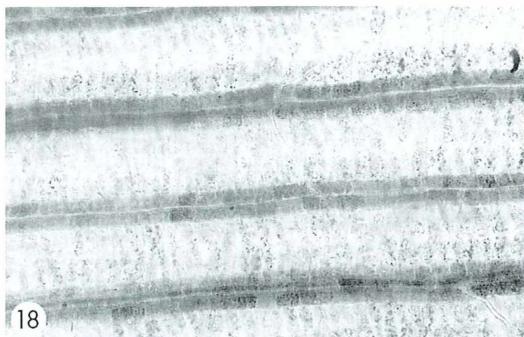
Die hier für Mais, Zuckerrohr und Chinaschilf beschriebene besondere Anatomie und Photosynthese ist nicht die einzige Form des Kranzsyndroms (Edwards et al., 2001; Weiler, 2002). Sie wird nach dem Enzym, das in der Bündelscheide das  $\text{CO}_2$  vom Malat abspaltet, NADP-Malatenzym-Typ genannt. Schon bei diesem Typ gibt es Varianten. Bei Mais und Zuckerrohr sind die Mesophyll-Zellen fast immer stärkefrei (außer bei einer Fütterung mit Zucker, siehe oben). *Digitaria sanguinalis*, ein Unkrautgras, das früher in Südeuropa auch als Getreidepflanze angebaut wurde, gehört biochemisch zum selben Typ (Pfündel et al., 1996). Hier wird Stärke aber auch im Mesophyll gespeichert (Abb. 18 und 19), ja manchmal dort mehr als in der Bündelscheide (Abb. 20). Blattquer-

schnitte zeigen, dass die Stärke häufig bevorzugt im Mesophyll und in der Bündelscheide der Blattunterseite abgelagert wird (Abb. 21).

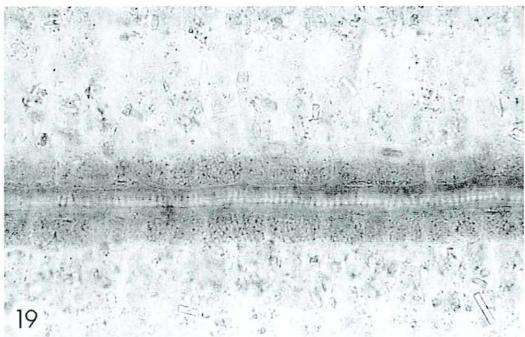
Zur Gruppe von  $\text{C}_4$ -Pflanzen des NADP-Malatenzym-Typs gehört sehr wahrscheinlich auch der Papyrus, *Cyperus papyrus* (Pfündel et al., 1996). Er hat eine anatomische Besonderheit, die schon von Haberlandt (1924) für *Cyperus cicuta* beschrieben wurde. Hier sind die kleineren Blatt-Leitbündel auffällig radial von den Mesophyll-Zellen umgeben (Abb. 22). Sie färben sich nach der Lugol-Phenol-Methode dunkelbraun, ähnlich wie die Chloroplastenführenden Zellen der Leitbündelscheide (Abb. 22), enthalten aber im Gegensatz zu diesen keine Stärke (Abb. 23). Bemerkenswert ist, dass zwischen diesen beiden Zellkränzen noch ein dritter liegt. Er besteht aus kleinen, lang gestreckten Zellen und wird von Haberlandt (1924) als „prosenchymatische Schutzscheid“ bezeichnet. Hier gibt es keine Stärke. Bemerkenswert bei *Cyperus papyrus* und einigen anderen *Cyperus*-Arten ist, dass es sich um Pflanzen sumpfiger Standorte handelt, ungewöhnlich für  $\text{C}_4$ -Pflanzen.

Ein biochemisch und cytologisch ganz anderer Typ von  $\text{C}_4$ -Pflanzen sind die Aspartatbildner. Im Mesophyll wird Aspartat gebildet, ebenfalls eine Verbindung aus vier C-Atomen. Das Aspartat wandert in die Bündelscheide. Dort wird  $\text{CO}_2$  abgespalten, wobei das durch verschiedene Enzyme geschehen kann. Bei den Pflanzen, die dazu unter anderem ein NAD-Malatenzym benutzen, beispielsweise *Amaranthus paniculatus*, der Gartenfuchsschwanz, sind die Wände der Bündelscheiden-Zellen nicht verkorkt. Das kann man auch dadurch erkennen, dass sie nach Aufhellung mit Phenol weniger stark lichtbrechend sind (Abb. 24) als die entsprechenden Zellwände beim Mais und beim Zuckerrohr (Abb. 5 und 7).

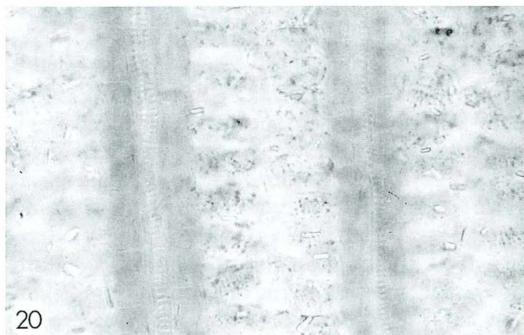
Anders als beim Maistyp haben die Chloroplasten der Bündelscheiden-Zellen eine zentripetale Position (Abb. 25) und haben Grana (Weiler, 2002). Die Stärke wird überwiegend in der Bündelscheide gespeichert (Abb. 26), es gibt aber auch Blätter, bei denen Stärke im Mesophyll zu finden ist (Abb. 27). Ganz ähnlich wie beim Fuchsschwanz sind die Verhältnisse beim Kugel-Amaranth, *Gomphrena globosa*, einer anderen Amaranthacee. Auch einige Hirse-Arten gehören zu diesem  $\text{C}_4$ -Typ, was darauf hinweist, dass sich die  $\text{C}_4$ -Photosynthese mehrfach in der Evolution entwickelt hat.



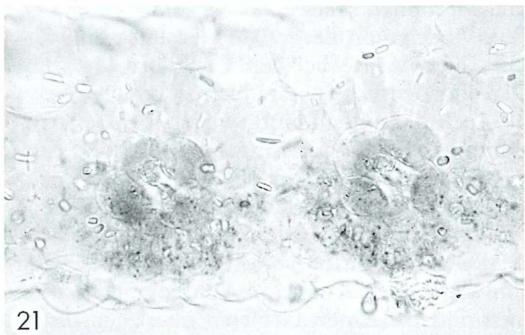
18



19



20

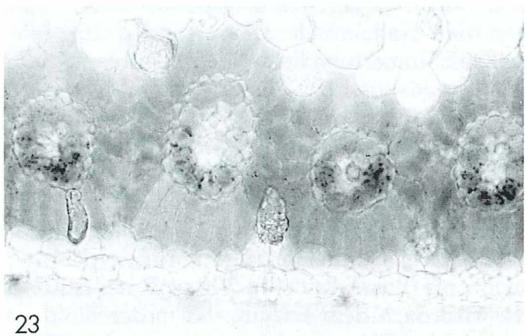


21

Abb. 18–21: *Digitaria sanguinea*, Lugol + Phenol. – Abb. 18 und 19: Blattflachschnitte, viel Stärke in der Bündelscheide, etwas Stärke im Mesophyll. – Abb. 20: Blattflachschnitt, Stärke im Mesophyll, aber nicht in der Bündelscheide. – Abb. 21: Blattquerschnitt, Stärke vor allem in den Mesophyll- und Bündelscheiden-Zellen der Blattunterseite. Abb. 18 Vergr. 110fach, Abb. 19–21 Vergr. 275fach.



22



23

Abb. 22 und 23: *Cyperus papyrus*, Blattquerschnitte, Lugol + Phenol. Mesophyll- und Bündelscheiden-Zellen dunkel gefärbt. Abb. 22 Vergr. 110fach, Abb. 23 Vergr. 275fach.

Es gibt sehr verschiedene Methoden, die C<sub>4</sub>-Photosynthese bei einer Pflanze zu entdecken (Edwards et al., 2001). Eine ist besonders bemerkenswert. Die RubisCO diskriminiert stark zwischen den beiden natürlich vorkommenden Kohlenstoff-Isotopen <sup>12</sup>C und <sup>13</sup>C und ver-

schmäht den <sup>13</sup>C weitgehend, die PEP-Carboxylase aber nicht. C<sub>3</sub>-Pflanzen reichern also <sup>12</sup>C an, C<sub>4</sub>-Pflanzen wegen der vorgeschalteten PEP-Carboxylase nicht. Ein ähnliches Isotopenverhältnis findet man aber auch bei den CAM (Crassulacean Acid Metabolism) Pflanzen. Die

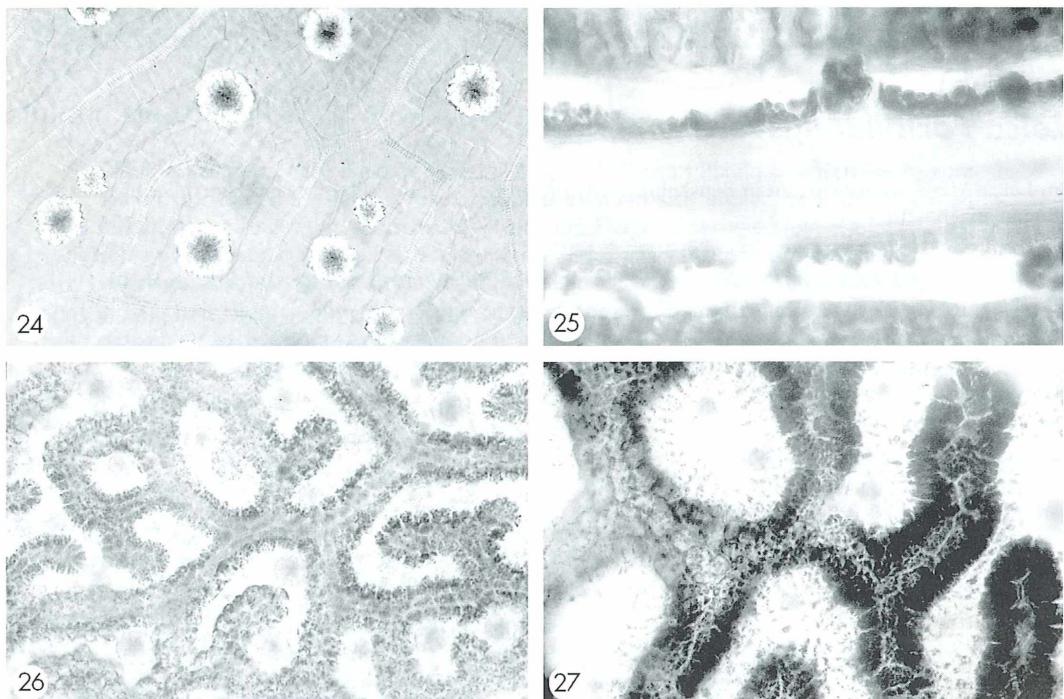


Abb. 24–27: *Amaranthus paniculatus*, Blattflachschnitte. – Abb. 24: Phenol, differentieller Interferenzkontrast. Die Wände der Bündelscheiden-Zellen sind nicht stark lichtbrechend. Kristalloplasten im Mesophyll. Vergr. 110fach. – Abb. 25: Lugol. Die Chloroplasten in den Bündelscheiden-Zellen haben eine zentripetale Position. Vergr. 275fach. – Abb. 26: Lugol + Phenol. Stärke in der Bündelscheide. Vergr. 110fach. – Abb. 27: Lugol + Phenol. Stärke in der Bündelscheide, aber auch im Mesophyll. Vergr. 275fach.

nehmen das  $\text{CO}_2$  vor allem nachts auf und binden es mittels PEP-Carboxylase an Oxalacetat. Es entsteht Malat, aus dem tagsüber  $\text{CO}_2$  abgespalten wird und durch die RubisCO dem Calvin-Zyklus zugeführt wird. Die Spaltöffnungen können dabei geschlossen bleiben. Während bei den  $\text{C}_4$ -Pflanzen die Vor- und Endfixierung des  $\text{CO}_2$  räumlich getrennt sind, sind sie bei den CAM-Pflanzen zeitlich getrennt. Die Isotopen-Analyse erfordert viel Aufwand. Ganz einfach und recht zuverlässig ist die Lugol-Phenol-Methode zum Nachweis einer  $\text{C}_4$ -Pflanze.

#### Literaturhinweise

Edwards, G. E., Franceschi, V. R., Ku, M. S. B., Vosnesenskaya, E. V., Pyankov, V. I., Andreo, C. S.: Compartmentation of photosynthesis in cells and tissues of  $\text{C}_4$  plants. *J. Exp. Bot.* 52, 577–590 (2001).

Eschrich, W. Funktionelle Pflanzenanatomie. Springer-Verlag, Berlin 1995.  
 Haberlandt, G.: Physiologische Pflanzenanatomie, 6. Aufl. Engelmann Verlag, Leipzig 1924.  
 Hatch, M. D., Slack, C. R.: Photosynthetic  $\text{CO}_2$  fixation pathways. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 21, 141–162.  
 Lüthje, E.: Blätter, Stärke und Lugol – Was hat das Blatt am Baum zu tun? *Mikrokosmos* 91, 55–61 (2002).  
 Pfundel, E., Nagel, E., Meister, A.: Analyzing the light energy distribution in the photosynthetic apparatus of  $\text{C}_4$  plants using highly purified mesophyll and bundle-sheath thylakoids. *Plant Physiol.* 112, 1055–1070 (1996).  
 Weiler, E. W.: Physiologie. In: Sitte, P., Weiler E. W., Kadereit, J. W., Bresinsky, A., Körner, C. (Hrsg.): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 35. Aufl., S. 119–517. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2002.

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

# Nachrichten

## Leica-Fortbildungsveranstaltungen

Im Leica-Applikationszentrum in Bensheim werden für das neue Jahr 2004 folgende Fortbildungsveranstaltungen angeboten:

### ■ Mikroskopie und Präparation

20.–22. April und 7.–9. September 2004

Präparationstechniken und lichtmikroskopische Untersuchungsmethoden im industriellen Anwendungsbereich

Teilnahmegebühr: 450,00 €

23. April und 10. September 2004

Gefrierschneiden im industriellen Anwendungsbereich

Teilnahmegebühr: 190,00 €

### ■ Digital Imaging

16.–17. März und 12.–13. Oktober 2004

Digitale Bilddokumentation in der Mikroskopie

Teilnahmegebühr: 500,00 €

### ■ Bildverarbeitung und Bildanalyse

8.–9. März, 21.–22. Juni und 4.–5. Oktober 2004

Grundkurs QWin

Teilnahmegebühr: 500,00 €

10.–11. März, 23.–24. Juni und 6.–7. Oktober 2004

Grundkurs QUIPS

Teilnahmegebühr: 500,00 €

### Weitere Informationen:

Leica Mikrosysteme, Vertrieb GmbH,

Lilienthalstraße 39–45, D-65625 Bensheim,

Tel. 0 62 51/13 60, Fax 0 62 51/13 61 55,

[www.leica-microsystems.com](http://www.leica-microsystems.com),

[Marianne.Kury@leica-microsystems.com](mailto:Marianne.Kury@leica-microsystems.com)

## Bodman 2004: Limnologie und Mikroskopie am Bodensee (3.10.–10.10.2004)

Wie in jedem Jahr seit 1988 treffen sich auch im Jahr 2004 Mikroskopiker zur Untersuchung von Plankton und Benthos des Bodensees sowie verschiedener kleinerer Gewässer in der Umgebung von Bodman-Ludwigshafen. Natürlich werden wir verschiedene Einrichtungen besuchen, um mit professionellen Limnologen und anderen Biologen die neusten Erkenntnisse über unsere Thematik zu erfahren und zu diskutieren. Auch der Erfahrungsaustausch mit anderen Mikroskopikern kommt beim täglichen Arbeiten nicht zu kurz.

Die wissenschaftliche Leitung wird auch in diesem Jahr von Herrn Dr. Heinz Streble übernommen. Alle Teilnehmer können von seinem umfassenden Wissen und Erfahrungsschatz profitieren. Wir kennen von Herrn Dr. Streble die vielen Veröffentlichungen im MIKROKOSMOS und insbesondere das für uns Planktonfreunde unentbehrliche Bestimmungsbuch, den *Wassertropfen*, der bereits die 9. Auflage erreicht hat.

Speziell für die Algengruppe Desmidiaceen konnten wir wieder Herr Prof. Rupert Lenzenweger gewin-

nen. Er ist bekannt durch verschiedene Veröffentlichungen u.a. im MIKROKOSMOS und besonders durch sein vierbändiges Werk *Die Desmidiaceen Österreichs*. Wir werden Aufsammlungen aus unterschiedlichen Mooren auswerten und Vergleiche anstellen.

Auch in diesem Jahr werden wir wieder von Herrn Walter Weiß, Göppingen, hervorragend unterstützt. Durch die Bereitstellung der Medien, wie beispielsweise einer Videoanlage können die beobachteten Organismen allen Teilnehmern dargestellt werden. Hierfür danken wir ihm schon heute.

Wir haben wieder das Haus Greth in Bodman zur alleinigen Nutzung durch unsere Gruppe in der Zeit vom 03.10. bis 10.10.2004 angemietet. Die Kosten und das genaue Programm der Planktonwoche stehen ab Anfang April 2004 fest.

Haben Sie Interesse oder Fragen zu dieser Veranstaltung, so schreiben Sie oder rufen Sie an:

Günter Beyer-Meklenburg, Fischbänkenstraße 17, D-16816 Neuruppin;

Telefon (abends ab ca. 20.00 Uhr) 0 33 91/35 87 83.

# Wie viele Pixel benötigt man für ein Mikrofoto?

Hinrich Husemann

Digitale Kameras mit Bildsensoren von 4 bis 5 Millionen Pixeln gehören heute zum Standard. Auch die Amateur-Mikroskopiker wenden sich immer mehr der digitalen Mikrofotografie zu, und mancher stellt sich die Frage: Über wie viele effektive Pixel sollte der Sensor der eingesetzten Kamera mindestens verfügen, um das Auflösungsvermögen des Mikroskops voll ins digitale Bild zu übertragen? Ausgehend von der klassischen Betrachtung zum Auflösungsvermögen des Mikroskops soll hier eine plausible Abschätzung versucht werden.

Unter dem Auflösungsvermögen von Mikroskopen versteht man den kleinstmöglichen Abstand  $d$  (oder auch dessen Kehrwert, angegeben z.B. in Doppellinien/mm) zwischen benachbarten feinen, von ihrer Umgebung unterscheidbaren Strukturelementen des Objekts, bei dem diese gerade noch separat wahrnehmbar sind. Er kann nicht – wie man es nach der geometrischen Optik erwarten könnte – beliebig klein gemacht werden. Ursache für diese Begrenzung ist die Wellennatur und die damit verbundene Beugung des Lichtes, wegen der zum Beispiel ein leuchtender Punkt auch bei aberrationsfreier Optik nicht wieder als Punkt, sondern als verwaschener, von lichtschwächeren Ringen umgebener kreisrunder Lichtfleck – das so genannte Airy-Scheibchen – abgebildet wird. Voraussetzung dafür, dass zwei gleich helle benachbarte Objektpunkte noch getrennt wahrgenommen, das heißt aufgelöst werden, ist eine erkennbar geringere Helligkeit beziehungsweise Intensität zwischen den Zentren ihrer sich etwas überlappenden Airy-Scheibchen, also ein ausreichender Kontrast. Theoretische Ansätze zur Berechnung von  $d$  gehen von idealisierten Bedingungen, wie einfach strukturierten Modellobjekten (zum Beispiel Punktpaare oder Liniengitter mit hohem Kontrast) und aberrationsfreier Abbildung, aus.

## Lösungsansatz

Als Modellobjekt wird hier ein zweidimensionales Raster aus äquidistanten, durch das Mikroskopobjektiv gerade noch aufgelösten leuchtenden Objektpunkten angenommen. Der Abstand zwischen deren nächsten Nachbarn ist

dann gleich dem durch die Strecke  $d$  beschriebenen Auflösungsvermögen. Das optische System Mikroskop + Kamera entwirft auf dem Bildsensor der Kamera ein geometrisch ähnliches Raster aus sich etwas überlappenden, aber noch getrennt erkennbaren Airy-Scheibchen. Der Abstand  $k$  zwischen deren Mitten, die im Folgenden als Bildpunkte bezeichnet werden, errechnet sich aus dem Auflösungsvermögen  $d$  und dem Abbildungsmaßstab  $M$  des auf dem Sensor entworfenen Bildes:

$$k = d \cdot M \quad (1).$$

Die in dem auf dem Sensor optisch entworfenen Bild erreichte Auflösung soll auch in dem von ihm elektronisch ausgegebenen Bild erhalten bleiben. Zur Ermittlung der dazu mindestens notwendigen Pixelzahl müssen zwei Fragen beantwortet werden:

a) Wie viele Bildpunkte, angeordnet in einem regelmäßigen Raster mit dem Abstand  $k = d \cdot M$ , haben auf der bekannten Fläche  $a \cdot b$  des Sensors Platz?

b) Wie viele Pixel sind zur separaten Erfassung eines Bildpunktes mindestens erforderlich?

Zu Frage a): Zunächst wird einfach eine quadratische Anordnung der Objektpunkte und damit auch der Bildpunkte angenommen. Auf die Sensorkanten  $a$  und  $b$  entfallen dann  $(a/k)$  beziehungsweise  $(b/k)$  Bildpunkte. Für die Zahl  $N$  der auf die Sensorfläche  $a \cdot b$  passenden Bildpunkte ergibt sich dann unter Berücksichtigung von Gleichung (1):

$$N = (a/k) \cdot (b/k) = (a \cdot b) / k^2 = (a \cdot b) / (d \cdot M)^2 \quad (2).$$

Die dichteste gleichmäßige Anordnung von Punkten ist aber nicht quadratisch, sondern hexagonal. Jeder Punkt ist hier von je sechs

Nachbarn im Abstand  $k$  umgeben, das heißt er liegt in der Mitte eines regelmäßigen Sechsecks. Die höhere Dichte dieser Anordnung wird einfach berücksichtigt durch Multiplikation von Gleichung (2) mit 1,155 als Korrekturfaktor (Ableitung siehe Anhang).

Zu Frage b): Zunächst liegt die Vermutung nahe: Wenn auf dem Sensor für jeden Bildpunkt *ein* Pixel vorhanden ist, sollte keine Information verloren gehen. Folgendes Beispiel widerlegt das: Ein Raster aus äquidistanten gleich hellen Punkten mit dem gerade noch auflösbaren Abstand  $d$  werde auf einem Sensor mit genau passender Zahl von Pixeln abgebildet. Dann würde zwar jeder helle Objektpunkt auch als Bildpunkt registriert, aber alle Pixel "sähen" die gleiche Intensität. Das resultierende Bild erschien deshalb als homogene helle Fläche; die Struktur des Punktrasters wäre nicht mehr erkennbar. Zur Auflösung von Punktpaaren müssen deshalb nicht nur jeweils beide Bildpunkte, sondern auch die Lücken zwischen ihnen durch mindestens einen Pixel erfasst werden.

Bei der hexagonalen Anordnung hat jeder Bildpunkt sechs äquidistante Nachbarn, er ist also je zur Hälfte an sechs Bildpunktpaaren beteiligt. Für seine direkte Erfassung wird je ein Pixel, für die Zwischenräume zu seinen sechs Nachbarn werden je sechs Pixel benötigt. Letztere sind ihm aber nur zur Hälfte zuzurechnen. Um *einen* Bildpunkt im digitalen Bild separat erkennbar darzustellen, werden also mindestens  $1 + (6/2) = 4$  Pixel benötigt. Für die gesuchte Mindest-Pixelzahl  $Z_{\text{MIN}}$  des Sensors sind die (mit dem Faktor 1,155 korrigierten!) Bildpunktzahlen  $N$  aus Gleichung (2) mit 4 zu multiplizieren:

$$Z_{\text{MIN}} = 4 \cdot 1,155 \cdot N = 4,62 \cdot (a \cdot b) / (d \cdot M)^2 \quad (3).$$

Bei dieser Betrachtung wurde im Stillen vorausgesetzt, dass auch die Anordnung der Pixel auf dem Sensor hexagonal ist. Diese ist dort aber meist quadratisch. Beide Fälle unterscheiden sich bei gleicher (mittlerer) Flächendichte  $Z/(a \cdot b)$  der Pixel sowohl in deren geometrischer Anordnung, als auch etwas bezüglich der Punktabstände. Ihre Muster sind also nicht zur Deckung zu bringen. Diese Fehlpassung erforderte an sich noch einen gewissen – hier aber weder untersuchten noch berücksichtigten – Sicherheitszuschlag zu  $Z_{\text{MIN}}$ .

Zur Auswertung müssen noch das Auflösungsvermögen  $d$  des Mikroskops beziehungsweise

seines Objektivs und der Abbildungsmaßstab  $M$  des auf den Sensor projizierten Bildes ermittelt werden.

## Auflösungsvermögen

Bezüglich der Theorie der optischen Abbildung, reichend von kohärent über partiell kohärent bis zu inkohärent beleuchteten Punktpaaren oder Liniengittern als Modellobjekt, sei auf die Literatur verwiesen. Alle Ansätze liefern Beziehungen vom Typ

$$d = f \cdot (\lambda / \text{NA}) \quad (4),$$

wobei  $\lambda$  die Vakuum-Wellenlänge des zur Abbildung benutzten Lichtes und  $\text{NA}$  die Numerische Apertur des Objektivs ist. Der Vorfaktor  $f$  variiert mit den jeweils gemachten Voraussetzungen über den Kohärenzgrad (d.h. die Interferenzfähigkeit) des zur Abbildung benutzten Lichtes und der Kontrastempfindlichkeit des Empfängers (Auge, CCD-Chip) im Bereich von etwa 0,5 bis 1. Unterschiedliche Annahmen über Letztere spiegeln sich wieder in den verschiedenen Kriterien für die Auflösung, zum Beispiel von Rayleigh oder von Sparrow (siehe u.a. Lipson, 1997; Paul, 2003). Allgemein ist die Auflösung bei inkohärenter Beleuchtung etwas besser – das heißt  $f$  kleiner – als bei kohärenter. Bei nicht zu weit geschlossener Kondensorblende ist mit eher inkohärenter Beleuchtung zu rechnen. Das klassische Kriterium von Rayleigh stellt an die Kontrastempfindlichkeit des Sensors nicht so extrem hohe Anforderungen wie das nach Sparrow. Es wird für die hier geplante Abschätzung als passender angenommen und liefert als Vorfaktor  $f$  von Gleichung (4):

$$f = 0,61 \text{ und damit } d = 0,61 \cdot (\lambda / \text{NA}) \quad (5).$$

Auch aus der Abbeschen Theorie resultiert für die übliche Einstellung der Kondensorblende auf circa 2/3 der Objektivapertur  $f \approx 0,6$ . Die Lichtmikroskopie arbeitet im Allgemeinen mit weißem Licht, das heißt einem Wellenlängenbereich von etwa 350–750 nm. Zur Berechnung von  $d$  nach Gleichung (5) benötigt man eine repräsentative Wellenlänge. Üblicherweise setzt man dazu  $\lambda = 550 \text{ nm} = 0,550 \mu\text{m}$  (grün) ein, wo etwa das Empfindlichkeitsmaximum des Auges beim Tagessehen liegt.

Der so berechnete Wert des Auflösungsvermögens  $d$  hängt also von nicht ganz willkürlich

festgelegten Vorgaben ab und stellt damit keinen absoluten, sondern mehr einen orientierenden, konventionellen Richtwert dar. Entsprechend Gleichung (3) gilt das dann auch für die hier gesuchte Mindestpixelzahl zur Übertragung des mikroskopischen Auflösungsvermögens.

Einsetzen für  $\lambda$  und  $d$  in Gleichung (3) ergibt für  $Z_{\text{MIN}}$  folgende allgemeine Zahlenwert-Gleichung, wobei die Sensorabmessungen  $a$  und  $b$  in mm einzusetzen sind:

$$Z_{\text{MIN}} = 15,27 \cdot (1/f^2) \cdot (a/\text{mm}) \cdot (b/\text{mm}) \cdot (NA/M)^2 \cdot 1000000 \quad (6)$$

Speziell mit  $f = 0,61$  entsprechend der oben gemachten Annahme gilt:

$$Z_{\text{MIN}} = 41,04 \cdot (a/\text{mm}) \cdot (b/\text{mm}) \cdot (NA/M)^2 \cdot 1000000 \quad (7)$$

### Abbildungsmaßstab und Bildformate

Zur Auswertung der Gleichungen (6) beziehungsweise (7) wird der Abbildungsmaßstab  $M$  des Bildes benötigt. Er hängt von dem abbildenden optischen Gesamtsystem ab. Da die meisten Amateur-Digital-Kameras fest eingebaute Objektive haben, bietet sich hier für die Mikrofotografie im Allgemeinen nur die Konfiguration "Mikroskop + auf das Okular aufgesetzte Kamera mit auf  $\infty$  eingestelltem Objektiv" an. Diese Konfiguration ist optisch völlig korrekt und entspricht der visuellen Benutzung des Mikroskops. Die meisten dieser Objektive sind pankratische Systeme. Sie gestatten wegen der schweren zugänglichen Eintrittspupillen leider meist nur in gewissen Grenzen die Wahl einer das Sehfeld des Okulars gut nutzenden Brennweite. Damit verbundene Probleme (z.B. Vignettierungen) sollen hier nicht behandelt werden.

Für den Abbildungsmaßstab  $M$  des auf den Kamerasensor bei oben angenommener Konfiguration projizierten Bildes gilt:

$$M = M(\text{Obj}) \cdot T \cdot V(\text{Ok}) \cdot M(\text{Kam}) \quad (8)$$

$M$  = Abbildungsmaßstab des Bildes,  $M(\text{Obj})$  = Abbildungsmaßstab des Objektivs,  $T$  = Tubusfaktor,  $V(\text{Ok})$  = Vergrößerung des Okulars,  $M(\text{Kam})$  = Kamerafaktor = Brennweite des Kameraobjektivs/konventionelle deutliche Sehweite.

$$M(\text{Kam}) = [f(\text{Kam})/\text{mm}] / 250 \quad (9)$$

Der Tubusfaktor gibt die Vergrößerung durch die Tubusoptik an; üblich sind zum Beispiel  $T = 1x$  oder  $T = 1,25x$ . Faktoren von Zwischenlängen müssen zusätzlich berücksichtigt werden.

Viele Mikroskophersteller fassen für Aufsetzkameras Okular und Kameraobjektiv zusammen zu einem Projektiv; dazu muss das Objektiv der aufgesetzten Kamera aber abnehmbar sein. Bei voll auskorrigierten Objektiven (z.B. CF, CVD-frei usw.) kann das Bild auch ohne Okular und Kameraoptik direkt auf dem Bildsensor entworfen werden. In beiden Fällen ist die Berechnung von  $M$  entsprechend zu modifizieren.

Hier interessieren besonders die im Vergleich zur konventionellen KB-Kamera mit dem Bildformat  $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$  und der Diagonalen  $43,3 \text{ mm}$  meist wesentlich kleineren Abmessungen der Bildsensoren von Digitalkameras. Zwar gibt es auch hier bei einigen aufwändigeren Modellen Sensoren in KB-Voll- und Halbformat. Im Allgemeinen gilt aber ein  $2/3''$ -Chip mit einem Format von  $8,8 \text{ mm} \times 6,6 \text{ mm}$  und einer Diagonalen von  $11 \text{ mm}$  schon als vergleichsweise großer Sensor. Um gleiche Bildwinkel und damit gleiche Bildinhalte wie bei den KB-Kameras zu erhalten, haben die Objektive entsprechend kleinere Brennweiten. Beispiel: Bei einem  $2/3''$ -Chip entsprechen etwa  $13 \text{ mm}$  der KB-Normal-Brennweite  $50 \text{ mm}$ . Für Digitalkameras sind die jeweils gleichen Bildwinkel entsprechenden Brennweiten der KB-Objektive als Referenzwerte oft mit angegeben und auch bei Kenntnis der Sensordiagonalen leicht zu bestimmen. In unserem Beispiel:  $f = (11 \text{ mm} / 43,3 \text{ mm}) \times 50 \text{ mm} = 12,7 \text{ mm}$ . Die Ergebnisse der Betrachtungen für das KB-Format sind bei gleichen Referenz-Brennweiten der Objektive direkt auf die anderen Formate übertragbar.

An den Vario-Objektiven der normalen Digitalkameras lässt sich die jeweils eingestellte Brennweite meist nicht ablesen. Man kann aber die KB-Referenzbrennweite ermitteln, wenn man beispielsweise mit Hilfe eines Okulars oder Objekt-Mikrometers den bei aufgesetzter Kamera erhaltenen Bildausschnitt vergleicht mit dem einer KB-Spiegelreflex-Kamera bekannter Brennweite. Verhalten sich die abgebildeten Skalenausschnitte wie  $a:b$ , so verhalten sich die jeweiligen Referenzbrennweiten umgekehrt, das heißt wie  $b:a$ .

## Berechnungsbeispiele

Vorgabe: Objektiv 10/0,25, Tubusfaktor 1x, Okular 10x, Bildformat 24 mm × 36 mm, Brennweite des Kameraobjektivs 62,5 mm, das heißt Kamerafaktor = 62,5 mm/250 mm = 0,25 und damit  $M = (10:1) \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,25 = (25:1)$ .  $Z_{\text{MIN}} = 41,04 \cdot (24 \cdot 36) \cdot (0,25/25) \cdot 1000000 = 3,55 \cdot 1000000$  Pixel.

Bei einem 63-mm-Objektiv (früher bei ZEISS als Objektiv für aufgesetzte Spiegelreflex-Kameras erhältlich) entspricht der 43,3 mm großen Bilddiagonale der KB-Kamera eine Strecke von  $43,3 \text{ mm}/(0,25 \cdot 10) = 17,3 \text{ mm}$  im Sehfeld des üblichen 10 × 18 oder 10 × 20 Okulars, das damit praktisch voll genutzt wird (deshalb wurde es hier auch als Beispiel angeführt). Bei Objektiven mit nicht vollständig geeigneten Sehfeldern sollte die KB-Referenzbrennweite der Kamera größer sein, zum Beispiel 80 mm oder 100 mm, um sich mehr auf die Bildmitte zu beschränken. Hier entsprechen der Bilddiagonalen der Kamera nur noch 13,5 beziehungsweise 10,8 mm im Sehfeld des Okulars.

Für eine KB-Kamera mit der Objektivbrennweite 100 mm erhält man bei sonst gleicher Konfiguration wie oben: Kamerafaktor =  $100/250 = 0,4$  das heißt  $M = 40:1$  und damit  $Z_{\text{MIN}} = 1,39 \cdot 1.000.000$  Pixel.

Die Tabelle zeigt für eine Reihe von gängigen Mikroobjektiven neben dem nach Gleichung (5) berechneten Auflösungsvermögen die für die folgenden Voraussetzungen nach Gleichung (9) berechneten Mindest-Pixelzahlen  $Z_{\text{MIN}}$ :

Tubusfaktor 1x, Okular 10x, KB-Referenzbrennweite des Kameraobjektivs 63 mm bzw. 80 mm bzw. 100 mm (d.h. Kamerafaktor 0,25 bzw. 0,32 bzw. 0,40 bei KB-Bildformat 24 mm × 36 mm). Die Ergebnisse sind gerundet in Mega-Pixel angegeben (Tabelle 1).

## Direktprojektion

Schließlich wird noch kurz der Fall der Direktprojektion des Bildes nur durch das (zweckmäßig voll

auskorrigierte) Mikroobjektiv auf den Sensor betrachtet. Letzterer befindet sich in einer zur Bildfeld-Ebene des Okulars konjugierten Ebene (einstufige Abbildung). Dazu müsste man das Kameraobjektiv entfernen, was bei fest eingebauten Objektiven natürlich problematisch ist und eine anderweitige Verwendung der Kamera behindern würde.

Für den Abbildungsmaßstab gilt hier  $M = M(\text{Obj}) \cdot T$ . Mit  $T = 1$  wären bei dem oben erwähnten 2/3"-CCD-Chip (8,8 mm × 6,6 mm, Diagonale 11 mm) mit einem 10/0,25-Objektiv 1,49 × 1.000.000 Pixel für eine Abbildung ohne Informationsverlust erforderlich. Das entspricht etwa der oben erwähnten 100-mm-KB-Aufsetzkamera. Für einen größeren Bildausschnitt wäre eine Tubusoptik mit  $T < 1$  notwendig.

Die Abmessungen eines 1/2"-CCD-Chips betragen 6,4 mm × 4,8 mm. Hier wären bei Direktprojektion mit einem 10/0,25-Objektiv mindestens 0,79 × 1.000.000 Pixel, bei einem 1/3"-CCD-Chip mit 4,8 mm × 3,6 mm nur noch 0,44 × 1.000.000 Pixel erforderlich. Dabei würden nur noch sehr kleine Ausschnitte des Objekts abgebildet.

Die Ergebnisse für die Direktprojektion bei Tubusfaktor 1x auf einen 2/3"-CCD-Chip sind mit in Tabelle 1 aufgenommen.

**Tabelle 1:** Mindestpixelzahl  $Z_{\text{MIN}}$  nach Gleichung (9) für verschiedene Mikroobjektive bei Tubusfaktor 1x, Okular 10x, Kameraobjektive von 63 mm, 80 mm und 100 mm KB-Referenzbrennweite.

| Objektiv | $\mu\text{m}$ | $Z_{\text{MIN}}/1000000$ | $d$                | KB-Referenzbrennweite |       |        | Direktprojektion<br>2/3"-CCD-Chip |
|----------|---------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------|--------|-----------------------------------|
|          |               |                          | nach Gleichung (5) | 63 mm                 | 80 mm | 100 mm |                                   |
| 2,5/0,08 | 4,19          | 5,81                     | 3,55               | 2,27                  |       | 2,44   |                                   |
| 5/0,10   | 3,36          | 2,27                     | 1,39               | 0,89                  |       | 0,96   |                                   |
| 10/0,25  | 1,34          | 3,55                     | 2,17               | 1,39                  |       | 1,49   |                                   |
| 10/0,30  | 1,12          | 5,11                     | 3,12               | 2,00                  |       | 2,15   |                                   |
| 16/0,40  | 0,84          | 3,55                     | 2,17               | 1,39                  |       | 1,49   |                                   |
| 20/0,40  | 0,84          | 2,27                     | 1,39               | 0,89                  |       | 0,96   |                                   |
| 20/0,50  | 0,67          | 3,55                     | 2,17               | 1,39                  |       | 1,49   |                                   |
| 25/0,63  | 0,53          | 3,61                     | 2,20               | 1,41                  |       | 1,52   |                                   |
| 40/0,65  | 0,52          | 1,50                     | 0,92               | 0,59                  |       | 0,63   |                                   |
| 40/0,75  | 0,45          | 2,00                     | 1,22               | 0,78                  |       | 0,84   |                                   |
| 40/1,00  | 0,34          | 3,55                     | 2,17               | 1,39                  |       | 1,49   |                                   |
| 60/0,80  | 0,42          | 1,01                     | 0,62               | 0,40                  |       | 0,43   |                                   |
| 63/1,40  | 0,24          | 2,80                     | 1,71               | 1,10                  |       | 1,18   |                                   |
| 100/1,25 | 0,27          | 0,89                     | 0,55               | 0,35                  |       | 0,38   |                                   |
| 100/1,30 | 0,26          | 0,96                     | 0,59               | 0,38                  |       | 0,41   |                                   |

## „Umgekehrte“ Berechnung

Man kann nun diese Berechnungen auch umgekehrt – sozusagen von oben nach unten – durchführen, wenn man von dem Bildsensor die Abmessungen  $a \times b$  und auch die effektive Zahl  $Z$  seiner Pixel kennt. Das Verfahren eignet sich besonders für die Überprüfung, ob in einem vorgegebenen Einzelfall die Pixelzahl des Sensors für die Einhaltung des Auflösungsvermögens ausreicht. Der Abstand zwischen benachbarten Pixeln (von Pixelmitte zu Pixelmitte) betrage einheitlich  $A$ . Wir gehen wie oben davon aus, dass zwischen zwei Pixeln, die benachbarte, gerade noch aufgelöste Bildpunkte abdecken, noch ein dritter Pixel liegen muss. Der Abstand der beiden äußeren, die beiden Bildpunkte abdeckenden Pixel beträgt dann also  $2A$ . Man bildet einfach rechnerisch den doppelten Pixelabstand des Sensors über den Abbildungsmaßstab des Bildes in das Objekt ab und vergleicht die dabei gefundene Strecke  $\delta$  mit dem bekannten beziehungsweise berechneten Auflösungsvermögen  $d$  des Objektivs. Ist  $\delta$  kleiner als  $d$ , dann ist im Bild  $2A$  kleiner als  $k$ . Die Pixel auf dem Sensor liegen damit dichter als bei der gegebenen Auflösung nötig und es geht keine Information verloren. Für  $\delta$  gilt leicht nachvollziehbar

$$\delta = 2A/M \quad (10).$$

Für ein quadratisches Pixelraster errechnet man  $A$  analog zu Gleichung (2) wegen  $Z = (a/A) \cdot (b/A) = (a \cdot b)/A \cdot A$  zu:

$$A = \sqrt{[(a \cdot b)/Z]} \quad (11).$$

Beispiel: Objektiv 10/0,25, Tubusfaktor 1×, Okular 10×,  $f(\text{Kam}) = 62,5 \text{ mm}$ ,  $a \cdot b = 24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$ ,  $d = 0,61 \times (0,550 \text{ } \mu\text{m/NA})$ ,  $Z = 4.000.000$ .

Daraus folgt:  $d = 1,34 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $M = 25:1$ ,  $A = \sqrt{[(24000 \text{ } \mu\text{m} \cdot 36000 \text{ } \mu\text{m})/4.000.000]} = 14,7 \text{ } \mu\text{m}$  und damit  $\delta = 2 \cdot 14,7 \text{ } \mu\text{m}/25 = 1,18 \text{ } \mu\text{m} < 1,34 \text{ } \mu\text{m}$ .

Das heißt, das Auflösungsvermögen wird hier nach noch vollständig ins Bild übertragen.

Die Werte weichen zahlenmäßig ein wenig von denen ab, die man nach dem ersten Verfahren erhalten würde. Die Ursache liegt darin, dass hier die quadratische Anordnung der Pixel des Sensors einfach auf die Anordnung der gerade noch auflösabaren Objektpunkte übertragen

wird. Diese wird aber wegen ihrer höheren Dichte realistischer als hexagonal beschrieben. Es gilt das bereits bei der Kommentierung von Gleichung (3) Gesagte.

## Diskussion

In die Berechnung von  $Z_{\text{MIN}}$  nach Gleichung (8) beziehungsweise (9) geht das Auflösungsvermögen  $d$  als maßgebende, und wie bereits dargelegt, die mit den größten Freiheitsgraden behaftete Größe ein.

Legte man für die Berechnung von  $Z_{\text{MIN}}$  statt des Rayleigh-Kriteriums die bezüglich der Kontrastempfindlichkeit des Sensors anspruchsvoller Kriterien, wie das für die so genannte Grenzauflösung ( $f = 0,51$ ) oder sogar das nach Sparrow ( $f = 0,47$ ) zu Grunde, ergäben sich für  $Z_{\text{MIN}}$  nach Gleichung (8) um circa 43% beziehungsweise 68% höhere Werte!

Auf die in der Anmerkung zu Gleichung (3) bereits diskutierte Fehlpassung zwischen der hexagonalen Packung der Objekt- und Bildpunkte und den quadratisch auf dem Sensor angeordneten Pixeln sei hier noch einmal verwiesen. Ihr Ausgleich erforderte eine höhere reale Pixelzahl als die berechnete; das nötige Ausmaß der Erhöhung ist aber schwer abzuschätzen.

Die in der Tabelle für  $Z_{\text{MIN}}$  angegebenen, nach Gleichung (9) auf Basis des Rayleigh-Kriteriums berechneten Zahlen sollten also vorsichtshalber als untere Grenzwerte betrachtet werden.

Unabhängig davon, ob diese Zahlen insgesamt zu hoch oder niedrig ausgefallen sind, zeigt der Vergleich untereinander, dass bei den schwächeren Objektiven mit relativ hoher Numerischer Apertur, das heißt bei größerem Verhältnis (NA/M), die Zahl der zur Übertragung der Auflösung notwendigen Pixel am höchsten ist. Was auch mancher Leser so vielleicht nicht erwartet hat: Bei den stärkeren Objektiven sind die Mindestpixelzahlen erheblich geringer.

Bei kürzeren KB-Referenzbrennweiten der Kameras sind wegen der damit verbundenen kleineren Abbildungsmaßstäbe  $M$  und damit größeren Bildausschnitte die Mindestpixelzahlen wesentlich höher als bei längeren.

Für die üblichen Digitalkameras mit eingebauten Vario-Objektiven kommen aus der Tabelle mehr die Werte für die KB-Referenzbrennweiten 80 mm und 100 mm in Frage, da bei der Ein-

stellung kürzerer Brennweiten meist Vignettierungen auftreten. Das gilt besonders für Vario-Objektive größerer Fokusspannweite (ZOOM-Faktor).

Bei schwachen Objektiven relativ hoher Apertur (z.B. 2,5/0,08) und insbesondere kürzeren Kamera-Brennweiten (hier 63 mm), kann die Mindestpixelzahl doch schon sehr groß werden. Man sollte aber bedenken, dass auch visuell das Auflösungsvermögen schwächerer Objektive meist deshalb nicht voll ausgenutzt wird, weil man dort mit den üblichen 10x Okularen oft unterhalb der förderlichen Vergrößerung beobachtet. Hier reicht die Pixelzahl des Auges nicht zur separaten Erfassung aller angebotenen Bildpunkte aus. Beispiel: Bei Benutzung eines 10/0,25 Objektivs mit einem 10x Okular liegt man schon merklich unterhalb der – hier circa 125–250fachen – förderlichen Vergrößerung.

## Fazit

Für die normale mikroskopische Standardoptik, also Achromate und Planachromate mit ihren nicht so hohen Numerischen Aperturen, sollte in den meisten Fällen schon eine gute Digitalkamera mit 3 Mega-Pixeln die Übertragung des Auflösungsvermögens in das Bild bewältigen. Bei den aperturmäßig höher gezüchteten Fluoriten und Apochromaten benötigt man zum Teil etwas mehr Spielraum. Mit Sensoren von 4 bis 5 Mega-Pixeln sollten dieser Abschätzung nach aber in den meisten praktisch relevanten Fällen die vom Mikroskop aufgelösten Objektdetails mikrofotografisch ausreichend erfasst werden können. Eine weitere Erhöhung der Pixelzahl ermöglicht sicher schönere großformatige Bildausdrucke, bringt aber keine Erhöhung der Auflösung. Auch der noch wesentlich feinkörnigere konventionelle Film zeigt nur das, was das Mikroskop optisch aufgelöst hat. Es sollte auch nicht vergessen werden, dass neben der verfügbaren Anzahl von Pixeln noch andere Eigenschaften des Bildsensors für die Qualität des Bildes von Bedeutung sind. Das war aber nicht Gegenstand dieser Betrachtung.

## Anhang

Vergleich hexagonale zu quadratischer Packungsdichte  $N/F$  von Bildpunkten:

Quadratisches Raster: Rechteckfläche mit Kanten a und b:  $F(\text{quad}) = a \cdot b$ .

Hexagonales Raster: Parallelogrammfläche mit Kanten a und b und spitzem Winkel 60 Grad:  $F(\text{hex}) = a \cdot b \cdot \cos [(90 - 60)\text{grad}] = F(\text{quad}) \cdot \cos (30\text{grad}) = 0,866 F(\text{quad})$ .

Wenn auf  $F(\text{quad})$  und  $F(\text{hex})$  jeweils die gleiche Zahl  $N$  von Bildpunkten passt, gilt für deren Packungsdichten:  $(N/F)_{\text{HEXAGON}} : (N/F)_{\text{QUADRAT}} = 1/0,866 = 1,155$ .

## Literaturhinweise

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

Göke, G.: Moderne Methoden der Lichtmikroskopie. Frankh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1988. Haferkorn, H.: Optik. Verlag Harri Deutsch, Thun, Frankfurt 1981.

Lipson, G., Lipson, H., Tannhauser, D.: Optik. Springer-Verlag, Berlin 1997.

Paul, H. (Hrsg.): Lexikon der Optik. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin 2003.

Scheibel, J. R.: Fotos Digital – Basiswissen. Verlag für Foto, Film und Video, Gilching 2003.

Verfasser: Dr. Hinrich Husemann, Molinder Grasweg 31, D-32657 Lemgo, Tel.: 052 61/716 96



## Mikroskope Stereomikroskope Mikrotome Kaltlichtbeleuchtung Refraktometer



- neueste Technologien
- hochwertige Optik
- präzise Metallverarbeitung
- sorgfältige Montage
- relativ niedrige Preise



Fordern Sie unseren Prospekt an

MIKROSKOP F-SERIE

# Exkursion der Mikrobiologischen Vereinigung München e.V. zu Steinernen Rinnen in Südbayern

Siegfried Hoc

**Steinerne Rinnen entstehen durch Kalkabscheidung aus fließendem Wasser. Sie sind also Kalktuffbildungen. Dieser Kalktuff, auch Travertin genannt, verdankt seiner Entstehung vorwiegend Kalk ausfällenden Pflanzen. An zwei steinernen Rinnen wurden die sie aufbauenden Organismen im Rahmen von Exkursionen der Mikrobiologischen Vereinigung München e.V. genauer inspiziert.**

**N**ur wo kalkhaltiges, so genanntes hartes Wasser fließt, kann Tuff ausgeschieden werden. Wie entsteht Kalktuff? Regenwasser verbindet sich beim Durchsickern der Bodenschichten mit Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) aus dem Stoffwechsel der Mikrofauna und der Atemtätigkeit der Pflanzenwurzeln. Dabei entsteht Kohlensäure, die wenn auch langsam, den Kalk (Calciumkarbonat,  $\text{CaCO}_3$ ) löst und dabei in Calciumhydrogenkarbonat  $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$  umwandelt:



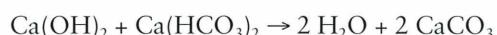
Auf diese Weise wird Grundwasser kalkhaltig. Das Quellwasser kann dann 160 mg/l und mehr Calcium-Ionen und mehr als 400 mg/l Kohlensäure enthalten. Der Härtegrad liegt dann über 23° Deutscher Härte.

In der Regel besteht zwischen dem Calciumhydrogenkarbonat (auch Bikarbonat genannt), der Kohlensäure und dem gelösten Kohlendioxid ein Gleichgewicht, das von der Wassertemperatur und dem Luftdruck abhängt. Tritt das Wasser aus der Quelle aus, wird dieses Gleichgewicht gestört. Ein Teil des gelösten Kohlendioxids entweicht in die Luft. Dadurch zerfällt die Kohlensäure im Wasser in Wasser und Kohlendioxid-Gas. Da aber die Menge des in Lösung befindlichen Calciumhydrogenkarbonates von der in Lösung befindlichen Kohlensäure abhängt, zerfällt es in unlösliches Calciumkarbonat (Kalk) und Kohlensäure.

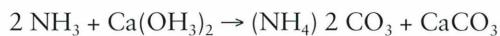
Und nun kommen phytogene Faktoren ins Spiel: Zum Beispiel fangen die Moosblättchen Kalkpartikel auf und verkrusten dadurch. Durch die „Dochtfunktion“ der Moospflänzchen verkrusten auch die über die Wasseroberfläche ragenden Sprosse, wenn das durch Kapillarwirkung noch oben gesaugte kalkreiche Wasser verdunstet.

Cyanobakterien und Algen sind die wichtigsten Gesteinsbildner: Bei der Assimilation entziehen diese Organismen dem Bikarbonat-haltigen Wasser Kohlendioxid, wodurch Calciumkarbonat ausfällt. Auf diese Weise können die Algen vollkommen umkrustet werden.

Eine weitere Möglichkeit der Kalktuffbildung besteht darin, dass manche Pflanzen ihr Kohlendioxid für die Assimilation direkt aus dem Calciumhydrogenkarbonat beziehen: Sie scheiden dabei Calciumhydroxid  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  aus, das mit dem Bikarbonat des Wassers reagiert, wobei Wasser und Calciumcarbonat entsteht, das schließlich ausfällt:

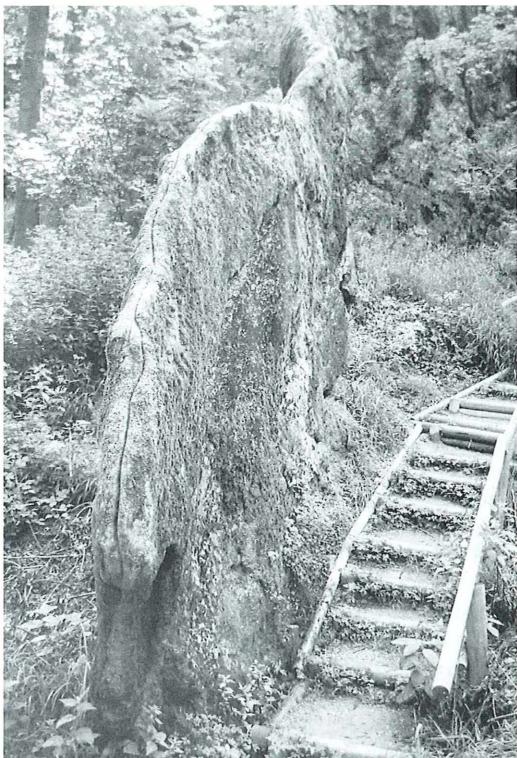


Auch Bakterien fällen Calciumkarbonat aus. Sie zersetzen abgestorbene Algen und Moose, wobei Ammoniak entsteht, Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) aber reagiert mit dem Calciumhydrogenkarbonat unter Bildung von löslichem Ammoniumkarbonat und unlöslichem Calciumkarbonat, das schließlich ausfällt:



## Der „Wachsende Stein“ von Usterling

Das Naturdenkmal des Johannisfelsens von Usterling bei Landau an der Isar steht seit 1937 unter Naturschutz (Abb. 1). Die älteste Urkunde vom Wachsenden Stein in Usterling befindet sich auf einem Altarbild in der Usterlinger Kirche. Dieses Werk ist 1520 entstanden (der Maler ist unbekannt). Es zeigt die Taufe Christi. Das Taufwasser kommt über eine steinerne Rinne herab. Es handelt sich um die Wiedergabe des Wachsenden Steines. Er wurde wegen dieser Taufszene Johannisfelsen genannt.



**Abb. 1: Die Steinerne Rinne Johannifelsen in Usterling** (alle Fotos: J. Haeckl, Emmering).

Erwähnt wurde der Wachsende Stein erstmals 1579 von dem Geografen und Mathematiker Philip Apian, der an der Universität Ingolstadt lehrte. Mehr wissenschaftliche Aufmerksamkeit wurde dem Johannifelsen bis in unsere Zeit nicht zuteil. Allerdings wurde dem Wasser Heilkraft für die Augen zugeschrieben. Usterling wurde Wallfahrtsort. Die Kapelle oberhalb des Johannifelsen und die darin eingebrachten Votivtafeln erinnern noch daran.

Der Kalkgehalt des Wassers, der Voraussetzung für die Bildung des Wachsenden Steines ist, lässt sich durch die geologischen Verhältnisse vor Ort erklären. Der Talhang baut sich bis zur Höhe des Quellaustrittes aus den limnischen Schichten der Süß-Brackwasser-Molasse auf. Die Süß-Brackwasser-Molasse besteht aus Sedimenten aus den Alpen und besitzt einen hohen Kalkgehalt. Das Molassebecken reicht bis zur Donau. Die Sedimente bilden graue Mergel (Sedimentgestein aus Kalk und Ton). Diese Mergel entstanden in einem See, der sich im

Miozän (vor etwa 15 Mio. Jahren) hier befand. Auf diese Schichten wurde im oberen Torton (vor etwa 9 Mio. Jahren) fluviatiler (durch Flüsse transportierter) Schotter ausgebreitet. Über diese kam schließlich noch eine Schicht Süßwasserkalk.

Da die Mergel wasserundurchlässig sind und daher Wasser stauen, die Schotterschichten aber wasserdurchlässig sind, sammelt sich über der Grenze beider Schichten Grundwasser an. Wird diese Schichtgrenze durch Erosion freigelegt, wie es am oberen Hang über dem Wachsenden Stein passiert ist, bildet sich ein Quellhorizont. Der hohe Karbonatgehalt des Quellwassers von Usterling stammt aus dem Kalkschotter und dem Süßwasserkalk.

### **Ohne Pflanzen kein „Wachsender Stein“**

Bereits etwa 15 m unterhalb der Quelle kann man im Bachbett die ersten Tuff bildenden Pflanzen und Cyanobakterien finden (Abb. 2 und 3): Die Schlauchalge *Vaucheria* (Grünalge) und das Cyanobakterium *Phormidium papyraceum*. Auch die ersten Tuffbildungen sind hier zu beobachten. In der eigentlichen Tuffwand tritt ein Massenvorkommen des Lebermooses *Conocephalum conicum* auf. Im westlichen Hauptabschnitt des Felsens findet man an den Wänden das Laubmoos *Eucladium verticillatum* massenhaft. Dazwischen hellgrün gefärbter Tuff mit dem Cyanobakterium *Chroococcus*. Schattige, feuchte Stellen sind auch hier mit dem Lebermoos *Conocephalum conicum* überwachsen. An tropfnassen Stellen finden sich die Cyanobakterien *Scytonema myochrous* und *Oscillatoria*-Arten. Die Tuffbildner des Steines sind aber Moose. Algen kleiden das Bett der Rinne auf dem Damm aus. Sie bilden einen dichteren Tuff, der das Bachbett gegen den sehr porösen Moostuff abdichtet. Dadurch kann sich das Bachbett langsam – im Falle des Johannifelsen dauerte es etwa 800 Jahre – über den Untergrund erheben und gemeinsam mit den Moosen des Dammes das Phänomen der „Steinernen Rinne“ bilden.

### **Die Steinerne Rinne auf dem Baun-Alm**

In der Nähe von Bad Tölz auf der Baun-Alm (864 m hoch), die über die Ortschaft Wackersberg und die Ausflugsgaststätte Waldherralm

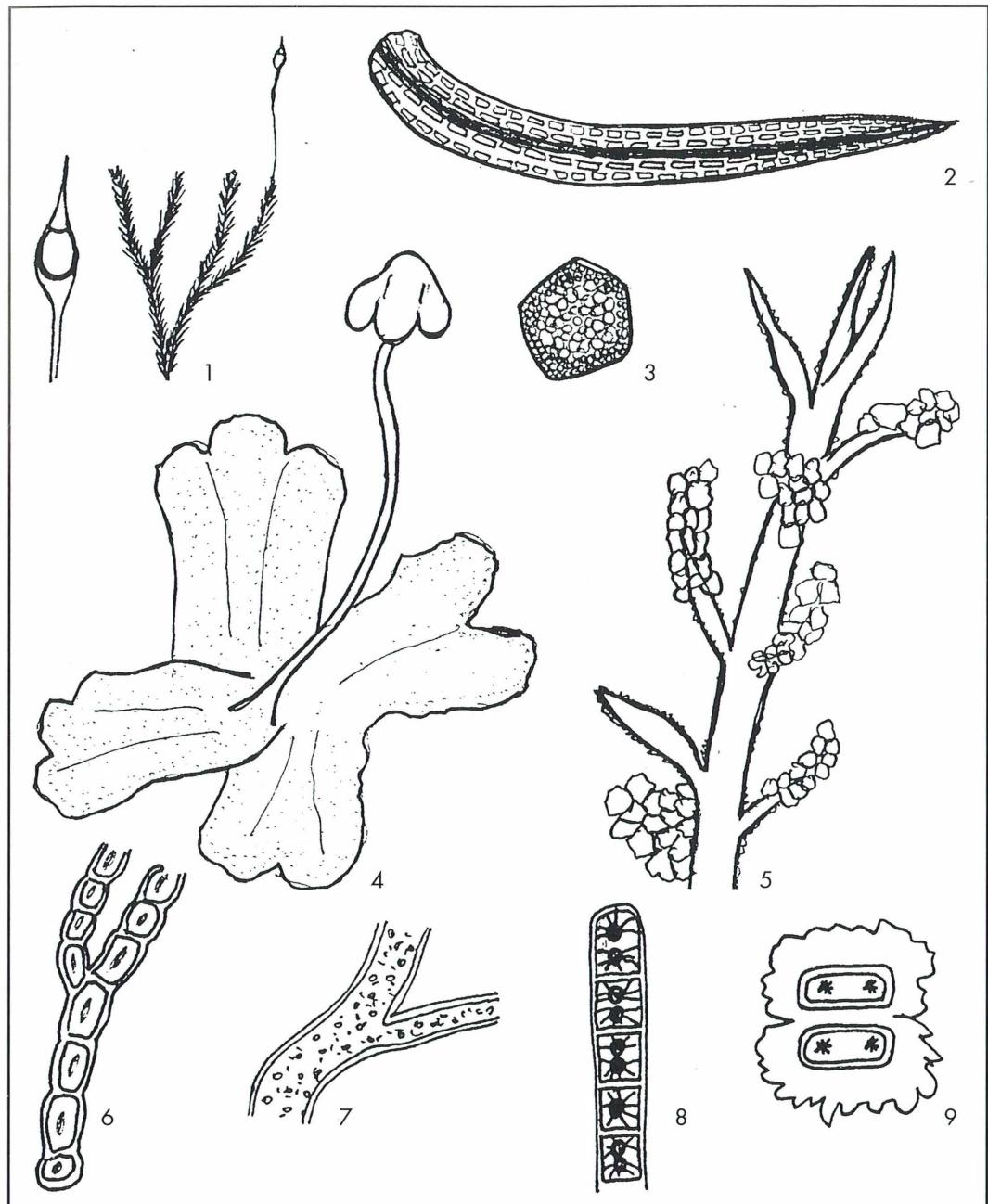


Abb. 2: Pflanzen vom Johannifelsen in Usterling. 1 Laubmoos *Eucladium verticillatum* mit Sporophyt, 2 Blatt von *Eucladium*, 3 Stängel von *Eucladium* im Querschnitt: Rund-fünfkantig ohne Zentralstrang, 4 Lebermoos *Conocephalum conicum* mit Antheridienstand (oben), 5 Moospflänzchen mit Calcitkristallen, 6 *Trentepohlia aureus* (Farbige Schuppen-Grünalge), 7 Schlauchalge *Vaucheria* (Xanthophyceae), 8 Fa-dien-Jochalge *Zygnema* (Conjugatophyceae), 9 Eiherzalge *Oocardium* (Conjugatophyceae, Desmidioideae) in Kalktuff eingebettet.

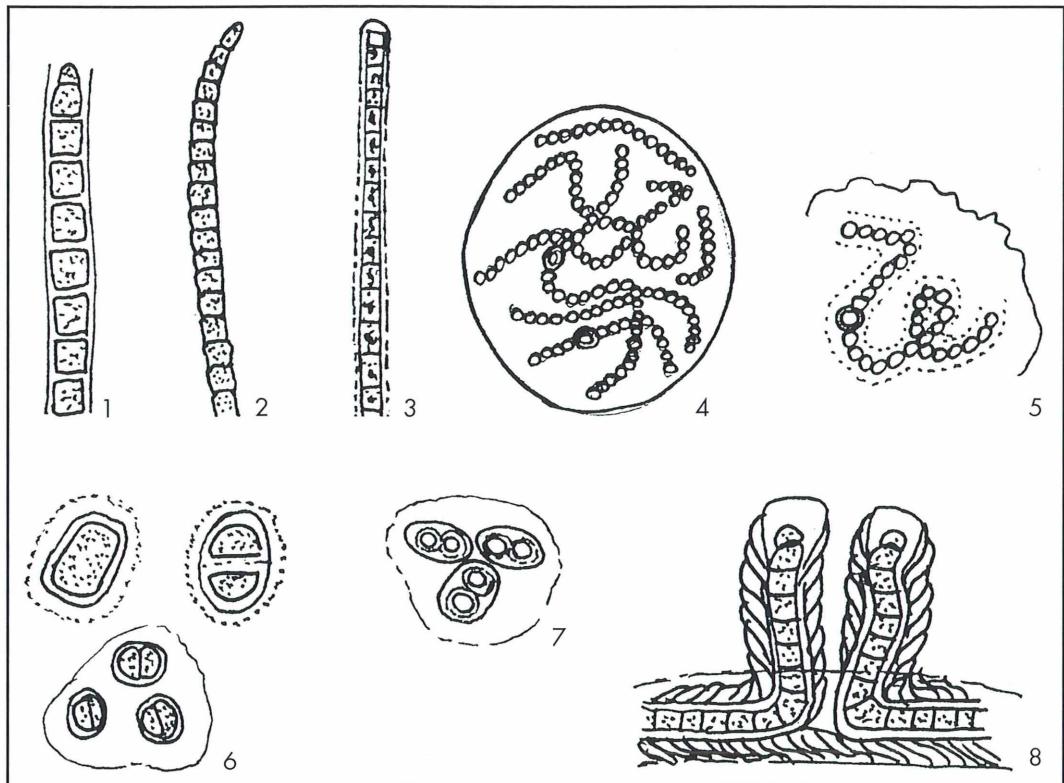


Abb. 3: Cyanobakterien vom Johannifelsen in Usterling. 1 *Phormidium papyraceum* (Glänzende Häutchen-Blaulalge), 2 *Oscillatoria formosa* (Schöne Schwingalge), 3 *Oscillatoria agardhii* (Bündel-Schwingalge), 4 *Nostoc sphaeroides* (Sternschneuzer-Alge), 5 *Nostoc verrucosum* (Warzige Zitterkugel), 6 *Chroococcus* (Kugelblaulalge), 7 *Gleocapsa sanguinea* (Rote Hüllenblaulalge), 8 *Scytonema myochrous* (Tintenstrichalge).

nach kurzer Wanderung zu erreichen ist, haben sich zwei Steinerne Rinnen gebildet. Über die größere von ihnen soll hier berichtet werden (Abb. 4). Sie liegt auf einer kleinen Verebnung, etwa 250 m NW der Baun-Alm an einem Quellgebiet. Eine dieser Quellen ist gefasst worden und versorgt die Alm mit Wasser. Ein Rinnsal versorgt die Steinerne Rinne. Die Quelle dieses Rinnals ist mit Quellsintermoos der Gattung *Eucladium* und Polstern des Cyanobakteriums *Scytonema myochrous* erfüllt (Abb. 5). Heller, noch nicht verfestigter Kalktuff ist zwischen den Cyanobakterien-Polstern abgelagert. Dazwischen finden sich Kolonien der Eiherzalge *Oocardium*. Die Zellen sitzen auf gabelig verzweigten Gallertstielen, die meist von einer Kalkröhre umgeben sind. In der

Rinne des Johannifelsens war diese Alge nur abgestorben und eingebettet im Kalktuff nachzuweisen.

Die eigentliche Rinne führt zu einem Trog, der als Viehtränke dient. Die gesamte Rinne ist fast ausschließlich aus Cyanobakterientuff aufgebaut. An den Überlaufstellen finden sich Massen von *Zygnema*, *Spirogyra* und Quellsintermoos *Eucladium*. *Zygnema* und *Eucladium* sind Tuffbildner. An den *Zygnema*-Fäden finden sich regelmäßig Calcit-Verkrustungen, an den *Spirogyra*-Fäden dagegen nie.

Im Holztrog unterhalb der Steinernen Rinne sind alle genannten Algen- und Moosarten zu finden. Das aus dem Überlauf stammende Wasser baut eine etwa 40 m lange Tuffwölbung mit zwei Tuffkaskaden auf. Diese entstanden

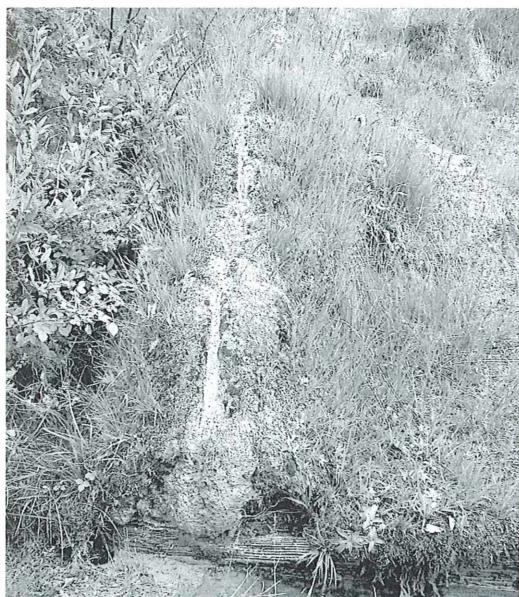


Abb. 4: Die größere der beiden Steinernen Rinnen auf der Baun-Alm.

durch die Anwesenheit des Astmooses *Cratoneuron*. Neben *Eucladium* und *Oocardium* findet sich hier auch eine Grünalge der Gattung *Bulbochaete*.

#### Literaturhinweise

Hermann, H.: Die Entstehungsgeschichte der postglazialen Kalktuffe der Umgebung von Weilheim (Oberb.). N. Jahrb. Geol. U. Paläont. Abh. 105, Stuttgart 1957.  
 Mollenhauer, D.: Algen bauen Gesteine auf und ab. Natur und Museum 129, 95–98 (1999).  
 Voigtländer, W.: Die „Steinernen Rinnen“ auf der Baun-Alm. Blätter für Naturschutz, 45, Heft 1, München 1965.  
 Wallner, J.: Über die Beteiligung kalkabscheidender Pflanzen bei der Bildung südbayerischer Tuffe. Bibl. Bot., Stuttgart 1934.  
 Wallner, J.: Eine gesteinsbildende Süßwasser-Alge Deutschlands (*Oocardium*). Natur und Museum 66, 85–91 (1936).

Verfasser: Dipl.-Biol. Siegfried Hoc, Mikrobiologische Vereinigung München e. V., Donaustraße 1a, D-82140 Olching

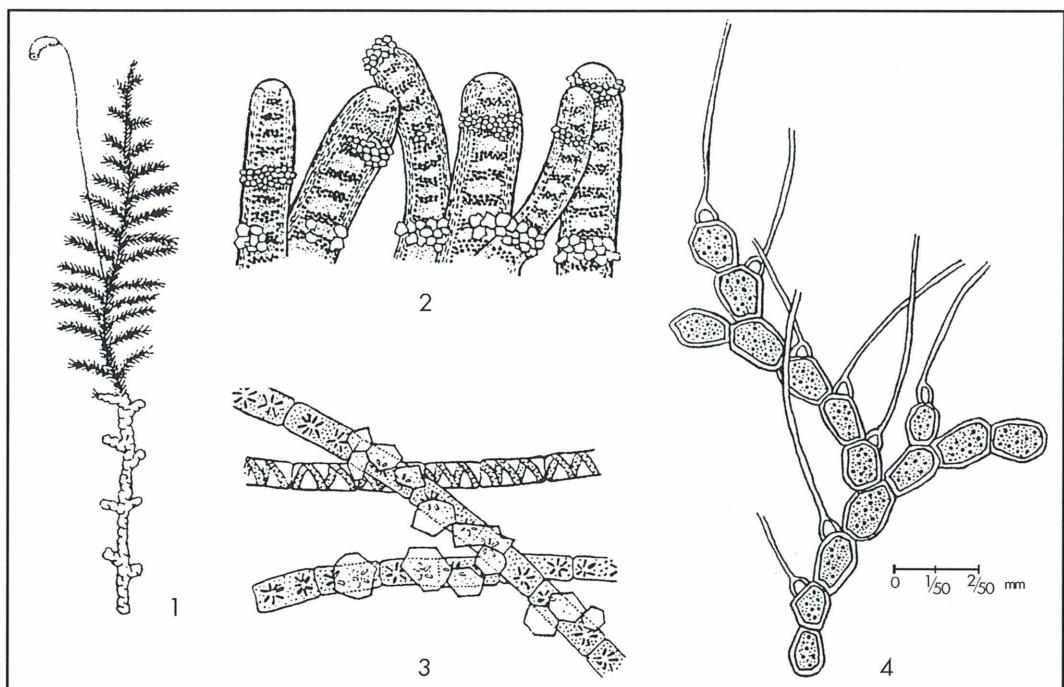


Abb. 5: Pflanzen und Cyanobakterien von der Steinernen Rinne auf der Baun-Alm. 1 Astmoos *Cratoneuron*, häufig sind die unteren Teile der Pflänzchen vollständig mit Calcit verkrustet. 2 Scytonema, mit Calcit-Verkrustung der Trichome. 3 Jochalge der Gattung *Zygnema* mit Calcit-Verkrustungen. Die Jochalge *Spirogyra* zeigt dagegen niemals solche Calcitkristalle. 4 Grünalge der Gattung *Bulbochaete*.

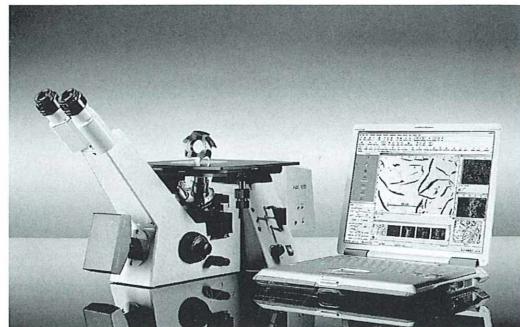
## Aus der Industrie

### Axiovert 40 Mat – Das inverse Stativ für Materialuntersuchungen in der Routine

Mit dem inversen Auflichtmikroskop Axiovert 40 Mat erfüllt Carl Zeiss lang gehegte Anwendewünsche. Speziell für Routineanwendungen zum Beispiel in Werkstofflabors und für die Qualitäts sicherung in der Fertigung bietet das Mikroskop wesentliche Verbesserungen. Aufgrund seiner hohen optischen Leistung ist es aber auch für Aufgaben in Forschung und Lehre geeignet. Der neue Objektivrevolver mit fünf Positionen ermöglicht jetzt den kompletten Einsatz der Normvergrößerungsreihe (5x, 10x, 20x, 50x und 100x) – für schnelles effizientes Arbeiten. Weiterhin kann auch die Stativvariante mit dem bewährten 4-fach-Objektivrevolver gewählt werden, der außer Hellfeld-, Dunkelfeld- und DIC-Beobachtungen auch Polarisationskontrast erlaubt.

Der Reflektorschieber mit drei Positionen verwendet nun Push & Click Module, wodurch die Umrüstung für ein anderes Kontrastverfahren ohne Zuhilfenahme von Werkzeug möglich und dadurch leichter wird. Eine dritte Verbesserung bringt die lichtstärkere Halogenlampe mit 35 Watt Leistung und einer um ein Vielfaches höheren Lebensdauer, deutlich verbesserter Homogenität der Ausleuchtung, hohen Lichtreserven und besserem Weißeindruck. Mit dem hervorragenden Optikdesign des Auflichtstrahlengangs des Axiovert 40 Mat kommt das Mehr an Licht auch wirklich in der Objektebene an.

Das Axiovert 40 Mat kann mit drehbarem Analysator für Auflicht-Polarisationskontrast und Lambda-Schieber für farbigen Polarisationskontrast sowie einem um 90° drehbaren Kreuztisch ausgestattet werden. Optional wird eine deutlich verbesserte Durch



**Abb. 1: Das inverse Auflichtmikroskop Axiovert 40 Mat von Carl Zeiss für Materialuntersuchungen in der Routine.**

lichteinrichtung angeboten. Mehrere leistungsfähige Kondensoren stehen zur Wahl. Der Schiebemechanismus macht dabei den Weg frei, wenn der Objektisch große Proben aufnehmen soll.

Das Mikroskop erlaubt einen einfachen und preis günstigen Einstieg in die digitale Bildaufnahme. Die Schnittstelle zum Ansetzen handelsüblicher Kameras wie Canon G5, Videokameras und Digitalkameras der AxioCam Familie von Carl Zeiss ist im Stativ integriert. Für die digitale Bildbearbeitung und -analyse stehen die modulare AxioVision Software und spezielle Applikationspakete zur Verfügung.

Weitere Informationen bei:

Carl Zeiss Lichtmikroskopie, Postfach 4041, D-37030 Göttingen, Heinrich-Bunger, Tel.: 05 51/506 05 39, Fax: 05 51/506 05 74, e-Mail: mikro@zeiss.de

## Aus den Arbeitsgemeinschaften

### Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken

Die mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken lädt ein zum Treffen im Bio Zentrum der Universität Würzburg in Gerbrunn am Hubland. Es werden theoretische und praktische Vorträge aus verschiedenen Bereichen der Mikroskopie gehalten.

**Termin:** Samstag, 20. März 2004 pünktlich um 10 Uhr

**Treffpunkt:** Letzter Parkplatz an der Rückseite des Gebäudekomplexes des Biozentrums

**Anfragen an:**

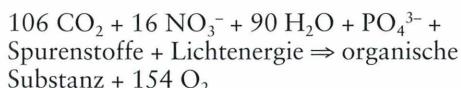
Joachim Stanek, Am Moosrangen 28, D-90614 Ammerndorf, Tel.: 091/88 32, e-mail: joachim.stanek@freenet.de

# Gewässer-Eutrophierung und Indikatoralgen: Ergänzungen der Arbeitsgemeinschaft BONITO

Georg Kubsch, Wolfgang M. Richter und Dietrich Uhlmann

In den 48 Jahren des Bestehens der Arbeitsgemeinschaft BONITO wurden häufig auch Beiträge der Fachpresse zum Thema Gewässereutrophierung zusammengetragen und die gewonnenen Erkenntnisse unter limnologischen Aspekten anschließend diskutiert und ausgewertet. Mit dem Beitrag von S. Hoc (2003), der sich dankenswerter Weise im MIKROKOSMOS der Eutrophierung annahm, beschäftigten wir uns ebenso und wollen – im Interesse dieses nicht erst seit EUROSYSM der UNO so wichtigen Themas – nun das Ergebnis unserer Auswertung vorstellen.

**Z**u den hauptsächlich eutrophierenden Stoffen in Gewässern sind, wie Hoc (2003) sehr richtig bemerkt, Phosphor und Stickstoff zu nennen. Wir nennen dabei grundsätzlich Phosphor an erster Stelle, denn er ist fast immer der am stärksten begrenzende Faktor für die Biomasseproduktion durch Photosynthese in mitteleuropäischen Gewässern. Nach der Gleichung für die Photosynthese



werden allerdings neben Orthophosphat noch weitere Stoffe, zum Beispiel Stickstoff (hier in Form von Nitrat,  $\text{NO}_3^-$ ), Kohlendioxid und Wasser sowie verschiedene Spurenstoffe benötigt. In unseren heutigen Gewässern sind diese jedoch meist ausreichend vorhanden. Stickstoff in Form von Nitrat und Ammoniumverbindungen ist meist verfügbar.  $\text{CO}_2$  kommt in den Seen oft in hohen Konzentrationen in gelöster Form vor. Eine weitere  $\text{CO}_2$ -Quelle ist das Calciumhydrogencarbonat. Geogen bedingt ist Phosphat dagegen nur in sehr geringer Menge zu finden. Damit ist Phosphor in unbelasteten Binnengewässern meistens die produktionsbegrenzende Komponente.

Zum Nitrat wäre noch zu erwähnen, dass es als Sauerstoffspender schon vor über 50 Jahren erfolgreich gegen Fäulnis eingesetzt wurde. Als Beispiel wird da der *stinkende Ententeich im Leipziger Zoo* genannt, der so mit Erfolg behandelt werden konnte.

## ***Denitrifizierung, Mineralisierung, Nitrifizierung und N-Mobilisierung***

Hoc verwendet die Begriffe Denitrifizierung, Mineralisierung, Nitrifizierung und N-Mobilisierung. Dazu ist anzumerken, dass diese nicht alle auf gleicher Ebene zu sehen sind. Oft wird Mineralisierung durch Denitrifizierung erzielt, und schon vor 100 Jahren stellte Hofer fest, dass eine Düngung von Karpfenteichen alles andere als nachhaltig wäre. Das Nitrat verschwindet nämlich bereits nach wenigen Tagen durch Umsetzung in molekularen Stickstoff, und eine äquivalente Menge organischen Materials wird oxidiert.

Ein Großteil des Nitrats gelangt bei überwiegend durch Oberflächenwasser gespeisten Seen nach Starkregen oder mit der Schneeschmelze in die Gewässer. Bei Seen, denen überwiegend Grundwasser zufließt, kann der Eintrag mit dem Sickerwasser erfolgen. Der Nitrateintrag ist wesentlich von den jeweiligen Einzugsgebieten und -bedingungen abhängig. Wenn der Zufluss gering ist, dann ist beispielsweise die Nitratkonzentration im Winter im gesamten Wasserkörper am höchsten. Im Frühjahr und in den Sommermonaten wird das Nitrat durch die Biomasseproduktion im Licht durchfluteten Epilimnion gebunden. Dadurch verringert sich hier seine Konzentration. Beim Abbau der Biomasse in sauerstoffhaltigen Schichten wird später wieder Nitrat über das Abbauprodukt Ammonium freigesetzt. In sauerstofffreien Tiefenwässern entsteht beim Abbau des organischen Materials Ammonium.

Hier dient auch Nitrat als Sauerstoffquelle und kann unter diesen spezifischen Bedingungen durchaus zu Ammonium oder  $N_2$  umgesetzt werden. Im Herbst wird Ammonium bei der Zirkulation des Gewässers im gesamten Wasserkörper erneut verteilt. Daraus folgt eine höhere Ammoniumkonzentration im Oberflächenwasser zu diesem Zeitpunkt. Ammonium kann dann auch, da Sauerstoff wieder verfügbar wird, zu Nitrat oxidiert werden. Deshalb sind im Winter im Oberflächenwasser die Nitratkonzentrationen höher als im Frühjahr und im Sommer. Große Zuflüsse erbringen meist einen überlagernden zusätzlichen Nitrateintrag, der bei Starkregen und Schneeschmelze einen deutlichen Anstieg der Nitratkonzentration bewirken kann.

### **Ersatz von Phosphaten in Waschmitteln**

Zum von Hoc (2003) angeführten Problem des Ersatzes von Phosphaten in Waschmitteln durch Natriumnitritolotriacetat und der daraus entstehenden neuen Probleme, ergab unsere Diskussion folgende Aussage.

Um das Problem der Wasserhärte bei Waschvorgängen zu überwinden, enthielten die Waschmittel bis zu 50% Pentanatriumtriphasphat und stellten so einen wesentlichen Faktor bei der Anreicherung der Gewässer mit Phosphaten dar. Noch in Erinnerung sind da die riesigen Schaumberge, die sich an größeren Einleitungspunkten in Becken und an Wehren türmten! Genannte Phosphate wurden von der Waschmittelindustrie darum durch eine Kombination von Zeolithen und Soda ersetzt. Grundsätzlich aber enthalten Waschmittel eine Vielzahl von Substanzen. Die Wichtigsten können übersichtlich in fünf Gruppen zusammengefasst werden:

- Tenside sind mit 10–25% in Kompaktwaschmitteln vertreten,
- anorganische polymere Gerüststoffe, so genannte Builder mit 25–40%, die zusammen mit organischen Polymeren, den Cobuildern 3–8% die Gruppe der Wasch-Polymeren bilden.
- Enzyme, speziell auf Waschmittel abgestimmt mit 0,5–2%,
- Bleichmittel mit 10–20% und optische Aufheller mit 0,1–0,3%, sowie
- Weichspüler-Wirkstoffe.

Die Veränderung der Waschmittelzusammensetzung führte natürlich auch zur Verringerung

der Nährstoffeinträge über das Abwasser. Der Phosphatanteil verminderte sich deutlich. Inwieweit die Stickstoffverbindungen in diesen Wasch- und Reinigungsmitteln eine Rolle für die Nährstoffbeeinflussung in Gewässern spielen, ist unklar, ist aber wahrscheinlich nicht so groß, da ihr Anteil relativ gering ist. Natriumnitritolotriacetat wäre als Komplexbildner ein guter Bestandteil des Buildersystems in Waschmitteln, denn es ist biologisch gut abbaubar. In einzelnen Ländern, wie in Kanada und in der Schweiz wird es dafür auch genutzt, wobei in der Schweiz der Anteil in einem Waschmittel auf 5% begrenzt ist. In der BRD und in anderen europäischen Ländern sind solche Waschmittel nicht marktfähig, weil der Unterschied zum biologisch schlecht abbaubaren Komplexbildner EDTA der Bevölkerung nicht vermittelt werden kann.

### **Bakterienentwicklung**

Zum Absatz Bakterienentwicklung des Artikels von Hoc (2003) wäre anzumerken: Die Gesamtbakterienzahlen pro ml Wasser und pro ml Sediment unterscheiden sich zwischen hyper-eutrophen und oligotrophen Standgewässern nur relativ geringfügig. Sehr unterschiedlich aber sind die Umsatzraten beziehungsweise Aktivitäten. Man erkennt dies sehr deutlich am Ammonium- und Phosphatgehalt des Porenwassers (Interstitialwassers) in Sedimentprofilen aus 0–5 cm. Sie sind in den oligotrophen Gewässern nahe Null, in hypereutrophen ebenso hoch wie in unbehandelten kommunalen Abwässern. Phytoplankton-Biomasse ist das bei Gewässerbakterien beliebteste Substrat.

### **Methan**

Zum Methan wäre anzumerken, dass es sich nur im Sediment bildet. Bei Sauerstoffmangel und Bildung von Schwefelwasserstoff ist jedoch jedes höhere Leben unmöglich. Wenn der Sauerstoff fehlt, wird der Kohlenstoff des abzubauenden organischen Materials teilweise zu  $CO_2$  und teilweise zu  $CH_4$  umgesetzt, das heißt es wird weiter Kohlendioxid gebildet und es entsteht Methan. Unter diesen Bedingungen aber werden alle verfügbaren Sauerstoffquellen genutzt. Zu diesen zählen Nitrat und auch Sulfat, die zu Ammonium und Schwefelwasserstoff beziehungsweise Sulfid reduziert werden.

## Algen-Verschmutzungsindex

Betreffend Algen-Verschmutzungsindex sei größte Vorsicht angeraten. Am tolerantesten gegenüber Verschmutzungen sind beispielsweise jene Phytoplankter, die in Abwasserteichen für die photosynthetische Belüftung sorgen. Denn der ihnen zur Verfügung stehende Zufluss besteht ja ausschließlich aus Abwasser in diesem weltweit praktizierten technischen Verfahren. Zu den dabei dominanten Arten (Phytoplanktern) zählt unter anderem *Micractinium (pusillum)*, das aber in beiliegender Liste nur einen (!) Punkt bekam (und bei Streble und Krauter (2002) mit „.... bevorzugt sauberes Wasser; verbreitet ...“ klassifiziert ist). Die bekannteste Abwasserteich-Alge *Chlorella vulgaris* bringt es auch nur auf zwei Punkte. Dabei darf natürlich nicht verschwiegen werden, dass es mehrere schwer unterscheidbare *Chlorella*-Arten gibt, die möglicherweise noch dazu diverse symbiotische Neigungen aufweisen können. Ein Genoprint wäre wünschenswert, ist aber sehr zeitaufwändig.

Aus dem Hoc'schen Beitrag bleibt die Erkenntnis, dass die erarbeitete Liste einerseits einen

wertvollen Zweig am Baum der Erkenntnis darstellt, insbesondere auf einem Gebiet, welches von moderner anmutenden Zweigen der Biologie immer mehr überschattet zu werden scheint. Andererseits aber lässt sie auch die Gewissheit reifen, dass diese und ähnliche Listen schwer objektivierbar sind.

## Literaturhinweise

Hoc, S.: Gewässer-Eutrophierung und Indikatoralgen. *Mikrokosmos* 92, 7–9 (2003).  
 Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, Jena 1993.  
 Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen. Franck-Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart 2002.  
 Falbe, J., Regnitz, M. (Hrsg.): Römpf Kompakt. Basislexikon Chemie. Thieme Verlag, Stuttgart 1999.  
 Uhlmann, D., Horn, W.: Hydrobiologie der Binnengewässer. Verlag UTB, Stuttgart 2001.

**Verfasser:** Dr. Georg Kubsch, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Chemieanalytik und Umweltchemie, Brook-Taylor-Str. 2, D-12489 Berlin; Dipl.-Biol. Wolfgang M. Richter, Drosselgang 2, D-21709 Himmelpforten; Prof. Dr. Dietrich Uhlmann, Arbeitsstelle Limnologie der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Institut für Hydrobiologie der Technischen Universität Dresden, D-01062 Dresden

## Kurze Mitteilung

### Warum fluoreszierte die Vakuole nicht?

Das Grün Fluoreszierende Protein (GFP) hat die Möglichkeiten für den mikroskopischen Nachweis der Genexpression von bestimmten Proteinen und deren Transport in der lebenden Zelle stark erweitert. Das GFP wird aus der lumineszierenden Qualle *Aequorea victoria* extrahiert. Es kann modifiziert und dann zur Lokalisierung verschiedener Pflanzenmembranen, wie endoplasmatisches Retikulum, Golgi-Komplex und Plasmamembranen, im Fluoreszenzmikroskop angewandt werden. Merkwürdigerweise hat man jedoch keine fluoreszierenden Vakuolen gefunden. So erhebt sich die Frage: Was ist die Ursache für die Tatsache, dass das GFP in Vakuolenmembranen nicht fluoresziert, wird es abgebrochen? Japanische Untersucher haben nun gefunden, dass GFP in verdunkelten Zellen von transgenen *Arabidopsis*-Pflanzen durchaus fluoreszieren kann, die Fluoreszenz bei Belichtung aber sofort verschwindet. Innerhalb einer Stunde wird das in der Vakuole vorhandene GFP vor allem in

blauem Licht mit einem Maximum bei etwa 420 nm Wellenlänge abgebrochen. Ein Hemmstoff der vakuolären ATPase, Concanamycin A und ein Inhibitor der Cystein-Proteinase vom Papain-Typ unterdrücken sowohl das vom Licht abhängige Verschwinden der GFP-Fluoreszenz als auch den GFP-Abbau in den Vakuolen. Diese lichtabhängige Degradation des GFPs ist also dafür verantwortlich, dass man bislang keine GFP-Fluoreszenz der Vakuolen von Pflanzenorganen beobachten konnte.

## Literaturhinweise

Tamura, K., Shimada, T., Ono, E., Tanaka, Y., Nagatani, A., Higashi, S. I., Watanabe, M., Nishimura, M., Hara-Nishimura, I.: Why green fluorescent fusion proteins have not been observed in the vacuoles of higher plants. *The Plant Journal* 35, 545–555 (2003).  
 Tsien, R. Y.: The green fluorescent protein. *Annual Review of Biochemistry* 67, 509–544 (2003).

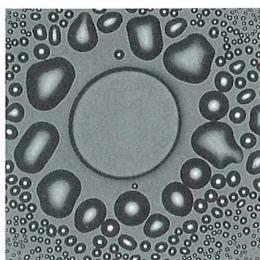
H. F. Linskens, Nijmegen

# Ästhetisch schöne Luftblasen

Peter Woitschikowski

**Es müssen nicht immer besonders seltene oder sensationelle Objekte sein, die sich als Motive für ein Titelbild unserer Zeitschrift eignen. Manchmal sind es auch geradezu Banalitäten des Alltages, die aufgrund ihrer besonders gelungenen Darstellungsweise als Titelbildvorlage ausgewählt werden. So verhält es sich mit dem Cover dieses Heftes.**

**B**ei dem Motiv des Titelbildes handelt es sich um winzigste Luftblasen in einem Wassertropfen aus destilliertem Wasser, die rein zufällig beim Mikroskopieren einer Probe am Deckglasrand entdeckt wurden.



Das Mikroskop war schon ein paar Stunden in Betrieb und die Lampe daher recht warm, so dass Wasser verdunstete und Kondens tropfen mit kleinen Luftblasen entstanden. Um im Durchlicht keinen

weißen Untergrund zu erhalten, wurden blaue Farbkonversationsfilter aus dem Fotobereich verwendet.

Eine weiche Ausleuchtung wurde durch Anwendung der Nelson-Beleuchtung erzielt. Bemerkenswert ist, dass aus einem Fehler in der Mikroskopie dennoch ästhetisch spannende Motive entstehen können.

Für die Aufnahme wurde ein Olympus CHS-Mikroskop mit einem D-Plan 10x Objektiv und einem 2,5x Projektiv mit dem Tubus-Faktor 1,0 eingesetzt.

**Verfasser:** Peter Woitschikowski, Hüssengarten 6, D-33332 Gütersloh

**Kinder im Krieg brauchen Schutz!  
Sie nehmen Schaden an Körper und Seele.**



**Wir bekämpfen alle Krankheiten – auch die Ungerechtigkeit.  
Engagieren Sie sich mit einer Spende.**

Foto: Joël Robine

Unterstützen Sie die Arbeit  
unseres internationalen  
Netzwerks mit 247 Projek-  
ten in 59 Ländern.



Ärzte der Welt e.V.  
Médecins du Monde  
Deutschland  
Schönstraße 12a  
81543 München

[www.aerztederwelt.org](http://www.aerztederwelt.org)  
Bayerische Landesbank  
Spendenkonto: 28888  
BLZ 700 500 00

# Professor Otto Bütschli und seine russischen Schüler\*

Sergei I. Fokin

Der berühmte deutsche Zoologe, Zytologe und Protozoologe Prof. Dr. Otto Bütschli hat während der 42 Jahre seiner Arbeit an der Heidelberger Universität mehrere Generationen von Schülern erzogen, darunter nicht wenige Russen. Die Entwicklung der russischen protozoologischen Wissenschaftsschule im letzten Drittel des 19. bis Anfang des 20. Jahrhunderts hat viel diesem hervorragenden Gelehrten und Pädagogen zu verdanken. Die Themen dieses Artikels sind die Beschreibung von Bütschlis Leben und Charakter, sowie kurze Charakterisierungen einiger russischer Gelehrter, die unter seiner Leitung in Heidelberg gearbeitet haben.

Johann Adam Otto Bütschli (1848–1920) wurde am 3. Mai 1848 in Frankfurt am Main, in der wohlhabenden Familie des Kaufmanns Friedrich Bütschli geboren, dessen Vorfahren aus der Schweiz stammten (Goldschmidt, 1920; Novikoff, 1922, 1954; Zacharias, 2000). Bütschli interessierte sich kaum für den Kommerz, er wurde in einem ganz anderen Bereich berühmt, nämlich als hervorragender Zoologe und Zytologe. Otto Bütschli prägte eine ganze Epoche in der Protozoenforschung, vor allem auf dem Gebiet der Ciliaten (Infusoria) (Hamburger, 1920; Dobell, 1951; Berger, 1970). Dabei war aber sein Weg in die Protozoologie weder direkt noch schnell (Dobell, 1951; Berger, 1970; Heidelberger Universitätsarchiv (HUA, Rep. 84, A).

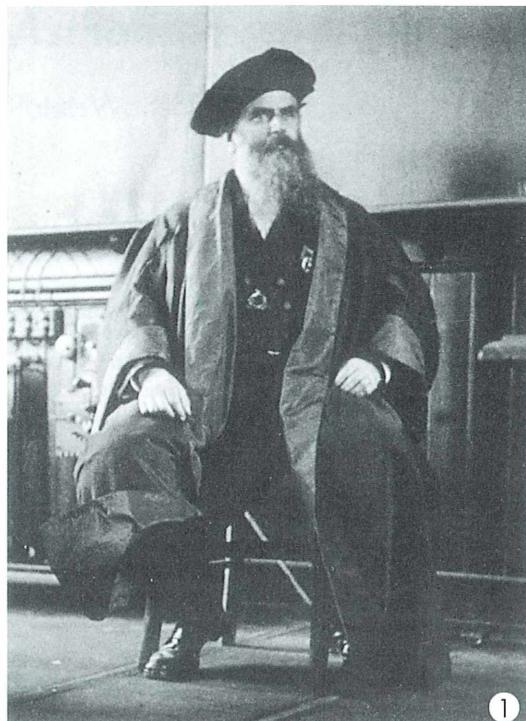
1864 wurde Bütschli als Student ins Politechnikum in Karlsruhe aufgenommen, in dem er sich hauptsächlich mit Mineralogie, Chemie und Paläontologie auseinandersetzte. 1866 zog er nach Heidelberg um, wo er bei dem berühmten R. W. Bunsen arbeitete. Ende 1867 legte Bütschli die Prüfungen in Mineralogie, Chemie und Zoologie ab und bekam den Doktorgrad in Philosophie. Also ist zu vermuten, dass Zoologie für Bütschli anfangs kein Hauptfach war. Nachdem er nach dem Universitätsabschluss ein Jahr im Militärdienst verbracht hatte, be- schlloss der junge Wissenschaftler sich der Zoo-

logie zu widmen und fuhr dafür zum berühmten Zoologen und Parasitologen Prof. Dr. R. Leuckart nach Leipzig (1869), um dort an einem praktischen Lehrgang teilzunehmen. Wegen des begonnenen Krieges gegen Frankreich musste er aber seine wissenschaftlichen Studien unterbrechen. Als Reserveoffizier nahm Bütschli an der Kampagne von 1870–1871 teil und kehrte danach in seine Heimatstadt Frankfurt zurück, wo er seine Studien selbständig fortsetzte. Die nächsten zwei Jahre verbrachte Otto Bütschli in Kiel als Assistent von K. A. Möbius, dem Begründer der Seeökologie. 1873 kam er wieder nach Hause zurück und arbeitete in seinem Hauslabor. Drei Jahre später wurde er als Privatdozent nach Karlsruhe eingeladen und 1878 nahm er als Nachfolger von H. A. Pagenstecher einen Lehrstuhl an der Heidelberger Universität ein (Abb. 1 und 2). Dort blieb Bütschli 42 Jahre, bis zu seinem Tode am 2. Februar 1920 (Goldschmidt, 1920; HUA, Rep. 84, B6).

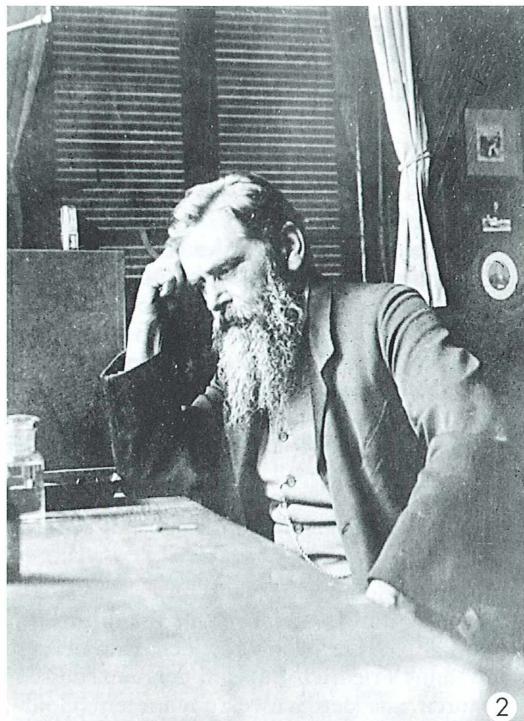
## Bütschlis Forschungsschwerpunkte

Die erste zoologische Forschung Bütschlis war der Entwicklung der Biene gewidmet (Bütschli, 1870) und die nächsten Forschungen den Infusoria (Bütschli, 1871). Der junge Wissenschaft-

\* Nach Materialien eines in der Internationalen Konferenz *Russisch-Deutsche Kontakte im Bereich der Biologie und Medizin* (Sankt-Petersburg, Russland, 16–18 September 2002) gehaltenen Vortrags.



1



2

Abb. 1: Prof. O. Bütschli in der Dekansbekleidung, Heidelberg, 1903 (?) (Archiv von Prof. Dr. K. Hausmann). – Abb. 2: Prof. O. Bütschli, Heidelberg, Ende der 90er Jahre des 19. Jahrhunderts (Archiv des Autors).

ler arbeitete ungewöhnlich produktiv: 1871 hat er sechs Werke veröffentlicht, und im darauf folgenden Jahr noch drei (Hamburger, 1920a, b). 1873 erschien seine große Monographie über frei existierende Nematoden. Zwei Jahre später veröffentlichte er die erste ausführliche Beschreibung der Mitose von Tierzellen, die er an der Entwicklung von Nematoden und Mollusken erforschte (Bütschli, 1875). Das den Besonderheiten der Befruchtung und der Kernreorganisation im Laufe der Konjugation bei den Infusoria gewidmete Werk des nächsten Jahres (1876) war das erste in der Weltforschung, das diesen Prozess richtig interpretierte (Bütschli, 1876). Im Laufe vieler folgender Jahre setzte sich Bütschli vorüberwiegend mit Infusoria auseinander. Zum Hauptwerk des Gelehrten in diesem Bereich wurde zweifellos die dreibändige Monographie *Protozoen*, die 1880–1889 in der Buchserie von H. G. Bronn *Klassen und Ordnungen des Tierreichs* veröffentlicht wurde (Bütschli, 1880–1889). Die Arbeit Bütschlis daran dauerte zehn Jahre, an die

sich der Gelehrte später als an *die besten Jahre seines Lebens* erinnerte (Dobell, 1951). Die Erforschung des Baus der Protozoenzelle hat Bütschli natürlicherweise zur Analyse der Zytoplasma-Organisation geführt, einer Fragestellung, die ihn in den 90er Jahren begeisterte. Seine auf zytologischen Beobachtungen und Experimenten im Bereich der Kolloidalchemie begründeten Theorie des Maschenbaus des Zytosplasmas war lange eine der populärsten Vorstellungen der damaligen Zeit (Hartmann, 1929).

### ***Bütschli als Lehrmeister für Studenten und russische Forscher***

Bütschli war nicht nur ein berühmter Gelehrter, sondern auch ein hervorragender Lehrer (Goldschmidt, 1920, 1956; Novikoff, 1922, 1952, 1954). Im Verlaufe seiner 42 Jahre währenden Professur in der Heidelberger Universität hat er einige Generationen von Studenten unterricht-

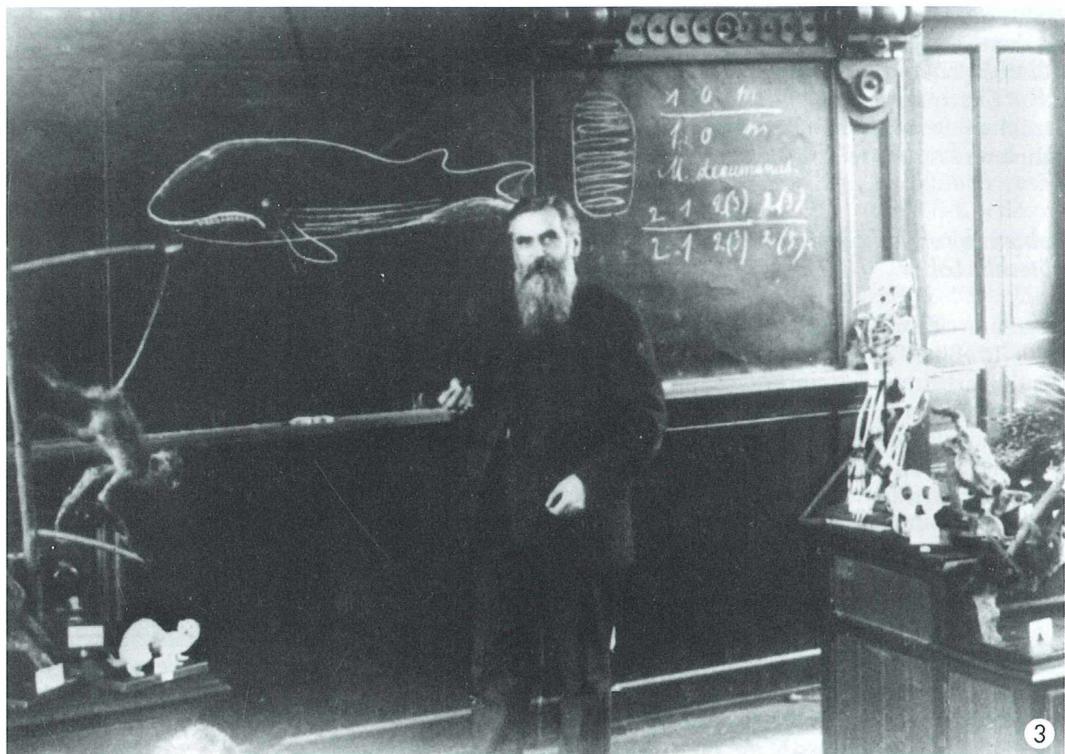


Abb. 3: Prof. O. Bütschli, eine Vorlesung haltend. Heidelberg, Ende der 90er Jahre des 19. Jahrhunderts (Archiv des Autors).

tet, darunter solche bekannten Gelehrten, wie F. Blochmann, A. Schuberg, R. Goldschmidt, M. Hartmann, R. Lauterborn und C. Hamburger (Abb. 3). Studenten aus ganz Europa, darunter auch russische, waren immer in seinem zoologischen Institut herzlich willkommen.

Die Zahl der Aufenthalte russischer Studierenden am Heidelberger Zoologischen Institut wuchs ständig, besonders als W. T. Schewiakoff, einer der ersten russischen Schüler von Prof. Bütschli, an die Spitze des Zoothomischen Kabinetts der Sankt-Petersburger Universität kam (Fokin, 2000). Abgesehen von W. T. Schewiakoff, durchliefen Bütschlis Schule die Petersburger N. N. Adelung, W. W. Redikorzev, J. N. Wagner, S. I. Metalnikoff, M. N. Rimsky-Korsakov, B. W. Sukatscheff, S. W. Awerinzeff, A. S. Schepotieff, I. I. Sokoloff und A. A. Zawarsin. Auch beispielsweise solche Moskauer Gelehrten wie M. M. Davidoff – Bütschlis Assistent im Jahre 1878 – A. A. Tichomiroff, N. K. Koltzoff, N. A. Iwanoff, M. M. Novikoff, W. W. Stantschinsky und S. S.

Tschachotin haben dort erfolgreich gelernt und gearbeitet (Abb. 4). Es gab auch Russen aus anderen Städten, zum Beispiel L. A. Kowalevsky (Odessa) und I. I. Puzanov (Kursk) (Fokin,



Abb. 4: Studenten von Prof. O. Bütschli in seiner Vorlesung. Heidelberg, 1904 (?) Erste Reihe, dritte von links – C. Hamburger; dritte Reihe, dritter – W. W. Stantschinsky, vierter – M. M. Novikoff (HUA Alb. XI 00060).

2000, 2002; HUA, Rep. 84, B2). In einem Brief an seine Verwandten schrieb A. Zawarsin: *In Bütschlis Labor gibt es mehr Russen, als Deutschen* (Nevmivaka, 1971). Die meisten der aufgezählten Personen haben sich später zu bekannten russischen Forschern entwickelt.

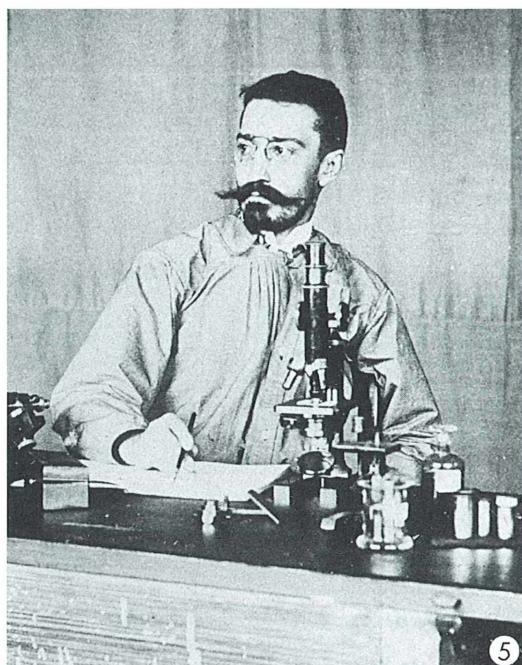
### **Bekannte russische Forscher aus Bütschlis Labor**

Insgesamt haben mehr als 40 meiner Landsleute in Bütschlis Zoologischem Institut gelernt, gearbeitet oder ein Praktikum absolviert (Zentrales Staatliches Geschichtsarchiv von St.-Petersburg [ZGIA SPb], Archivbestand 14, Inventarliste 1, Aktenstück 9764). Darunter war, wie schon erwähnt, Wladimir Timofejewitsch Schewiakoff (1859–1930), korrespondierendes Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, einer der Begründer der russischen Protozoologenschule und bedeutende Persönlichkeit für die Hochschulbildung – der Begründer der Permer Universität, der Irkutsker Medizinischer Hochschule und Irkutsker Universität. Er stand 15 Jahre lang an der Spitze

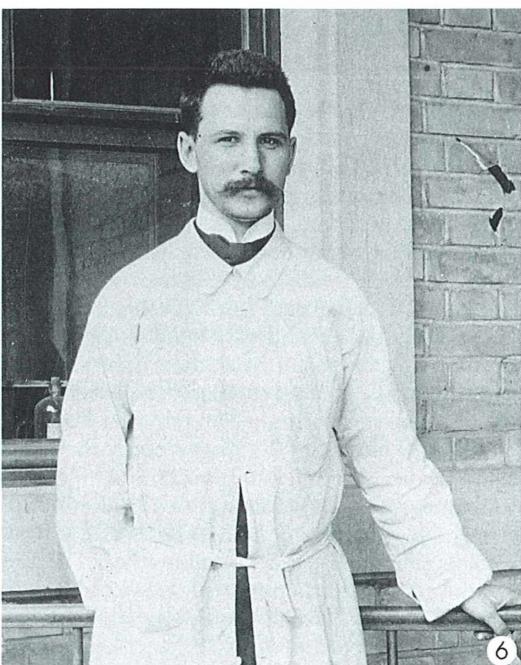
des Zoothomischen Kabinetts der hauptstädtischen Petersburger Universität. Als Doktor der Philosophie (summa cum laude) der Heidelberger Universität, lernte (1885–1889) und arbeitete (1891–1894) er bei Prof. Bütschli und in den letzten Jahren übernahm er nicht selten die Pflichten des Direktors des Zoologischen Instituts, wenn Bütschli krank war (Abb. 5).

Nikolaj Konstantinowitsch Koltzoff (1872 bis 1940), korrespondierendes Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, bedeutender Zytologe und Protistologe, Begründer des Instituts für Experimentalbiologie der Russischen Akademie der Wissenschaften und der Moskauer Wissenschaftsschule in Genetik, war praktisch einer der Begründer der Experimentalbiologie in Russland. Er arbeitete in Prof. Bütschlis Labor von Frühjahr bis Sommer 1902 (Astaurov und Rokitsky, 1975) (Abb. 7).

Michail Michajlowitsch Novikoff (1876–1965) erwarb ein Goldenes Doktordiplom an der Heidelberger Universität (Abb. 8). Er ist als ein bedeutender Morphologe und eine wichtige Persönlichkeit des öffentlichen Lebens in Russland bekannt, Abgeordneter der Staatlichen Duma und Minister der Provisorischen Regie-



5



6

Abb. 5: W. T. Schewiakoff in Prof. Bütschlis Labor. Heidelberg, 1892 (?) (HUA Alb. XI 00017). –  
Abb. 6: S. W. Awerinzeff in Prof. Bütschlis Labor. Heidelberg, 1902 (HUA Alb. XI 00080).

rung Russlands (1917), Rektor der Moskauer Universität, Begründer und Professor einiger russischer Bildungseinrichtungen sowohl in Russland als auch im Ausland (Tschechien und Deutschland) (Uljankina, 1997; Alexandrov, 2000). Er studierte bei Prof. Bütschli 1901 bis 1904 und erwarb den Doktortitel in Philosophie an der Universität Heidelberg summa cum laude superavit (HUA, Stud A 1900/10; Akten Natur-wiss.fac. 1903/04). Er besuchte seinen Lehrer auch späterhin immer wieder.

Alexej Alexejewitsch Zawarsin (1886–1945), Akademiker, Begründer der Evolutionshistologie und Theorie des Parallelismus der Gewebestrukturen, einer der Begründer des Unionsinstituts der Experimentalmedizin, studierte bei Bütschli im Laufe zweier Semester (1905 bis 1906) (Nevmivaka, 1971).

Sergej Iwanowitsch Metalnikoff (1870–1946), Professor des Biologischen Labors von P. F. Lesgaft und der Hochschulkurse für Frauen in St. Petersburg, und später des Pasteurinstituts in Paris, Protozoologe, Mikrobiologe und Immunologe, einer der Begründer der Psychoneuroimmunologie und der biologischen Schädlingsbekämpfungsverfahren (Fokin, 2004) nahm in Bütschlis Labor im Jahre 1897 an einem praktischen Lehrgang teil.

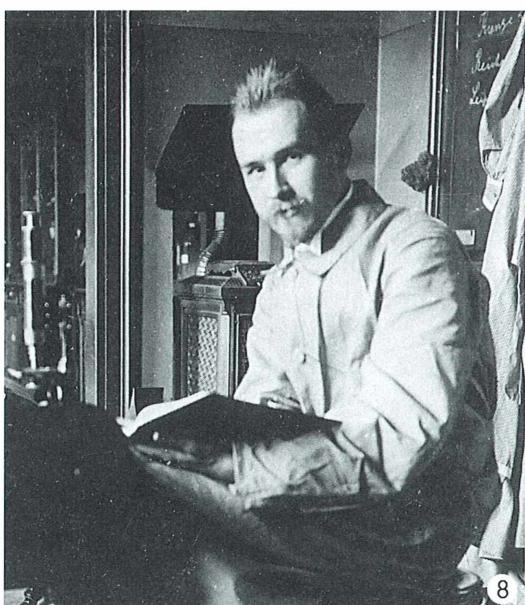
Michail Nikolajewitsch Rimsky-Korsakov (1873–1951), Professor der Petrograder Universität und des Försterinstituts, in denen er die Lehrstühle für Entomologie gegründet hat, Begründer der russischen Waldentomologie, bekannter Popularist der Wissenschaft und des Schaffens seines Vaters, des berühmten russischen Komponisten N. A. Rimskij-Korsakov, arbeitete im Labor von Prof. Bütschli in den Jahren 1901–1903.

Sergej Wassiljewitsch Awerinzeff (1875–1957), Professor, ein bedeutender Fachmann in Protozoologie und Ichthyologie, bekannter Pädagoge, Autor einiger Handbücher für Zoologie der Wirbellosen, machte einen praktischen Lehrgang bei Bütschli 1901 (Abb. 6).

Wladimir Wladimirowitsch Stantschinsky (1882–1942), Professor der Harkower und Smolensker Universitäten, Ornithologe, einer der Begründer der russischen Ökologie, Leiter des berühmten Naturschutzgebietes Askania Nova und Organisator des Naturschutzwesens in der UDSSR, studierte bei Prof. Bütschli von 1902–1906. 1906 wurde er Doktor der Philosophie der Heidelberger Universität. Leider wurde Stantschinsky in der Sowjetunion zweimal wegen falscher Anzeigen verhaftet (1933, 1941) und starb im Gefängnis.



7



8

Abb. 7: N. K. Koltzoff in Prof. Bütschlis Labor. Heidelberg, 1902 (HUA Alb. XI 00076). –

Abb. 8: M. M. Novikoff in Prof. Bütschlis Labor. Heidelberg, 1901 (HUA Alb. XI 00042).

Ivan Ivanowitsch Sokolov (1885–1973), Professor, Zytologe, Embryologe und Genetiker, Begründer des Labors für Morphologie der Zelle am Institut für Zytologie der Russischen Akademie der Wissenschaften, studierte an der Heidelberger Universität im Jahre 1906.

### **Ehrungen Bütschlis und Erinnerungen seiner Studenten**

Nicht ohne Grund wurde zum 25-jährigen Jubiläum der Professorentätigkeit Bütschlis ein besonderes Glückwunschkreiben im Namen seiner russischen Schüler präsentiert, und die beiden größten russischen Universitäten (die Moskauer und die Petersburger) wählten den Heidelberger Professor zu ihrem Ehrendoktor (Zentrales Staatliches Geschichtsarchiv in St.-Petersburg [ZGIA SPb], Archivbestand 14, Inventarliste 1, Aktenstück 9764; HUA, Rep. 84, A43). Etwas früher (1895) wurde Bütschli zum ausländischen korrespondierenden Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in St.-Petersburg gewählt (HUA, Rep. 84, A41). Die Hauptvorlesung von Professors Bütschli hieß *Vergleichende Anatomie*. Aufgrund dessen wurde Bütschlis einziges Lehrbuch veröffentlicht, das *Vorlesungen über Vergleichende Anatomie* hieß und in drei Lieferungen 1910, 1912 und 1921 erschien. Sein erster Teil wurde von Bütschlis Schüler S. S. Tschachotin ins Russische übersetzt (Bütschli, 1917).

Den Erinnerungen seiner Studenten nach, hielt Bütschli glänzende Vorlesungen, zog ihnen aber seine wissenschaftliche Arbeit vor und verbrachte die meiste Zeit in dem von ihm organisierten Zoologischen Institut. Dort beschäftigte er sich viel lieber mit der Leitung des Laborpraktikums und der wissenschaftlichen Studien (Goldschmidt, 1956; Sokoloff, Manuskript).

M. M. Novikoff, einer von Bütschlis Studenten, der in Heidelberg vier Jahre verbracht hatte, erinnerte sich (Novikoff, 1922, 1952, 1954): *Bütschli hatte einen schwermütigen und ungeselligen Charakter. Diese Ungeselligkeit wurde durch eine Krankheit des Verdauungssystems und die daraus stammende Nervosität erschwert. Viele neugekommene Studenten verließen ihn, aber diejenigen, denen es in der ersten Zeit gelang, einige Seltsamkeiten im Charakter des Professoren nicht zu beachten, gewannen ihn dann herzlich lieb.* Während der Laborausflüge und -feste ließ sich Bütschli

manchmal von der allgemeinen Freude mitreißen, und hinter dem finsternen Äußeren trat seine glänzend-scharfsinnige und dabei zarte und liebevolle Natur hervor. Streng in persönlicher Kommunikation, zeigte Bütschli in Briefen an seine Schüler solche Fürsorge, die wirklich die Herzen an ihn anzog (Novikoff, 1922). Etwas anders stellt I. I. Sokolov, der 1906 in Heidelberg gearbeitet hat, seinen ersten Eindruck von Prof. Bütschli dar: *Ich hatte nie ein Porträt von Bütschli gesehen und hatte Angst, dass sein Äußeres mir nicht gefallen wird, hatte aber meine Besorgnisse gleich zu lassen. Ich sah einen wohlgestalteten alten Mann, etwa 60 Jahre alt, von mittlerem Wuchs, mit einem langen vollen Bart und dicken grauemelierten Augenbrauen. Der Kneifer auf seiner Nase verlieh ihm ein etwas strenges Aussehen, aber wenn er ihn abnahm und damit seine wunderschönen Augen sehen ließ, leuchtete darin so viel Herzengüte, fast Zärtlichkeit, dass er in jedem ungewollt Sympathie erweckte. Und welche Energie, Frische, fast Jugend sah man in diesen Augen und in leichter Röte seiner Backen! Er war bescheiden angezogen, in ein hellbraunes Jackett. Vorlesungen hielt er ohne sich zu setzen, sondern herumgehend, mit seinen Händen hinter dem Rücken oder in den Taschen. Zeichnungen machte er schnell, mit fester und genauer Hand (Sokoloff, Manuskript).*

### **Bütschlis Verhältnis zu seinen Schülern**

Der in Deutschland vor dem Ersten Weltkrieg ziemlich weit verbreitete Chauvinismus lag Bütschli ganz fern, darum war sein Verhältnis zu den Studenten verschiedener Nationen völlig gleich. Er äußerte sich beifällig über die Begabtheit der Russen und konnte die vielen von ihnen eigene Unordentlichkeit durch die systematische Organisation der Arbeit im Labor und die dort herrschende Disziplin besiegen (Novikoff, 1922). An den schlecht arbeitenden Studenten verlor er aber schnell Interesse, und solche blieben bei ihm nicht lange (Goldschmidt, 1956). Prof. Bütschli sorgte für seine Schüler und liebte sie mit ganzem Herzen. Fälle sind bekannt, wie er aus seinen bescheidenen Mitteln die Promotionskosten eines minderbemittelten Doktoranden bezahlte oder am Anfang des Krieges seinen ausländischen Schülern, die zur feindlichen Seite gehörten, Deutschland zu verlassen half (Novikoff, 1954).

## Bütschlis außerwissenschaftliche Interessen

Es ist zu erwähnen, dass Bütschlis Interessen nicht nur auf die Naturwissenschaft begrenzt waren. Daneben hatte er Philosophie, Musik und Malerei, vor allem aber Literatur gern. So hat er Rudolphis Märchensammlung zoologischen Inhalts umgearbeitet und veröffentlicht (Novikoff, 1922). Er schrieb selbst gute Gedichte und zitierte immer wieder im Labor Ausschnitte aus Goethes *Faust*. Als Republikaner – ein ziemlich seltener Fall für einen deutschen Professor – hoffte Bütschli auf die Entwicklung seiner Heimat als Republik und sagte seit dem Anfang des Ersten Weltkrieges ein tragisches Ende für Deutschland vorher.

M. M. Novikoff, der Bütschli Anfang des Weltkrieges getroffen hatte, erinnerte sich (Novikoff, 1954): *Am Tage vor meiner Abreise von Heidelberg war Bütschli bei mir zum Abendessen. Seine Laune war traurig, fast hoffnungslos. Er sprach über tragische Ereignisse, die in der Zukunft bevorstanden, über die Zerstörung ganz Europas. Erst jetzt können wir diese Prophezeiung in vollem Maße verstehen.*

## Studiendlauf in Heidelberg

Die Organisation der Arbeit im Zoologischen Institut war das Ergebnis der jahrelangen Erfahrung der Arbeit mit Studenten (Goldschmidt, 1956). In der Regel studierten im Labor gleichzeitig 10–15 von ihnen für drei bis sechs Semester. Im Laufe des ersten Studienjahres wurden allgemeine Vorlesungen besucht und im Labor wurde noch nicht gearbeitet. Ferner wurde eine bedeutende Zeitspanne dem so genannten Großen Praktikum gewidmet, das von Leuckart und Bütschli erfunden wurde und sich dann in anderen Universitäten Deutschlands verbreitete und durch russische Studenten Professor Bütschlis auch in Russland eingeführt wurde. Nach dem Großen Praktikum, dem nicht weniger als zwei Semester gewidmet wurden, begannen die Studenten selbstständig zu arbeiten und die Thesen vorzubereiten. Dabei ging der Professor zweimal pro Tag zu den Studenten und unterhielt sich lange mit jedem. Oft wurden im Labor allgemeine Seminare veranstaltet, im Laufe deren Bütschli das Problem stellte und dabei die Tafel gebrauchte, auf der er den Verlauf seiner Überlegungen graphisch erklärte und Schemata mit Hilfe bunter Kreide malte.

## Bütschlis Einfluss auf russische Einrichtungen

Dank den Bemühungen von Schewiakoff, der insgesamt sieben Jahre lang in Bütschlis Labor verbracht hat, wurden die in Bütschlis Zoologischem Institut üblichen Systeme und die Organisationen der Lehre erfolgreich in der Sankt-Petersburger Universität eingeführt und entwickelt. Dieses hat zum großen Teil den bemerkenswerten Aufschwung der Russischen Wissenschaftsschule der Zoologie der Wirbellosen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bestimmt. W. T. Schewiakoff hat das Zoothomische Kabinett der Sankt-Petersburger Universität völlig umgestaltet, darunter seine Museumssammlung, den technischen und Demonstrationsteil und sogar die Möbel. Dabei nutzten ihm die in Heidelberg erworbenen Erfahrungen, Kenntnisse und Kontakte, die er durch Mithilfe beim Ausstatten von Bütschlis neuem Gebäude des Zoologischen Instituts in der Soffienstraße (1893) erlangte (Abb. 9). Also setzte das Zoothomische Kabinett der Sankt-Petersburger Universität unter Schewiakoffs Leitung zum großen Teil die in Heidelberg von Prof. Bütschli festgelegten Traditionen fort.

Dasselbe trifft für die Zusammenarbeit der deutschen und russischen Wissenschaftsschulen für Protozoologie zu (Fokin, 2000, 2001a). Die Entwicklung der Protozoologie in Russland Ende des 19. bis Anfang des 20. Jahrhunderts ist zweifellos zum großen Teil mit den Namen der russischen Schüler Bütschlis verbunden, das heißt mit der deutschen klassischen Protozoologie. Der berühmteste russische Fachmann in diesem Bereich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts – Prof. Dr. V. A. Dogiel –, der eine



Abb. 9: Gebäude des Zoologischen Instituts von Prof. Bütschli in Heidelberg. Anfang des 20. Jahrhunderts (Archiv des Autors).

starke protozoologische Wissenschaftsschule begründet hat, war der beste und außerdem der Lieblingsschüler von W. T. Schewiakoff. Die Schüler von V. A. Dogiel – die Professoren Y. I. Poljansky, A. A. Strelkov, E. M. Cheissin, I. B. Raikov und L. N. Seravin – waren Lehrer der meisten zeitgenössischen russischen Protistologen (Fokin, 2001b). Eine direkte und feste menschliche sowie wissenschaftliche Verbindung vereinigt Deutschland und Russland im Laufe von mehr als einem Jahrhundert: Bütschli – Schewiakoff – Dogiel – Poljansky.

Seit rund 40 Jahren existiert Bütschlis Zoologisches Institut nicht mehr – an seiner Stelle steht nun in Heidelberg ein Einkaufszentrum. Der einzige Ort, an dem man eine Vorstellung von diesem „zoologischen Mekka“ bekommen kann, befindet sich in der Petersburger Universität, nämlich am Lehrstuhl für Zoologie der Wirbellosen, früher (1870–1930) das Zoothomische Kabinett. Durch Werke vieler Generationen der russischen Zoologen geschaffen, ist es auch ein Denkmal des hervorragenden deutschen Gelehrten und Pädagogen Prof. Otto Bütschli, dessen Geburtstag sich im Jahre 2003 zum 155. Mal gefährt hat.

## Danksagung

Ich danke für ihre Hilfe bei der Sammlung der Materialien für diesen Artikel Frau E. Hunerlach und Dr. S. Happ (Heidelberger Universitätsarchiv), Prof. Dr. A. Geus (Marburger Universität), Prof. Dr. K. Hausmann (Freie Universität Berlin), Frau O. I. Sokolova und Dr. D. A. Alexandrov (Sankt-Petersburg, Russland). Der Artikel wurde von Frau A. B. Pavlova (Sankt-Petersburg) übersetzt, bei der sich der Autor für die mehrmalige und produktive Zusammenarbeit bedankt.

## Literaturhinweise

Alexandrov, D. A.: Michail Michajlowitsch Novikoff: Wissenschaftler, Persönlichkeit des gesellschaftlichen Lebens, Organisator der Wissenschaft. In: Koltchinsky E. I. (Hrsg.): Russische Wissenschaftler des XIX.–XX. Jh. Heft 2, S. 89–108. SPb., 2000 (russisch).

Astaurov, B. L., Rokitsky, P. F.: Nikolai Konstantinovich Koltzov. Nauka, Moscow 1975 (russisch).

Berger, J. D.: Otto Bütschli. In: Dictionary of scientific biography, S. 625–628, London 1970.

Bütschli, O.: Zur Entwicklungsgeschichte der Biene. Zeit. Wissensch. Zool. 19, 519–564 (1870).

Bütschli, O.: Unsere Kenntnis von den sogen. Infusorionstierchen. Die Nature 6, 12, 27, 44, 52, 62 (1871).

Bütschli, O.: Vorläufige Mitteilung über den Untersuchungsbeitrag: Die ersten Entwicklungsvorgänge im befruchteten Ei der Nematoden und Schnecken. Zeit. Wissensch. Zool. 26, 201–213 (1875).

Bütschli, O.: Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Conjugation der Infusorien. Abh. der Senckenb. Naturf. Ges. Frankfurt a. M. 10, 1–250 (1876).

Bütschli, O.: Protozoa. Bronns Klassen und Ordnungen. Bd. 1–3. Winter, Leipzig 1880–1889.

Bütschli, O.: Vorlesungen über Vergleichende Anatomie. 1 Lief. Übersetzer S. Tschachotin. Devrien Verlag, Petrograd 1917 (russisch).

Dobell, C.: In memoriam Otto Bütschli (1848–1920) “Architect of Protozoology”. Isis, Cambridge, Mass. 42, 20–22 (1951).

Fokin, S. I.: Professor W. T. Schewiakoff: life and science. Protist 151, 181–189 (2000).

Fokin, S. I.: Die Karriere von Professor Schewiakoff. Karlsruhe – Heidelberg – Sankt-Petersburg – Irkutsk. In: Koltchinsky E. I. (Hrsg.): Russisch-Deutsche Kontakte im Bereich der Biologie und Medizin, S. 68–76. 2 Lief. Borey-Art, St.-Petersburg 2001a (russisch).

Fokin, S. I.: A love 50 years long. Professor V. A. Dogiel as a protistologist. Protist 152, 379–387 (2001b).

Fokin, S. I.: Otto Bütschli und seine russischen Schüler. In: Koltchinsky, E. I. (Hrsg.): Russisch-Deutsche Kontakte im Bereich der Biologie und Medizin, S. 27–33. 4 Lief. Borey-Art, St.-Petersburg 2002 (russisch).

Fokin, S. I.: Verschiedene Schicksale. Petersburger Zoologen-Emigrierte. In: Auf Wendung (im Druck). Nestor-Historia, St.-Petersburg-Kishinev 2004 (russisch).

Goldschmidt, R. B.: Otto Bütschli 1848–1920. Dem Andenken an Otto Bütschli. Naturwissenschaft 28, 543–548 (1920).

Goldschmidt, R. B.: Portraits from memory. Recollections of a zoologist. University Washington Press, Seattle 1956.

Hamburger, C.: Otto Bütschli als Protozoenforscher. In: Dem Andenken an Otto Bütschli. Naturwissenschaft. 28, 559–560 (1920a).

Hamburger, C.: Die Arbeiten von O. Bütschli. In: Kossel, A.: Das Lebenswerk Otto Bütschlis. Heidelberg. Akad. Wiss., B.1, S. 13–19. (1920b).

Hartmann, M.: Allgemeine Biologie. Übersetzer A. Nekrasov. Moscow – Leningrad, Giz, 1929 (russisch).

Heidelberger Universitätsarchiv. Rep. 84.

Nevmyvaka, G. A.: Alexej Alexeewitsch Zawarzin. Leningrad, Nauka, 1971 (russisch).

Novikoff, M.: Otto Bütschli und seine Wissenschaftsarbeiten. 9 Lief. S. 3–23. Sc. chem-tech., Petrograd 1922 (russisch).

Novikoff, M.: Von Moskau bis New York. Mein Leben in der Wissenschaft und Politik. New York, 1952 (russisch).

Novikoff, M.: Otto Bütschli. New York, 1954.

Sokolov, I. I.: Der Aufenthalt in Heidelberg 1906. Manuscript. Archiv des Artikelautors (russisch).

Uljankina, T. I.: Novikoff Michail Michajlowitsch. In: Russisches Ausland. Goldenes Buch der russischen Emigration. Erstes Drittel des XX. Jh., S. 463–456. Enzyklopädie. ROCCPEN, Moscow 1997 (russisch).

Zacharias, H.: Sensuousness in science. The Wandtafel company of Rudolf Leuckart. In: Redi C. A. (ed.): Visual zoology, P. 21–93. Ibis, Como-Pavia 2000.

Zentrales Staatliches Geschichtsarchiv in Sankt Petersburg [ZGIA SPb], Archivbestand 14, Inventarliste 1, Aktenstück 9764.

Verfasser: Dr. Sergei I. Fokin, Biological Research Institute of St.-Petersburg State University. 198504, Stary Peterhof, Oranienbaumskoye sch 2, St.-Petersburg, Russia; e-mail: fokin@peterlink.ru

## Aus der Industrie

### Axiovert 40 und PlasDIC von Carl Zeiss – Ein starkes Team für beste Ergebnisse in der Routine mikroskopie

Mit dem Mikroskop Axiovert 40 von Carl Zeiss wird jetzt auch im Routinebereich, wo große Mengen an Proben mit lebenden Zellen schnell und kostengünstig durchmustert werden müssen, kompromisslose brillante Abbildung Wirklichkeit. Bisher mussten zell- oder molekularbiologische Labore in Universitäten oder Pharmafirmen bei Routineuntersuchungen auf hohe Auflösung und Detailinformationen insbesondere aus dicken Zellbereichen verzichten.

Das äußerst flexible und leistungsfähige Axiovert 40 wird in zwei Stativvarianten angeboten: Axiovert 40 C und Axiovert 40 CFL. Bei beiden Stativen sorgt eine 35-Watt-Halogenlampe für noch höhere Beleuchtungsintensität.

Einzigartig am Axiovert 40 CFL ist das erste für die Routine maßgeschneiderte Interferenzkontrastverfahren PlasDIC, mit dem im Gegensatz zum Phasenkontrast auch dicke Zellbereiche brillant kontrastiert werden. Typisch dabei ist der reliefartige Bildindruck. Auf die preiswerten Plastikschalen, die das Wachstum der Zellen begünstigen, muss dabei nicht verzichtet werden. Die Anwender werden einen weiteren Vorteil des Axiovert 40 CFL schnell zu schätzen wissen: Für Fluoreszenzuntersuchungen gibt es eine neue 3fach-Reflektoraufnahme Push & Click, die für noch mehr Streulichteliminierung und höhere Bedienkomfort sorgt.

Wesentliches Merkmal des Axiovert 40 ist das Aufrüstungskonzept. Dies ermöglicht einen günstigen Einstiegspreis, hält jedoch Optionen für den weiteren Aufbau offen. Über die Routine hinaus ist das Axiovert 40 aufgrund der Qualität der Komponenten und der hohen Stabilität auch in der Einstiegsforschung oder für die Mikromanipulation einsetzbar.

Das Axiovert 40 bietet weitere hervorragende Details: Einen ganz einfach nach hinten schiebbaren Kondensor (von Vorteil bei häufigem Wechsel zwischen großen und kleinen Gefäßen) und Fixed-Köhler-Beleuchtung für noch mehr Bedienkomfort.

(Fehleinstellungen sind ausgeschlossen). Dank Kamerafrontport ist der in der Routine häufige Blickwechsel vom Kultivierungsgefäß ins Okular und wieder zurück ungestört. An beiden Stativen können über diesen Kameraport verschiedenste Kameratypen adaptiert werden. Der große Mikroskopisch kommt ohne Erweiterungen aus. Optional wird ein Glastisch für absolut uneingeschränkte Sicht auf den Objektivrevolver angeboten. Optionale Ergänzungen des Arbeitsplatzes sind der heizbare Mikroskopisch, heizbare Halterahmen und kühlbare Komponenten.

Carl Zeiss, Lichtmikroskopie, Postfach 4041, D-37030 Göttingen, Dr. Eugen Wehner, Tel.: 05 51/506 06 38, Fax: 05 51/506 04 64, e-mail: mikro@zeiss.de

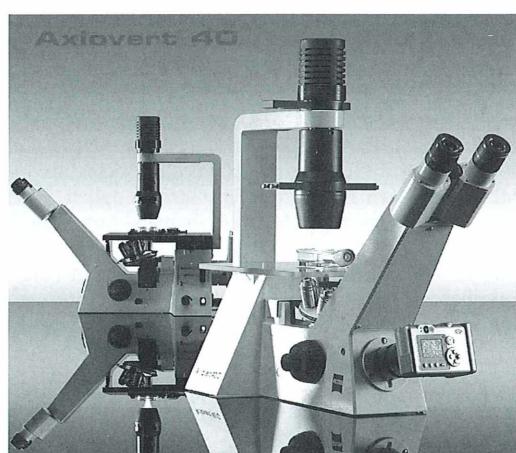


Abb.1: Mikroskop Axiovert 40 von Carl Zeiss für beste Ergebnisse in der Routine mikroskopie.

## Neues optisches Digital-Mikroskop der Firma Keyence Deutschland GmbH

Das neue, kompakte und tragbare optische Digital-Mikroskop VHX des Unternehmens Keyence, Neu-Isenburg, welches primär für die technische Qualitätskontrolle konzipiert wurde, stellt einen großen Meilenstein zur Betrachtung und Messung kleinstter Objekte dar. Mit einer maximalen Auflösung von 18 Millionen Pixel vermag das optische Digital-Mikroskop VHX selbst winzigste Details klar, deutlich und räumlich, also dreidimensional darzustellen. Es bietet eine 1.000fache optische Vergrößerung, bei Darstellung auf dem eingebauten Flachbild eine 3.000fache und mit zweifach Digitalzoom sogar eine 6.000fache Vergrößerung. Um dreidimensionale Strukturen rasch und präzise abzubilden, haben die Ingenieure das Mikroskop mit einem Fokussiereinstellknopf ausgerüstet, mit dem sich die Gesamt-Tiefenschärfe durch einfaches Drehen an einem Einstellknopf sehr bequem und schnell vornehmen lässt. Den Zeit- und Arbeitsaufwand für die Bilderstellung vermag der Anwender dadurch drastisch zu reduzieren. Darüber hinaus wird eine automatische Korrektur von Kamera-Verwackelungen vorgenommen, so dass alle Bilder, selbst die bei schwierigen Aufnahmepositionen aufgenommenen, extrem scharf sind.

Die hohe Tiefenschärfequalität in Kombination mit dem neu entwickelten D.F.D.-Verfahren (depth from defocus) ermöglicht eine dreidimensionale Bilddarstellung von höchster Qualität. Bei der D.F.D.-Technologie werden die 3-D-Daten durch Berechnung der Höhenunterschiede auf Grundlage von zwei oder mehreren 2-D-Bildern mit unterschiedlichen Brennpunktpositionen erzielt. Durch eine Verstellung der Beleuchtung, die sich mit nur einer einzigen Taste vornehmen lässt, sind Vorsprünge und Vertiefungen optimal auszuleuchten.

Umfangreiche Messfunktionen ermöglichen den Anwendern die Objekte nicht nur quantitativ zu betrachten, vielmehr erlauben diese auch eine exakte qualitative Messung. Ob Abstand, Mittenabstand, Radius oder automatische Flächenauswertungen von Farb- und Helligkeitsflächen, eine Vielzahl von Messfunktionen ist mit diesem Gerät möglich. Mit dem Mikroskop VHX lassen sich selbst submikrometergenaue Messungen sehr einfach durchführen. Das 13 kg wiegende Mikroskop VHX ist mit einer handlichen Digitalkamera ausgerüstet, die einen 2,11 Millionen Pixel CCD-Bildsensor besitzt. Dank ihrer sehr kompakten Konstruktion ermöglicht die Kamera bewegliche Betrachtungen bei hoher Präzision

selbst bei sehr beengten Verhältnissen. Die elektronische Verschlussblende der Kamera lässt sich in Stufen bis hinab zu 1/5.000 Sekunde einstellen. Die Bilder können auf dem 15-Zoll Farb-LCD (TFT)-Monitor sofort ausgegeben werden. Der große Farbbildschirm ermöglicht auch die Betrachtung der Bilder von mehreren Personen gleichzeitig, so dass sich direkt vor Ort die Analysen vom Team vornehmen lassen. Bei Bedarf sind die Bilder auf einer 40 GB-Festplatte abzuspeichern (Kapazität etwa 200.000 Bilder bei Komprimierung eines 2 Millionen Pixel-Bildes), dem eingebauten 24fachen CD-R/RW-Laufwerk oder per LAN- (RJ-45; 10BASE-T/100 BASE-TX) beziehungsweise USB 2.0 Schnittstelle auf andere Rechner sowie über Internet zu übertragen. Eine Vielzahl an Objektiven vom Makro- über diverse Telezoomobjektive bis hin zu Boreskope-Objektiven sowie flexible Endoskope und verschiedene Zubehörartikel wie ein digitaler Farbdrucker runden das Bild dieses innovativen optischen Digitalmikroskops ab.

Weitere Informationen vom Anbieter:  
KEYENCE Deutschland GmbH Vertrieb/Marketing  
Frankfurter Str. 233c, D-63263 Neu-Isenburg,  
Tel.: 061 02/368 90, Fax: 061 02/368 91 00,  
e-mail: [info@keyence.de](mailto:info@keyence.de),  
Internet: <http://www.keyence.de>.



**Abb. 1: Das neue optische Digital-Mikroskop VHX von Keyence zeichnet sich durch eine Vielzahl an Innovationen aus (Foto: Keyence, Neu-Isenburg).**

# Kleines ABC der digitalen Aufnahme- und Wiedergabetechnik – Erläuterungen von Abkürzungen und Definitionen von Fachbegriffen

Klaus Hausmann und Günther Zahrt

Jeder von uns wird wohl wissen, was sich im mikroskopischen Umfeld hinter den Abkürzungen DF, DIK, HF, LSM, Phaco oder Pol verbirgt. Aber wie sieht es aus, wenn wir uns in andere Gefilde begeben, die nicht in erster Linie mit der Mikroskopie zu tun haben, die wir aber gerne in unsere Tätigkeiten einbeziehen möchten? Es kann schwierig werden!

Wer kennt diese Situation nicht? Man möchte für sein konventionelles Mikroskop eine elektronische Komponente anschaffen, vielleicht eine digitale Scankamera oder eine Videoanlage mit entsprechendem Zubehör, wie sie unterdessen zuhauft preisgünstig auf dem Konsumermarkt angeboten werden. Man versucht, sich mit Hilfe von Prospekten oder Katalogen über die technischen Spezifikationen des gewünschten Gerätes sachkundig zu machen. Was passiert? Man erhält eine kaum überschaubare Flut an Informationen, die dazu gespickt ist mit Abkürzungen, deren Bedeutung dem Laien in sehr vielen Fällen absolut schleierhaft bleiben muss.

Um diesem Übel etwas abzuhelfen, bringen wir im Folgenden in alphabetischer Abfolge eine Zusammenstellung und Erklärung der gängigsten und wichtigsten Begriffe und Abkürzungen sowie deren Bedeutung aus diesem technischen Bereich, ohne dabei allerdings den Anspruch erheben zu wollen, damit das gesamte Gebiet vollständig abgedeckt zu haben.

**Adapter** (Abb. 1): Aufgrund vielfältiger Kombinationsmöglichkeiten von elektronischen Medien im praktischen Einsatz häufig erforderliche mechanisch-elektrische Steckverbindungen,

die eine Übertragung von einem Steckersystem auf ein anderes ermöglicht (z.B. von → BNC- zu → CINCH-Adapter)

**ALIS:** Alternate LIghting of Surfaces – technisches Verfahren bei → Plasmadisplays, indem durch Verdoppelung der Zeilen die Bildqualität verbessert wird

**ANSI-Lumen:** Maßeinheit für die Bildhelligkeit von Datenprojektoren gemessen nach ANSI-Norm (American National Standards Institute, amerikanisches Normungsinstitut, ähnlich unserer → DIN); eine 1 qm große Fläche auf der Projektionswand wird in 9 gleich große Rechtecke eingeteilt; der mathematische Durchschnitt der Lichtstärke im Zentrum jedes Feldes ergibt die ANSI-Lumen-Zahl, beispielsweise 1.600

**Aktiv Matrix:** → LCD Technologie mit Direktansteuerung (amorphe → TFT, → psi- oder p-si-TFT)

**Auflösung** (Tab. 1): Anzahl der Bildpunkte (→ Pixel) in horizontaler und vertikaler Richtung

**AutoSetup/AutoSynch:** Automatische Signalerkennung und Bildeinstellung

**AV:** Audio-Video

**Bandbreite:** Frequenzbereich in Hertz, die ein Signal zur Übertragung benötigt

**Beamer:** Kunstwort für → Datenprojektor

**Bildwiederholfrequenz:** Angabe, wie oft ein Bild auf dem Monitor in der Sekunde neu aufgebaut wird (in Hertz) (= Vsync = Vertikalfrequenz)

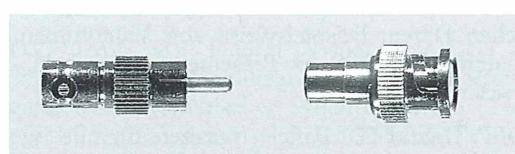


Abb. 1: BNC-CINCH-Adapter.

Tabelle 1: Abkürzungserklärungen von Grafikstandards und dazugehörende Auflösungen

|       |                                   |                                 |
|-------|-----------------------------------|---------------------------------|
| VGA:  | Video Graphics Array              | (Auflösung 640 x 480 Pixel)     |
| SVGA: | Super Video Graphics Array        | (Auflösung 800 x 600 Pixel)     |
| XGA:  | EXtended Graphics Array           | (Auflösung 1.024 x 768 Pixel)   |
| SXGA: | Super EXtended Graphics Array     | (Auflösung 1.280 x 1.024 Pixel) |
| UXGA: | Ultra EXtended Graphics Array     | (Auflösung 1.600 x 1.200 Pixel) |
| QXGA: | Quadruple EXtended Graphics Array | (Auflösung 2.048 x 1.536 Pixel) |

BNC (Abb. 2): Bayonet Neill Concelman (= Baby N Connector = Bayonet Naval Connector = Bayonet Nut Coupling = British Naval Connector) – Koaxialkabelverbindung im semi-professionellen und professionellen Videobereich; der mit einem mittleren Anschlussstift und einer Überwurfmutter zur Bajonett-Verriegelung ausgestattete Stecker hält großen mechanischen Belastungen stand; BNC-Verbindungen und -Kabel können durch einfache

→ Adapter mit → CINCH-Verbindungen sehr leicht kombiniert werden.

**BNC-CINCH-Adapter** → Adapter

**C-Videosignal:** Chrominanzsignal (= Farbinformation; vektorielle Summe der → U- und → V-Videosignale)

**CCD:** Charge Coupled Device – Bildaufnahmchips in Videokameras; zurzeit weit verbreitete Größen sind 1/3" und 1/4"

**CD-R:** Compact Disc Recordable – Medium zur Speicherung von digitalen Daten mit einer Kapazität von (je nach Typ) 650 oder 700 MB (= 450 bzw. 500 → 3,5"-Disketten)

**Chrominanzsignal:** Farbsignal, → C-Videosignal

**CINCH** (Abb. 3): Engl.: ein sicheres Ding – zuverlässige Steckverbindung sowohl in der Audio- als auch in der Amateur-Videotechnik eingesetzt (in den USA auch → RCA-Verbindungen genannt); in der Audiotechnik kennzeichnet rot den Anschluss für den rechten Stereokanal, schwarz den linken; in der Videotechnik dagegen wird weiß für den linken Stereokanal genommen; Cinch-Videoanschluss ist immer gelb und überträgt nur das → FBAS-Signal; entsprechende Anschlussbuchse am Gerät ist in der Regel mit der Bezeichnung *video in* oder *video out* gekennzeichnet

**Composite-Signal** → FBAS

**CRT:** Cathode Ray Tube – klassische Dreiröhren-Projektion bzw. Röhrenbildschirm

**Datenprojektor = Beamer:** Gerät für die Projektion von analogen und digitalen elektronischen Daten, beispielsweise von Videofilmen, Daten aus Video- → Präsentern oder → PC-Präsentationen

**DFP:** Digital Flat Panel – veraltete digitale Signalübertragungsschnittstelle für Flachbildschirme, Weiterentwicklung → DVI

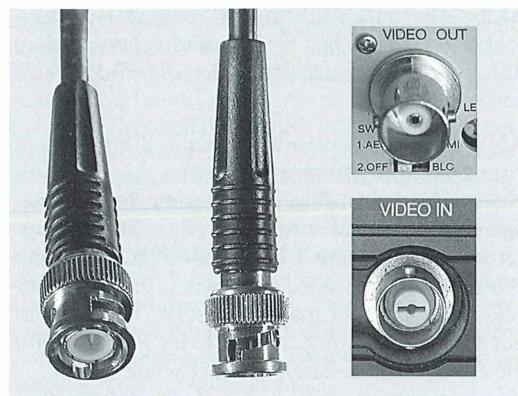


Abb. 2: BNC-Stecker (links) und -Buchsen (rechts).

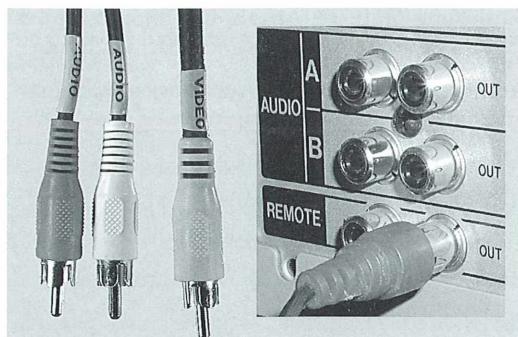


Abb. 3: CINCH-Stecker (links) und -Buchsen (rechts).

**Digital Zoom:** elektronische Lupe – Ausschnittsvergrößerung

**D-ILA-Technik:** Direct Addressed Image Light Amplifier-Technik – Lichtventiltechnologie, wobei reflektierende Module sowohl höhere Helligkeit als auch eine sehr hohe Auflösung ermöglichen

**DIN:** Deutsche Industrie Norm

**3,5"-Diskette:** Medium zur Speicherung von digitalen Daten mit einer Kapazität von 1,44 MB

**DMD/DLP-Technik:** Digital Micro Mirror Device-Technik/Digital Light Processing-Technik – basierend auf Halbleiter-Chip, auf dem hunderttausende, mikroskopisch kleine Spiegel auf elektrischem Weg bewegt werden; mittels Steuerelektronik wird das reflektierende Projektionslicht für jeden einzelnen Bildpunkt entweder durch die Optik oder ins Abseits gelenkt; Filterrad, welches sich synchron mit der Bildablenkung dreht, erzeugt die Farbe; die drei Farbbilder werden hintereinander mit einer sehr hohen Geschwindigkeit erzeugt und erscheinen als Echtfarbbild

**DRI:** Digital Reflective Imaging – Technologie für rasterfreie Darstellung

**DRIT:** Digital Realize Interpolation Technology – → Komprimierungsverfahren

**D-sub Anschluss = SubD-Anschluss** (Abb. 4): Steckverbindung bei vielen → CCD-Kamera-Systemen, Industriemonitoren, Bildschirmen und Datenprojektoren mit zumeist 15-pin-Belegung; werden u.a. häufig zur Übertragung von → RGB-Videosignalen verwendet; bei bestimmten Videokamerasystemen wird der D-sub 9pin-Anschluss nicht nur für → RGB, sondern auch für → Y/C- und → Composite-Signale, bei → Datenprojektoren für die Maus- oder → RS 232-Steuerung verwendet

**DVD-R:** Digital Versatile Disk Recordable – Standard zur Speicherung von Daten auf einer → CD ähnlichen Struktur mit einer Kapazität von 4,7 GB (= über 7 → CDs = rund 3.250 → 3,5"-Disketten)

**DVI** (Abb. 5): Digital Visual Interface – Schnittstelle für digitale/analoge Signalübertragung mit automatischer Synchronisation (24-pin + 29-pin Version) – → DFP Standard, um Computerdaten digital zum Anzeigegeräte zu übertragen; **DVI-D** (Abb. 5 mitte): Digital only;

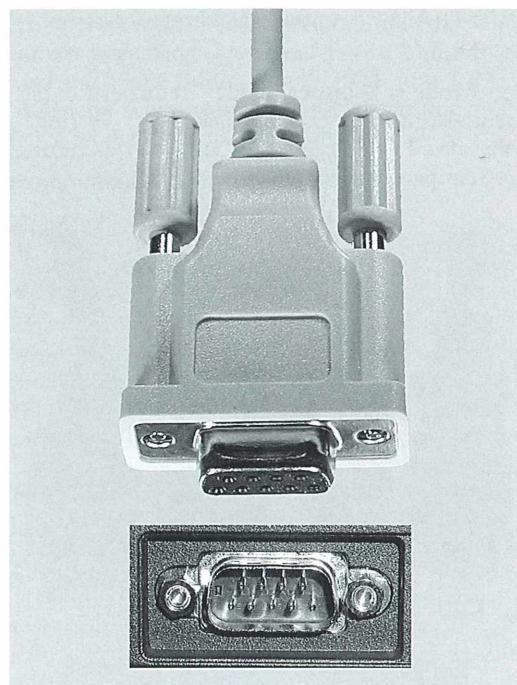


Abb. 4: D-sub Anschluss = RS 232; Stecker (oben) und Buchse (unten).

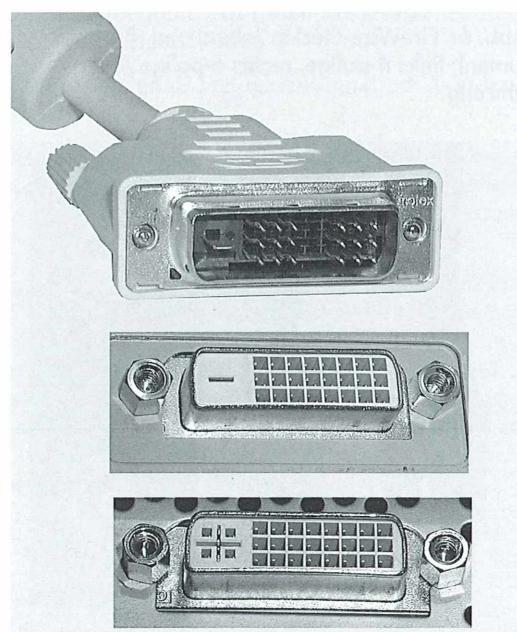


Abb. 5: DVI-D-Anschluss; Stecker (oben); DVI-D Buchse (mitte) und DVI-I-Buchse (unten).

DVD-I (Abb. 5 unten): Integrated (analog + digital)

**Eco Mode = Whisper Mode:** Reduzierung der Lichtleistung bei Datenprojektoren; Verringerung des Lüftergeräusches und Verlängerung der Lampenlebensdauer

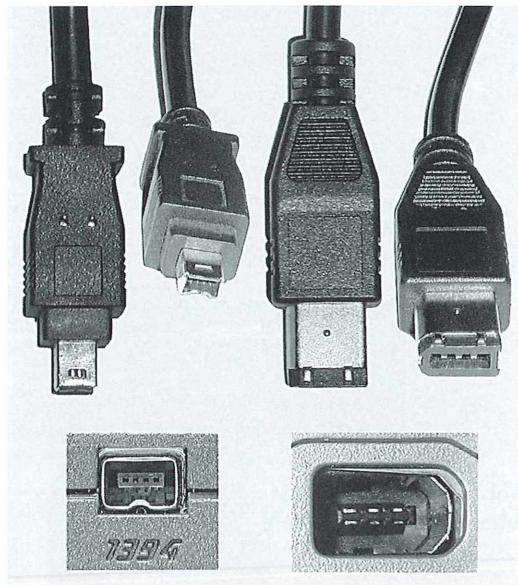


Abb. 6: FireWire-Stecker (oben) und -Buchsen (unten); links 4-polige, rechts 6-polige Ausführung.



Abb. 7: HF-Stecker (links und rechts oben) und -Buchsen (mitte und rechts unten).

**Enlarge:** Ausschnittsvergrößerung, meist auf digitaler Basis

**Euro-AV-Anschluss = → SCART-Anschluss**

**FBAS:** Farb-, Bild-, Austast- und Synchronsignal

**FireWire = IEEE 1394** (Abb. 6): Institute of Electrical and Electronical Engineers – sehr schnelle serielle Schnittstelle (400 Mbit/s); 4-polige Verbindungen (Abb. 6, links) übertragen Daten in beiden Richtungen, 6-polige Verbindungen (Abb. 6, rechts) liefern zusätzlich Versorgungsspannungen

**Freeze:** Einfrieren des aktuellen Projektionsbildes

**Gyro-Mouse:** Fernbedienung mit Signalübertragung per Funk

**HDTV:** High Definition TeleVision – hochauflösendes Fernsehen, 1.125 Zeilen

**HF-Stecker** (Abb. 7): High Frequency – Stecker zum Anschluss des Fernsehers oder Videorecorders am hausseitigen Antennen- oder Kabelanschluss; auch Anschluss des Viderecorders an den Fernseher erfolgt mittels HF-Verbindungen; HF-Anschluss überträgt neben dem → Composite-Videosignal auch die Stereosignale

**Hi8-System:** Videoaufzeichnungsformat, bei dem Helligkeit und Farbe (→ Y-Videosignal, → C-Videosignal) getrennt übertragen werden

**Horizontalfrequenz:** Anzahl der Zeilen (in Kilo-Hertz), die pro Sekunde angesteuert werden können

**Hösiden-Anschluss:** Hösiden: Firmenname einer der Hersteller von Steckern der Mini-DIN-Serie, → Mini-DIN-4-pin-Anschluss

**Hot Plugging:** An- oder Abstecken eines Gerätes mit → USB-Anschluss während des Betriebes ohne Neustart des Computers und ohne Treiber

**H-Sync:** Impulssignal zur Synchronisation der Zeilenfrequenz

**HUB** (Abb. 8): Engl.: Nabe (eines Rades), Angel-, Mittelpunkt – Einrichtung, um einen → USB-Anschluss zu vervielfältigen

**Interlaced-Video:** Zeilensprungverfahren oder Halbbildverfahren, wobei das Signal gerade und ungerade Bildschirmlinien zeichnet; „Zitter“bilder mittels → Line Doubler korrigierbar

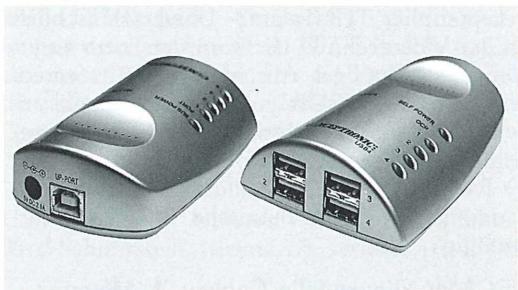


Abb. 8: HUB für vier USB-Anschlüsse, links Ein-gang, rechts Ausgang.

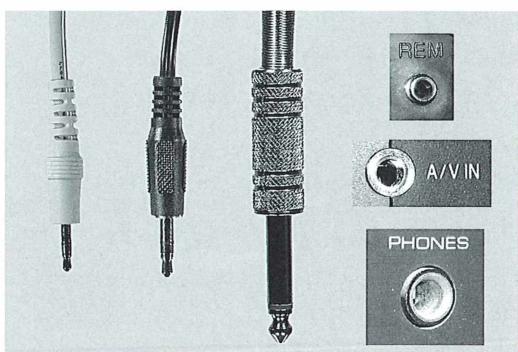


Abb. 9: Klinken-Stecker (links) und -Buchsen (rechts).

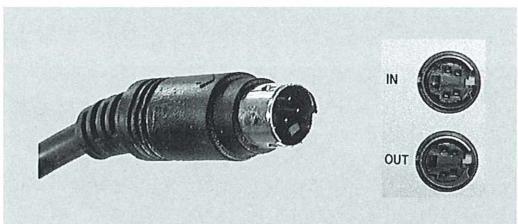


Abb. 10: S-VHS-Stecker (links) und -Buchsen (rechts).

i.Link = → FireWire

IR: Infrarot

**Keystone-Korrektur:** horizontale und vertikale Korrektur von Bildverzerrungen (Trapezverzer-rung)

**Klinke** (Abb. 9): Stecker und Buchsen für Audio- und Videosignale; 2-polig für Mono, 3-po-lig für Stereo und → AV, Ø 2,5 mm, 3,5 mm, 6,3 mm

**Komprimierung:** Verfahren, durch die eine höhere Speicherdichte erreicht wird – allerdings zu Lasten der Bildqualität; DRIT und LIME-SCO sind Komprimierungsverfahren mit mög-lichst wenig Informationsverlust

**Komponentensignal → YUV**

**Kontrast:** Schwarz-Weiß-Verhältnis – je höher der Wert, desto kontrastreicher das Bild, bei-spielsweise 1.500:1

**Konvergenz:** Deckungsgleichheit der → RGB-Bilder bei Monitoren und Projektoren; Un-schärfen im Bild und Farbränder weisen auf Konvergenzprobleme hin

**LCD:** Liquid Crystal Display – Flüssigkristall-anzeige

**LCoS:** Liquid Crystal on Silicon – Flüssigkris-tallelement, das auf einem verspiegelten Träger befestigt ist

**Lens Shift:** Variable Höhenverstellung des Ob-jektivs/Projektionsbildes (horizontal/vertikal) unter Beibehaltung der Bildgeometrie/Recht-winkligkeitsverhalten

**LIMESCO:** → Komprimierungsverfahren

**Line Doubler:** Verdoppelung dargestellter Zei-len im Videobild, Auffüllen ausgelassener Zei-len, → Interlaced Video

**Luminanzsignal:** Helligkeitssignal, → Y-Video-signal

**Maus-Steuerung:** Projektorfernbedienung; kann zur Steuerung der Maus verwendet werden – z.B. Kabel-, → IR- oder Funkfernbedienung (→ Gyro-Maus)

**Mini-DIN-4-pin-Anschluss** (= Hosiden-, S-VHS-, S-Video-, Y/C-, S-Anschluss) (Abb. 10): Steck-verbindung für → Y/C-Videosignale und somit für → S-VHS- und → Hi8-Systeme; kleiner, vierpoliger Anschluss (rechteckiger Führungs-zapfen erweckt den Eindruck eines fünfpoligen Anschlusses); überträgt die Y- und C-Videosig-nale, nicht jedoch das Tonsignal

**Multinorm:** System, das automatisch → PAL-, → SECAM- oder → NTSC-Videosignale er-kennt und darstellt

**Non-Interlaced Video:** Darstellung aufeinander folgender Linien ohne Zeilsprung, da das Bild ständig neu aufgebaut wird, womit ein Bildschirmflackern verringert wird

**NTSC:** National Television System Committee – amerikanische Farbfernsehnorm (auch in Kanada und Japan eingesetzt) – 525 Zeilen, 60 Halbbilder pro Sekunde, → Interlaced Video

**OSD:** On Screen Display – Statusanzeige, die in das Projektionsbild eingeblendet wird

**PAL:** Phase Alternation Line – deutsche Farbfernsehnorm

**PC:** Personal Computer

**PCMCIA:** Personal Computer Memory Card International Association – scheckkartengroße Erweiterungskarten für Notebooks und Digitalkameras.

**PiP:** Picture in Picture – Bild-in-Bild-Funktion für verschiedene Signalquellen

**Pixel:** Picture Element – kleinster ansteuerbarer Bildschirmpunkt

**Plasmadisplay:** Bildschirmtechnologie, bei der jeder Bildpunkt aus einer winzigen, mit einem Edelgasgemisch gefüllten Kammer besteht; Gasgemisch wird von einer Elektronik gezündet, wobei → UV-Strahlung entsteht, die wiederum eine Phosphorschicht zum Leuchten anregt

**Präsentator:** Video-Einrichtung, um 2D- (Folien, Buchseiten) und 3D-Objekte mittels eines → Datenprojektors auf eine Leinwand zu projizieren; könnte zukünftig die Funktion eines Overhead-Projektors übernehmen

**psi = p-si:** Polysilizium – Material, aus dem die bildgebenden Elemente eines → LCD- → Datenprojektors gefertigt sind

**Pointer:** Roter Punktzeiger, vielfach in IR-Fernbedienung integriert

**RCA:** Audiostecker entwickelt von der Firma Radio Corporation of America, → CINCH

**RGB:** steht in der Farbfernsehtechnik für die Grundfarben Rot, Grün, Blau

**RS 232 (Abb. 6):** Serielle Schnittstelle für Steuengeräte und Computer, → D-sub Anschluss

**Rückprojektion:** Umschaltmöglichkeit an → Datenprojektoren auf seiterverkehrte Darstellung für Durchlichtprojektion

**SCART-Anschluss = Euro-AV-Anschluss = Euroconnector = Pertitel Connector (Abb. 11):** Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radio-

récepteurs et Télésieurs – Universalanschluss in der Videotechnik; leicht an der Form zu erkennen; 21-poliger Anschluss enthält Stereoton, Video-, → RGB- und Synchronsignal sowie Datenanschlüsse; einsetzbar für Videoanschluss (inkl. Ton), für Komponentenanschluss → RGB, für → Y/C, für Bildschirmtext und für Computerspiele; mechanische Bauweise störanfällig

**SECAM:** SEquentielle Couleur A Mémoire – französische Farbfernsehnorm

**Smart Media Karte:** Speicherkarten für Notebooks und Digitalkameras – kleiner als → PCMCIA

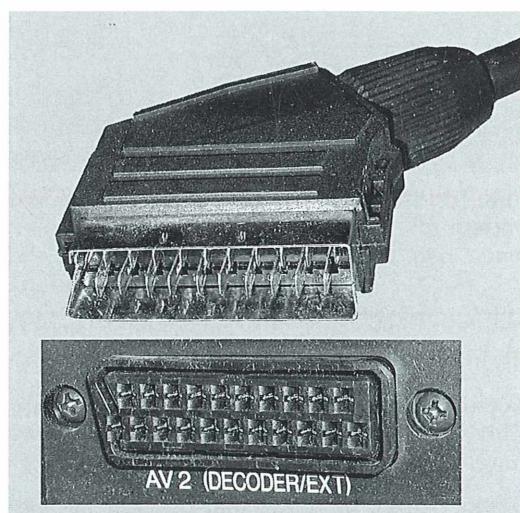
**SubD-Anschluss → D-sub Anschluss**

**S-VHS:** Super-(→ S-Video) → VHS

**S-Video:** Super-Video – Videosignal, bei dem die Helligkeitssignale von den Farbsignalen getrennt werden; vierpolige Steckverbindung (Abb. 10), → Mini-DIN-4pin-Anschluss, → Y/C

**TFT:** Thin Film Transistor – Dünnfilmtransistor

**TFT-LCD-Technik:** Projektionssystem mit drei → TFT-Panels (1,3", 0,9", 0,7"), auf deren Oberfläche sich Farbtransistoren jeweils einer der Grundfarben (Rot, Grün, Blau) befinden, die eine große Lichtdurchlässigkeit besitzen



**Abb. 11: SCART-Stecker (oben) und Buchse (unten).**

**TFT-LCD-Technik, Single-TFT:** Bilddarstellungssystem mit einem → TFT-Panel ( $\geq 6,4"$ ), auf dessen Oberfläche sich die → Pixel befinden, die jeweils drei Farbtransistoren für die Grundfarben → RGB beinhalten

**U-Videosignal:** bewertetes Farbsignal (B – Y)

**USB (Abb. 12):** Universal Serial Bus – Standard-Schnittstelle (Ersatz für serielle, parallele

und andere → PC-Schnittstellen) mit automatischer Erkennung und Konfigurierung von Hardwarekomponenten (Anschluss findet man auch bei → Datenprojektoren); USB 1 = 12 Mbit/s, USB 2 = 480 Mbit/s; USB Typ A (Abb. 12, links) = Geräte mit fixem Anschlusskabel (→ HUB, Tastatur); USB Typ B (Abb. 12, rechts) = Geräte ohne fixes Anschlusskabel (Drucker, Kameras, Scanner)

**UV:** Ultraviolett

**VHS:** Video Home System – am weitesten verbreitete Videokassettennorm im Konsumerbereich

**V-Videosignal:** bewertetes Farbsignal (R – Y)

**Vertikalfrequenz** → **Bildwiederholfrequenz**

**VGA (Abb. 13):** Video Graphics Adapter – analoge Videoschnittstelle zwischen → PC und Monitor

**V-sync, Vertikalfrequenz:** Impulssignal zur Synchronisation der → Bildwiederholfrequenz

**Whisper Mode** → **Eco Mode**

**Y-Videosignal** → **Luminanzsignal** = Schwarz-Weiß-Bildinhalt

**Y/C:** Farbvideosignal, bei dem das → Luminanz- und → Chrominanzsignal getrennt übertragen werden

**YUV** = **Komponentensignal:** Videosignal, bei dem das → Luminanz- und die beiden → Chrominanzsignale → U und → V getrennt übertragen werden (besser als bei → S-VHS-Verbindungen, überwiegend bei → DVD-Playern)

#### **Internet-Hinweis**

Für weitere Informationen sei auf folgende, sehr informative Internet-Adresse verwiesen: [www.ptv-gmbh.de/lexicon/lexicon-a.htm](http://www.ptv-gmbh.de/lexicon/lexicon-a.htm). Vor *htm* muss der Buchstabe gemäß dem Suchwort geändert werden, beispielsweise *v.htm* für das Suchwort Video.

**Verfasser:** Prof. Dr. Klaus Hausmann, Freie Universität Berlin, Institut für Biologie/Zoologie, AG Protozoologie, Königin-Luise-Str. 1–3, D-14195 Berlin, und Günther Zahrt, Kyllmannstr. 7a, D-12203 Berlin

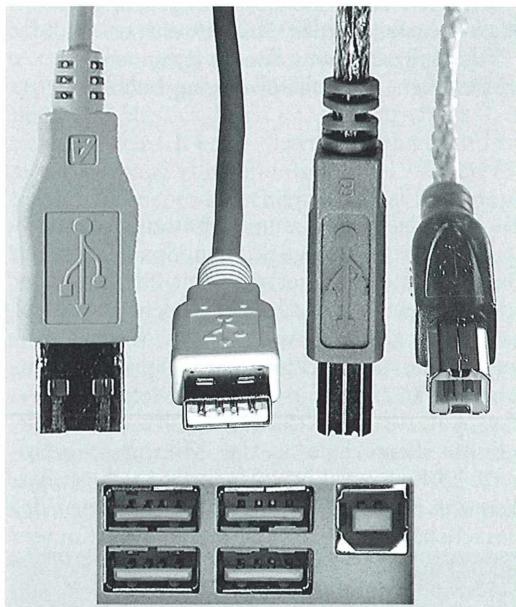


Abb. 12: USB-A-Stecker und -Buchsen (links); USB-B-Stecker und -Buchsen (rechts).

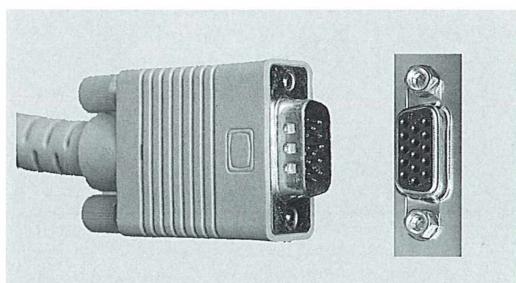


Abb. 13: VGA-Stecker (links) und -Buchse (rechts).

# Die Geburt der Spitzschlammschnecke – Eine Untersuchung mit neuartigem Objektträger

Hans Günzl

Die Verdunstung des Wassers, in dem sich das Objekt unter dem Deckglas befindet beziehungsweise der fehlende Gasaustausch in einer geschlossenen Objektkammer können die mikroskopische Langzeituntersuchung von Entwicklungsvorgängen erheblich behindern. Durch den Einsatz einer Objektkammer, die den Gasaustausch ermöglicht, konnte Abhilfe geschaffen und am Ei der Spitzschlammschnecke (*Lymnaea stagnalis*), einem Vertreter der Wasserlungenschnecken, der Schlüpfvorgang beobachtet werden.

## Technische Vorarbeiten

Schon Jaeckel (1953) stellte fest, dass die Laichballen der Wasserlungenschnecken wegen ihrer Durchsichtigkeit für die Beobachtung von Entwicklungsvorgängen gut geeignet sind. Diese Tatsache wird durch die schönen Aufnahmen zur Entwicklung der Spitzschlammschnecke von Maidhof (2003) sehr eindrucks- voll belegt. Auch der Autor des vorliegenden Beitrags experimentiert schon seit längerer Zeit mit den Eiern dieser Art. Die mit einem robusten Chorion versehenen Eier lassen sich leicht aus dem Gallertstrang herauspräparieren und bei schwacher bis mittlerer Vergrößerung mit dem Mikroskop betrachten. Allerdings bereitet die Verdunstung – wie auch Maidhof bemerkt – bei offenen Präparaten und Beobachtung über längere Zeiträume Schwierigkeiten. Bei Verwendung einer geschlossenen Kammer muss dagegen wegen des fehlenden Gasaustausches mit Entwicklungsstörungen oder dem Absterben des Keimes gerechnet werden.

Für die hier beschriebene Untersuchung wurde deshalb eine Vorrichtung konstruiert, welche die Verdunstung verhindert ohne den Gasaustausch zu unterbinden (Abb. 1). Wichtigster Teil ist eine gas- aber nicht wasserdurchlässige Teflon- membran (dem Autor standen einige Ersatz- membranen einer ausgemusterten Sauerstoff- elektrode zur Verfügung), die den Boden der Beobachtungskammer bildet. Sie ist zwischen der Bodenplatte und der Kammerwand – einer zur Dicke des Objektes passenden Aluminium- platte – eingeklemmt. Das Objekt wird in einem Wassertropfen deponiert, der auch nach Auflage

des Deckglases die Kammerwand nicht berührt. Dadurch ist es möglich, den Spalt zwischen Deckglas und Kammerwand mit Paraffin- oder Speiseöl abzudichten. In einer solchen Kammer konnte die gesamte, mehr als eine Woche beanspruchende Entwicklung der Spitzschlammschnecke an einem Ei beobachtet werden.

Zur Aufzeichnung einzelner Entwicklungsabschnitte diente eine an das Mikroskop adaptierte S8-Kamera. Einmal mehr hat sich gezeigt, dass das S8-Verfahren nicht zuletzt wegen der einfachen, robusten und, wenn eine Kamera vorhanden ist, auch billigen Technik noch heute wertvolle Dienste bei der wissenschaftlichen Dokumentation leisten kann! Die Ansteuerung sowohl der Mikroskopbeleuchtung als auch der Kamera erfolgte durch ein (Eigenbau-)Steuer- gerät, das es erlaubt, die Aufnahmeveralle in weiten Grenzen zu variieren. Als Aufnahmematerial diente der nach wie vor erhältliche Umkehrfilm Kodachrome 40, Type A.

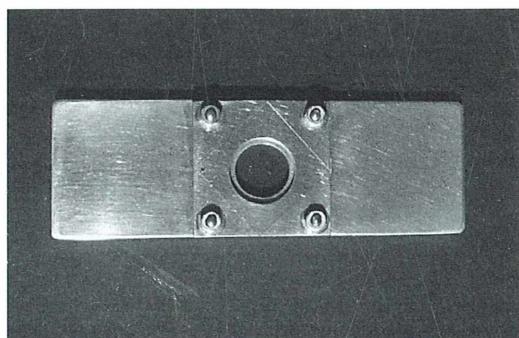


Abb. 1: Die verwendete Objektkammer.

## Der Schlußvorgang

Das Chorion, das bei den eierlegenden Tieren die Eizelle und oft auch Nährmaterial umschließt, hat Schutzfunktion und ist deshalb aus mehr oder weniger widerstandsfähigem Material aufgebaut. Dies bedeutet aber, dass die schlüpfreien Tiere über besondere Anpassungen zum Öffnen der Eihülle verfügen müssen. Die Eizähne der Insekten und Vögel sind bekannte Beispiele. Manchmal wird das Schlüpfen auch durch Sollbruchstellen erleichtert. Weit verbreitet sind jedoch Schlüpfenzyme, durch die das Chorion soweit destabilisiert wird, dass es durch das schlüpfwillige Tier zerrissen werden kann. Besonders eingehend ist dieser Vorgang von Schools et al. (1982) an Eiern verschiedener Knochenfische elektronenoptisch untersucht worden.

Während über die Wirkungsweise und die chemische Struktur der Schlüpfenzyme (meist sind es Metallproteasen) vor allem bei Stachelhäutern, Fischen und Amphibien bereits zahlreiche Untersuchungen vorliegen, ist von solchen Enzymen bei den Weichtieren nur wenig bekannt. Lediglich bei den Kopffüßern wurden Schlüpfenzyme gefunden. So lag es also nahe, zu untersuchen, ob sich am Chorion des Eies der Spitzschlammschnecke vor dem Ausschlüpfen

Anzeichen für das Wirken eines Schlüpfenzymes nachweisen lassen.

Allerdings stellte sich heraus, dass dieser letzte Abschnitt der Entwicklung mit vertretbarem Zeitaufwand direkt nicht beobachtet werden konnte, da nämlich schwer abzuschätzen war, wann die mehr als eine Woche beanspruchende Entwicklung beendet ist und der offenbar sehr rasch ablaufende Schlüpfvorgang beginnt. Hier bewährte sich nun das oben beschriebene Registrierverfahren. Mit den Aufnahmen wurde zu einem Zeitpunkt begonnen, zu dem die Schnecke bereits das Ei fast vollständig ausfüllte. Um für die Analyse des Schlüpfvorgangs keinen allzu langen Filmstreifen benutzen zu müssen, wurde die sehr niedrige Frequenz von einem Bild in drei Minuten gewählt. Das Ergebnis ist in Abbildung 2 dargestellt.

Tatsächlich beansprucht die Vorbereitung des Schlüpfens (bei ca. 25 °C) lediglich die letzte halbe Stunde der gesamten mehr als einwöchigen Entwicklung. Wie Abbildung 2 zeigt, erfolgt während dieser Zeit ganz offensichtlich eine fermentative Destabilisierung des Chorions: Es wird – über das Ei allmählich fortschreitend – weich und dünn, so dass sich die Form des Eies durch die Bewegung der Jungschnecke ständig verändert. Schließlich reißt das Chorion und die Jungschnecke gelangt ins Freie. Ob

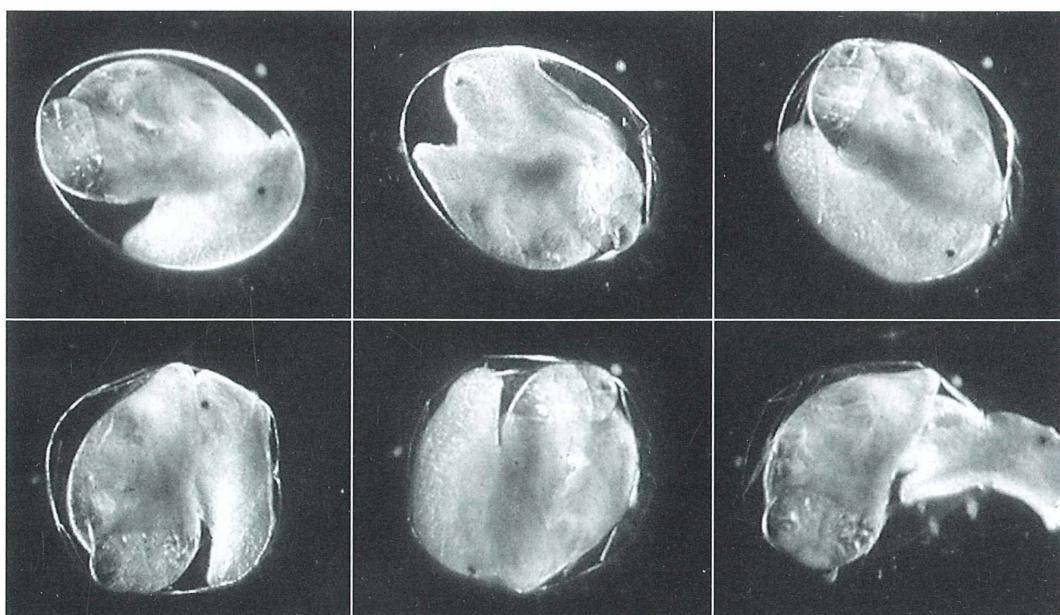


Abb. 2: Die Aufnahmen zeigen den Schlußvorgang einer Spitzschlammschnecke (von links oben nach rechts unten). Der Zeitabstand beträgt jeweils sechs Minuten.

beim Öffnen des Eis auch die Radula, die ja – wie schon Maidhoff feststellte – gegen Ende der Entwicklung in ständiger Bewegung ist, eine Rolle spielt, ließ sich mit dem angewendeten Dokumentationsverfahren nicht feststellen.

### Literaturhinweise

Jaeckel, S. H.: Die Schlammschnecken unserer Gewässer. Die Neue Brehm-Bücherei, Heft 92, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1953.

Maidhof, A.: Vom Ei zum Organismus – Beobachtungen zur Embryonalentwicklung der Großen Schlammschnecke (*Lymnaea stagnalis*). *Mikrokosmos* 92, 193–198 (2003).

Schools, A. F. M., Stikkelbroeck, J. J. M., Bekhuis, J. F., Denucé, J. M.: Hatching in teleostean fishes: Fine structural changes in the egg envelope during enzymatic breakdown *in vivo* and *in vitro*. *J. Ultrastr. R.* 80, 185–192 (1982).

*Verfasser:* Dr. Hans Günzl, Zeughausgarten 18, D-72074 Tübingen.

## Buchbesprechungen

**Schönborn, W.: Lehrbuch der Limnologie.** E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2003, 588 Seiten, 316 Abbildungen und 65 Tabellen, gebunden, € 68,00, ISBN 3-510-65204-5.

Basierend auf Vorlesungen, die 1992–1999 an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena gehalten wurden, entstand das vorliegende Buch. In dem Lehrbuch wird die Vielschichtigkeit der Limnologie in den Vordergrund gestellt. Die limnischen Lebensräume werden systematisch behandelt sowie die Bedeutung der angewandten Limnologie beleuchtet. Das Buch ist in die zwei Teile *Theoretische Limnologie (Grundlagen der Limnologie)* und *Angewandte Limnologie* gegliedert. Im ersten Teil werden neben kurzen Einleitungen zur Geschichte die Gliederung der Limnologie in die verschiedenen limnischen Lebensräume definiert und der Wasserkreislauf beschrieben. Danach werden die Lebensräume Quelle, Fließgewässer und Standgewässer hinsichtlich chemischer, physikalischer und biologischer Parameter behandelt. Typische Vertreter dieser Ökosysteme, ihr Stoffhaushalt und Energiefluss sowie anthropogene Einflüsse und ihre Wirkung werden in den entsprechenden Kapiteln abgehandelt. Im zweiten Teil werden die

allgemeinen Ziele der angewandten Limnologie vorgestellt. Die Herkunft und Reinigung von Abwasser wird ebenso behandelt wie anorganische und toxische anthropogene Belastungen (z.B. Schwermetalle, Pestizide, Versalzung). Ein Kapitel befasst sich mit den Methoden der Gewässertherapie für Fließ- und Standgewässer, ein weiteres mit den besonderen Problemen, die künstliche Seen wie Talsperren aufweisen. Im letzten Kapitel dieses Teiles werden die Handwerkszeuge für angewandte Limnologen, mit denen unter anderem die Wasserqualität bestimmt werden kann, vorgestellt. Insgesamt kann man zu fast allen limnologisch relevanten Themen und Lebensräumen umfangreiche Informationen erhalten.

Alle Kapitel werden mit einem kurzen Hinweis auf spezielle Überblicksliteratur zum behandelten Thema eingeleitet und durch Abbildungen und Tabellen illustriert. Das Buch bietet einen guten Überblick über die gesamte Bandbreite der Limnologie. Die wichtigsten klassischen Arbeiten werden behandelt und einige neuere Forschungsergebnisse dargestellt. Das Buch ist gut verständlich geschrieben und eignet sich als Einführung in das Thema für interessierte Laien ebenso wie für Studenten des Grund- und Hauptstudiums.

Désirée Dietrich, Berlin

**Fischer, U., Siegmund, B.: Borreliose – Zeckeninfektion mit Tarnkappe, 2. Auflage.** Hirzel Verlag, Stuttgart 2003, 160 Seiten, einige Farabbildungen, broschiert, € 14,80, ISBN 3-7776-1009-7.

In enger Zusammenarbeit mit Ärzten verfassten die beiden Autoren dieses nützliche kleine Buch über Borreliose. Oft ist diese von Blut saugenden Zecken übertragene Erkrankung schwer zu diagnostizieren. Die Beschwerden können sehr vielfältig sein und manchmal erst nach Jahren auftreten, so dass sie nicht mehr direkt mit einem Zeckenbiss in Zusammenhang gebracht werden können. Ärzte und auch die Diagnoselabors, in denen die Blutproben untersucht werden, kommen manchmal trotz einer vorliegenden Infektion zu einem negativen Ergebnis. Im Buch werden die verschiedenen Symptome geschildert, an Hand derer Sie vielleicht selber Hinweise für eine Borreliose-Infektion erkennen können. Außerdem werden konventionelle und alternative Behandlungsmöglichkeiten aufgezeigt, Ansprüche an Leistungsträger aufgeführt und Selbsthilfegruppen vorgestellt. Auch die Lebensweise der Zecken und andere, von ihnen übertragene Krankheiten werden beschrieben. Das Buch ist sehr gut verständlich geschrieben, fundiert und aktuell. Renate Radek, Berlin

## Mikro - Kids

# Die Zähne des Löwen

Lutz Hartmann

Die Wiesen erstrahlen den ganzen Sommer über im leuchtenden Gelb dieser typischen Wiesenblume, es ist der Löwenzahn. Die Kühe fressen ihn gern, daher wird er auch Kuhblume genannt. Für alle Kinder gibt es aber wohl nur einen Namen, nämlich Pustelblume. Jeder hat schon mal kräftig gegen sie geblasen als sie sich von gelb nach weiß verfärbt hatte und dann beobachtet, wie viele kleine Fallschirme in alle Richtungen flogen und ihre Last irgendwo absetzten.

**D**er Löwenzahn ist ein typisches, so genanntes Unkraut, andere sagen lieber Wildkraut. Gartenbesitzer sehen es nicht so gern, da sich die zahnartigen Blätter (Abb. 1) – daher kommt der Name – dicht an den Boden anschmiegen und deshalb andere Pflanzen wie beispielsweise die Rasengräser verdrängen.

### Blütenaufbau

Wir als Mikroskopiker werden den Löwenzahn jedoch eher interessant finden. Bereits beim ersten Blick weicht die Blüte erheblich davon ab, was wir im Frühjahr von vielen anderen Blumen wie beispielsweise der Tulpe kennen. Es sind keine kreisförmig um einen Stempel in der Mitte angeordnete Staubblätter zu erkennen. Und jetzt natürlich die Frage, wie ist das beim Löwenzahn? Ja, und da sind wir schon wieder bei unserem Mikroskop, das uns das Geheimnis enthüllen soll.

Von weitem scheint der Blütenkopf wie eine einzige Blüte auszusehen. Aber weit gefehlt! Schon die einfache Lupe zeigt uns das wahre Gesicht. Wer ein Stereomikroskop zur Verfügung hat, kann auch dieses benutzen. Jetzt erkennt man es: Dicht an dicht stehen eine Vielzahl von bis zu 250 Zungenblüten nebeneinander (Abb. 2a). Die wollen wir uns mal genauer mit unserem Mikroskop ansehen.

Mit einer spitzen Pinzette ergreifen wir eine dieser Zungenblüten ziemlich weit unten und

legen sie auf einen Objekträger. Einen Tropfen Wasser rauft, dann ein Deckgläschchen und los geht es. Wir verwenden zunächst das Objektiv mit der geringsten Vergrößerung, also ein 4er

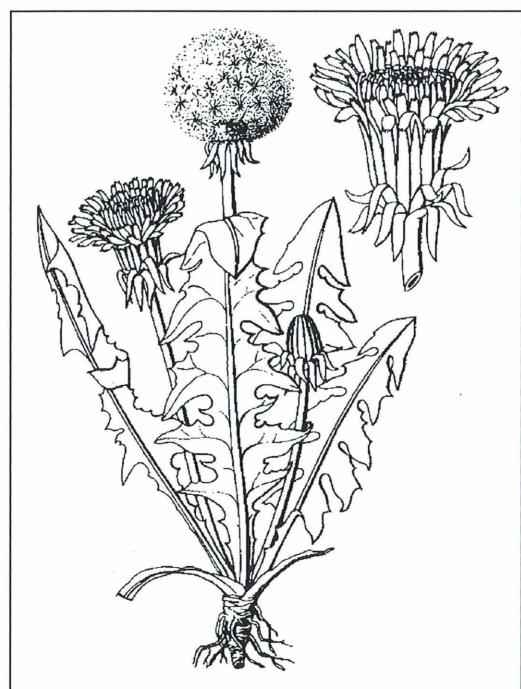


Abb. 1: Löwenzahnpflanze mit Wurzeln, gezähnten Blättern, Blüten und Samen (aus: Rothmaler, 1995).

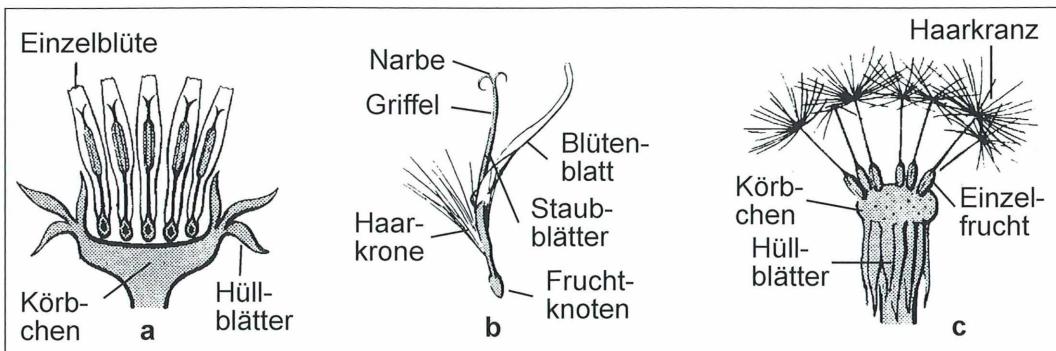


Abb. 2: Aufbau der gesamten Löwenzahnblüte (a), einer Einzelblüte (b) und der reifen Frucht mit den Einzelfrüchten (Schirmchen, c) (nach verschiedenen Autoren).

oder 5er Objektiv. Wenn wir ein Okular mit einer 10fachen Vergrößerung besitzen, erscheint uns dann die Zungenblüte 40- beziehungsweise 50-mal so groß.

Jetzt können wir sehen, dass diese Zungenblüte aus zwei Teilen besteht, aus der eigentlichen Zunge und aus einer so genannten Staubbeutelröhre, aus welcher der Griffel mit zwei Narben wächst (Abb. 2b). Kompliziert? Ein bisschen schon, aber machen wir es uns einmal etwas einfacher.

Eine Tulpe kennen wir, die hat große rote, gelbe oder andersfarbige Blütenblätter. Das ist beim Löwenzahn die Zungenblüte, die, wie wir unter dem Mikroskop erkennen, aus fünf miteinander verwachsenen Blütenblättern besteht. Die Aufgabe der Zungenblüte ist es, die Insekten zur Befruchtung anzulocken. Diese wächst aus der schon genannten Staubbeutelröhre heraus. Wir können erkennen, dass diese aus fünf Staubblättern gebildet wird. In diesen befindet sich der Blütenstaub, wie es auch bei den Staubblättern der Tulpe der Fall ist. Irgendwann platzen die Staubbeutelröhren auf und geben ihren Polleninhalt frei. Das können wir manchmal bereits bei unserer leichten Vergrößerung erkennen. Insekten nehmen dann diesen Pollen auf und streifen ihn an den beiden Narben des Griffels ab. Beim Blick durchs Mikroskop können wir meist schon Pollen an den Narben erkennen. Die Narben sind klebrig und halten den Pollen gut fest. Unterstützt wird dies durch Härchen an den Narben. Das Insekt hat nun seine Nahrung aufgenommen, fliegt zur nächsten Pflanze und hat dabei für die Befruchtung der Pflanze gesorgt, sodass sich nun im Fruchtknoten, der sich ganz unten bei unserer

Zungenblüte befindet, der Samen ausbilden kann.

Aber warum befinden sich in unserem Blütenkopf so viele Zungenblüten? Die Tulpe macht es doch nicht so. Die Erklärung ist einfach. Der Löwenzahn wird recht gern von vielen Tieren gefressen und je mehr Samen produziert werden, desto eher hat er eine Überlebenschance.

### Fallschirmsamen

Wir können jetzt auch das nächst stärkere Objektiv in den Strahlengang schwenken und alles noch genauer ergründen. Wie geht es nun weiter? Nach der Befruchtung bilden sich bereits nach wenigen Tagen die Samen. Wir entnehmen einer weißen Pusteblume mit einer spitzen Pinzette einen „Fallschirm“. Diesen legen wir auf den Objekträger und geben mit einer Pipette einen Tropfen Wasser dazu. Nun noch ein Deckgläschchen auflegen und schon können wir weiter beobachten.

Ein Blick durchs Stereomikroskop oder die normale Lupe zeigt uns bereits, dass die übrigen vorherigen Blütenteile jetzt vertrocknet sind und abgestoßen wurden. Zurück bleiben die weißen Härchen, die sich vorher im unteren Teil der Blüte zusammengefaltet befunden haben. Jetzt haben sie sich ausgebreitet und bilden den Fallschirm (Abb. 2c). Der Wind weht die kleinen Früchte, die sich unten befinden, fort. Dabei können diese Fallschirme mit ihrer Last ziemlich weite Strecken zurücklegen und sich auch über größere Entfernungen verbreiten. Probiert es einfach mal aus, dazu ist man niemals zu groß.

Wie findet jedoch das Samenkorn auf der Erde einen Halt und wird nicht weggeweht?

Das Mikroskop zeigt uns warum. Auf der Oberfläche des Samens befinden sich schuppenförmig Zähnchen. Die schaffen es leicht, sich im Boden

zu verankern. Irgendwann entsteht wieder ein neuer Löwenzahn und alles beginnt von vorn.

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

## Aus der Industrie

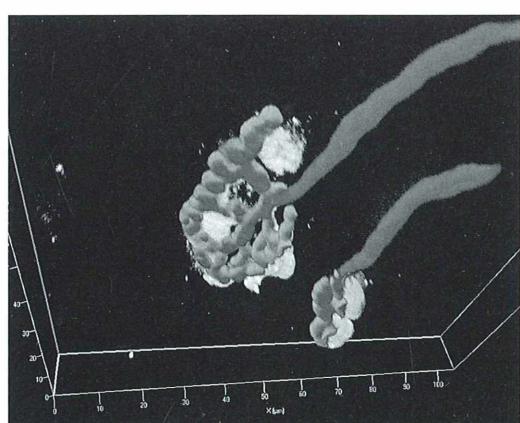
### Aufnehmen, Messen und Archivieren mikroskopischer Bilder – Mehrdimensional, automatisch und flexibel mit AxioVision Release 4.1 von Carl Zeiss

Die Software AxioVision Release 4.1 von Carl Zeiss bietet allen Anwendern, die mit Lichtmikroskopen in der biomedizinischen Forschung und in Routine-labors, in der Neuro-, Zell-, Entwicklungsbiologie, Zoologie, Virologie, Histologie, Pathologie und Umwelttechnik arbeiten, ein modernes Softwarekonzept. Damit hat der Nutzer deutlich mehr Freiheiten bei der Kombination verschiedener Aufnahmetechniken mit digitalen Kameras als je zuvor. Diese Freiheit ist gekoppelt mit der optimalen Analyse und Archivierung mikroskopischer Bilder und Bildserien. Die perfekte Abstimmung von Mikroskop, Kamera und Software kommt sowohl in der Automatisierung von Prozessabläufen, in der hohen Benutzerfreundlichkeit und nicht zuletzt in der Qualität der Untersuchungsergebnisse zum Ausdruck. Mit AxioVision Release 4.1 steht dem Nutzer ein zuverlässiges Werkzeug für die digitale Bildverarbeitung zur Verfügung, das ihm zudem großen Spielraum bei der Gestaltung eigener spezifischer Abläufe des Arbeitsprozesses lässt.

Die Software ermöglicht die vollautomatische Bedienung von Kamera und Mikroskop. Von einfachen Consumerkameras bis hin zu wissenschaftlichen Mikroskopkameras – allen voran die AxioCam Familie von Zeiss – können mit AxioVision Release 4.1 genutzt werden. Insbesondere die Steuerung der motorisierten Mikroskope von Carl Zeiss für die vollautomatische Aufnahme einfacher 2D-Bilder bis hin zu 6D-Bildern ist völlig unkompliziert. Einstellungen des motorisierten Mikroskops und der Kamera lassen sich speichern und bei späteren Experimenten immer wieder verwenden. Dadurch werden bisher nur aufwändig durchführbare Experimente mit Mehrkanal-Fluoreszenzbildern, Z-Stapeln, Zeitreihen und Mark & Find sehr einfach, wobei der Anwender die Abläufe und Kombinationen der Bildaufnahme frei wählen und zwischen den verschiedenen Dimensionen wechseln kann.

Mit dem Zeiss Bildformat ZVI (Bilder als Assets) werden alle relevanten Daten vom einfachen 2D-Bild bis zum komplexen 5D-Bild sowie wichtige Zusatzinformationen in einer Datei gespeichert. Somit hat der Anwender jederzeit leichten Zugang zu seinen Bildern, ohne sich mit vielen Einzelbildern beschäftigen zu müssen. Beispielsweise können einmal verwendete Aufnahmeeinstellungen aus bereits aufgenommenen Bildern durch eine einfache ReUse-Funktion wieder genutzt werden.

Die Software ist vollständig konfigurierbar und komplett in die (Mehr-) Benutzerverwaltung von Windows eingebunden. Schon das Basisystem ist damit bedarfsgerecht an die Anforderungen verschiedener Benutzergruppen anpassbar. Die Funktionalität kann jederzeit durch Zukauf von Modulen



**Abb. 1:** Neuromuskuläre Synapsen im Sternomastoidmuskel der Ratte (S100-Färbung hellgrau, Neurofilamente und synaptische Vesikel dunkelgrau, Bungarotoxin-Färbung mittelgrau). 3-Kanal-Fluoreszenz Z-Stapel aufgenommen mit dem Modul ApoTome (aufgenommen während des Neurobiologie-Kurses in Woods Hole, 2003. Proben von Dr. Le Tian und Dr. Wes Thompson, University of Texas, USA).

erweitert werden, was für den Anwender kosteneffizient ist, weil er nur das bezahlt, was er wirklich benötigt.

Eine schnelle Bildverarbeitung unterstützt die Analyse mehrdimensionaler Bilder. Interaktive Messungen sind nun bereits mit dem Basissystem möglich. Die Erstellung von Messprogrammen für interaktive und automatische Messungen wird durch einen Messassistenten geführt und ist dadurch spielend einfach. Die Vermessung großer Bilddatenmengen ist damit keine Zeitfrage mehr. Auch aufwändige Bildprozessierungsverfahren wie 3D-Dekonvolution und 4D-Volumenrendering sind vollständig integriert und ermöglichen den Weg von der Aufnahme bis zum spektakulären 4D-Film mit wenigen Mausklicks.

AxioVision Release 4.1 bietet allen Anwendern, die mit dem Cell Observer und kompletten Life Cell Imaging Workstations von Carl Zeiss arbeiten, eine bedarfsgerechte Systemlösung aus einer Hand. Dies gilt ebenso für den Mehrkanalfluoreszenz-Arbeitsplatz mit Axioplan, bei der Steuerung des neuen ApoTome Systems sowie des AxioVision FRET Applikationssystems.

Weitere Informationen bei:

Carl Zeiss Vision GmbH, Zeppelinstr. 4, D-85399 Hallbergmoos, Dr. Markus Neumann, Tel: 08 11/959 73 03, Fax: 08 11/959 71 00, e-mail: mikro@zeiss.de

## Nachricht

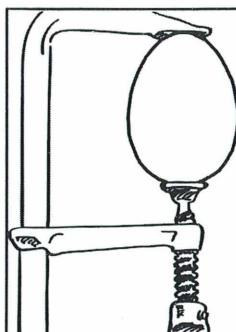
### Mikroskopierkurs mit Heinz Streble in Inzigkofen

Vom 28. Juni–3. Juli 2004 leitet Dr. Heinz Streble, Hohenheim, unterstützt von Dipl. Biol. Matthias Treiber, ebenfalls Hohenheim, unter dem Motto *Kleine Welt ganz groß – naturkundliches Mikroskopieren* wieder den seit vielen Jahren beliebten und bewährten Mikroskopierkurs im Volkshochschulheim Inzigkofen (Naturpark Obere Donau, Baden-Württemberg).

Bei Frischpräparaten, bei zum Teil selbst hergestellten und zum Teil fertig vorbereiteten Dauerpräparaten werden das Lesen in den Objekten sowie das Interpretieren der Strukturen samt ihren Funktionen gelernt und geübt, um die Bauelemente der Lebewesen, die Zellen, und ihr Zusammenwirken in Gewe-

ben und Organen kennen zu lernen und zu verstehen. Zum Thema gehören auch folgende Dinge und Bereiche: Funktion und Pflege von Mikroskopen, Sammeln von Material, Lebendbeobachtung von Planktonorganismen, Techniken zur Herstellung von Dauerpräparaten, Dokumentationsmöglichkeiten, Tipps zur Literatur, Empfehlungen für später zu Hause sowie Freude am Schönen und am gemeinsamen Mikroskopieren.

Weitere Informationen und Anmeldung: Volkshochschulheim Inzigkofen, Parkweg 3, D-72514 Inzigkofen, Tel: 0 75 71/739 80, Fax: 0 75 71/73 98 33; e-mail: info@vhs-heim.de, homepage: [www.vhs-heim.de](http://www.vhs-heim.de).



## Eingespannt?

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

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

DEUTSCHES GRÜNES KREUZ e. V.  
Stichwort: Kopfschmerz

Postfach 1207  
35002 Marburg



# Der Queller – Eine Blattsukkulente

## Pflanzenmorphologie gegen den Rest der Welt

Erich Lüthje

So weit wie er wagt sich keine andere heimische Blütenpflanze in das Watt hinaus. Seine dichten Bestände führen zur Wasserberuhigung und zur Sedimentation. Damit legen sie den Grundstein für die Salzwiese. Mit einer extrem hohen Saugkraft behauptet er sich gegen eine Salzkonzentration im Boden von 25–30 Promille. Seine salzhaltige Asche diente früher zu Waschzwecken (Soda) und zur Glasschmelze (Glasschmalz).

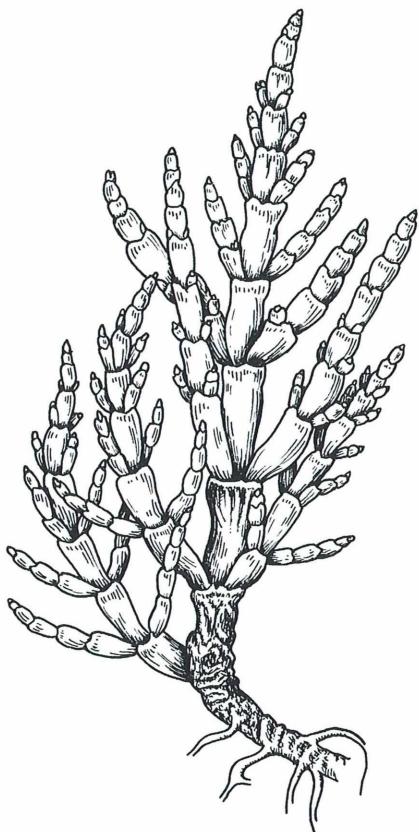
**D**ie Rede ist vom Queller (*Salicornia europaea* agg.), einer prominenten Pionierart der maritimen Verlandungszone. Diese einjährige Salzpflanze lagert das Kochsalz des Meerwassers in ihre safthaltigen Speicherzellen ein, um so die ebenfalls salzbedingte Saugkraft des Bodens übertreffen zu können.

### Trinken und quellen ...

Sinkt der Salzgehalt des Bodens etwa durch Regenfälle vorübergehend ab, verringert auch der Queller seinen relativen Salzgehalt durch Wasseraufnahme. Dadurch quillt er mehr und mehr auf (Name) und zeigt den typischen Habitus einer Sukkulanten (Abb. 1).

Der Queller wird heute wohl ausnahmslos als Stammsukkulente aufgefasst, so zum Beispiel im klassischen Lehrbuch der Botanik (halophytische Stammsucculente; Strasburger, 1991). Hinsichtlich seiner (diskutierten) Beblätterung sind die Beschreibungen dieses Gänsefußgewächses widersprüchlich; eine Auswahl: *Scheinbar blattlos* (Kuckuck, 1957); *scheinbar blattlos, knotig eingeschnürt, fleischig* (Schmeil-Fitschen, 1982); *dickfleischig, blattlos* (Rothmaler, 1982). Mit seinen fleischig verdickten Stengeln und Ästen sieht er eher aus wie ein zu klein geratener Kandelaberkaktus, und tatsächlich entwickelt die Pflanze keine Blätter. Alle typischen Aufgaben der Blätter werden von den Stengelgliedern übernommen (Jahnke und Kremer, 2003). Auch in älteren Floren fand ich den Queller als blattlos be-

schrieben: *Blüten gedreit, in Vertiefungen des Stengels und der Aeste eingesenkt* (Knuth, 1888) beziehungsweise *St(engel) fleischig, ästig, gegliedert, ohne B(lätter)* (Prahl, 1913). Dagegen liest man in Knaurs Pflanzenreich: *Der Queller (...) hat die Blätter bis auf die grüne Berindung der Stengel reduziert, die dadurch fleischig und gegliedert erscheinen* (de Wit, 1964). Pareys Blumenbuch: *B(lätter) schuppenförmig, gegenständig, fleischig durchscheinend* (Fitter et al., 1975). *B(lätter) gegenständig, fleischig, dicht dem Stengel angepreßt und ihn einhüllend, dadurch Stengel scheinbar b(latt)los.* (...) Eine kleine, fleischige (...) Pflanze mit gegliederten, einfachen bis stark verzweigten, fleischigen Stengeln (Polunin, 1971). Geradezu virtuos widersprüchlich wirkt folgende Beschreibung: *Die Chenopodiaceae (Gänsefußgewächse) sind meist Kräuter mit einfachen, zuweilen fleischigen (sukkulanten) Blättern.* (...) *Typisch hierfür ist der blattlose Queller* (von Sengbusch, 1989). Blattlos oder beblättert, Stamm- oder Blattsukkulente – was ist nun richtig? Strasburger (1991) schreibt: *Pflanzen sehr trockener Standorte (Xerophyten) sind vor allem darauf angewiesen, ihre Transpiration einzuschränken. Da Laubblätter nicht nur Photosynthese-, sondern auch Transpirationsorgane sind, geschieht dies bevorzugt durch Verdorbnung der Blätter (...).* Die Photosynthese wird in die Sproßachse verlagert, wo es kein Schwammparenchym, also kein eigenes Transpirationsgewebe gibt. Bei aktiv-dürereristenten Gewächsen wird der grüne Sproß zusätz-



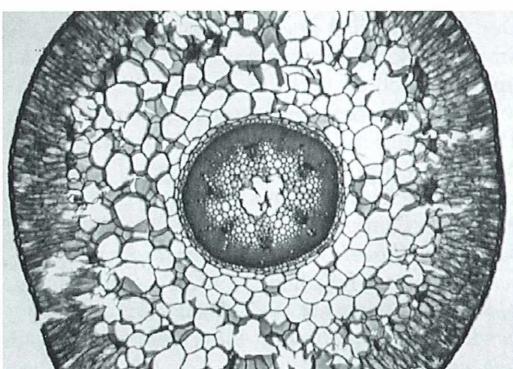
**Abb. 1: Tetraploide Form des Quellers (*Salicornia stricta* = *dolichostachya*) mit fast senkrecht nach oben weisenden Seitenästen. Sie wächst als Pionierpflanze im Watt. Man beachte den unteren Stängelabschnitt ohne grüne Ummantelung und ohne Sukkulenz (aus Künnemann und Gad, 1977).**

lich succulent, d. h. zu einem Wasserspeicher mit großem Volumen und geringer Oberfläche metamorphosiert. – Neben Stammsucculenz (...) gibt es auch Blattsucculenz (...). Große Wasserspeicherzellen treten dabei entweder in subepidermalen Zellschichten auf oder im Blattinneren. Der Streit geht also um die Frage, welches Pflanzenorgan – Stängel oder Blatt – beim Queller die Wasserspeicherfunktion übernommen hat. Um es vorwegzunehmen: Wir werden sehen, dass es die Blätter sind und dass der Queller deshalb eine Blattsukkulente ist. Und es wird die Frage bleiben, wie sich die irrgäige Auffassung von seiner Stammsukkulenz bislang uneingeschränkt hat halten können.

Handschnitte von Quellermaterial sind relativ schwierig, weil diese Saftpflanze zumal in ihren jüngeren Teilen sehr weich ist. Man sollte sie durch Konservierung in Brennspiritus härten und dann schneiden (dabei mit Alkoholzugaben feucht halten). Wir benötigen Schnitte aus verschiedenen Zonen des Stängels (unten/alt bis oben/jung), um die Entwicklung des (eigentlichen) Stängels in seiner Blatthülle verfolgen zu können. Längsschnitte sollen durch einen Blattansatz führen. Färbungen sind mit Astrablau-Safra-nin beziehungsweise Etzolds Gemisch sowie mit Sudan-III durchzuführen (0,1 g in 50 ml 96%igem Alkohol und 50 ml Glyzerin). Sudan-Färbungen gelingen in kürzester Zeit exzellent, wenn man das Präparat auf dem Objektträger in der Lösung über einem Teelicht erhitzt; dabei aus der Pipette einige Tropfen der Färbeflüssigkeit nachgeben. Auch die Etzold-Färbung fällt bei diesem Verfahren brillant aus.

### Schaun mer mal ...

Stängelquerschnitte des Quellers zeigen unter der Epidermis und einem grünen Assimilationsgewebe die namensgebende safthaltige (sukkulente) Schicht wasserspeichernder Zellen sowie einen Zentralbereich mit Leitbündeln und Festigungsgewebe. Ein völlig normaler Sprossaufbau, wie es scheint – wären da nicht etliche Leitbündel, welche vom Zentralbereich durch



**Abb. 2: Achsenquerschnitt des Quellers mit äußerer Blatthülle und zentralem Stängelbereich. Die dunkel gefärbten Zellkomplexe an der Grenze Palisaden-/Speichergewebe sind Leitbündel der angewachsenen Blätter. Vergr. 25fach.**

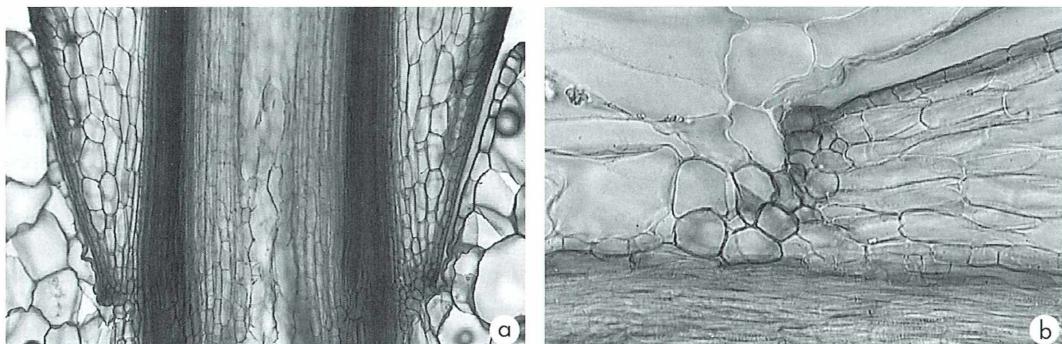


Abb. 3a und b: Längsschnitt durch die Achse des Quellers. – Abb. 3a: Als dunkle Bahnern erscheinen die Anschnitte des Stängels (vgl. Zentralbereich in Abb. 2). Sie sind von den großen Speicherzellen der Blätter umwachsen. Vergr. 35fach. – Abb. 3b: Blattansatzstelle, Sudan-III-Färbung; die waagerechte Linie im unteren Bildteil stellt den angefärbten Korkmantel des hier liegenden Stängels dar. Vergr. 120fach.

das Speichergewebe bis an die Grenze des Assimilationsgewebes ziehen (Abb. 2). Eine derartige Verteilung von Leitbündeln in der Stängelrinde sollte nach den Regeln des Pflanzenaufbaus nicht vorkommen. Beim Laubblatt hingegen liegen die Leitbündel genau an der Grenze zwischen Palisaden- und Schwammgewebe!

Längsschnitte zeigen: Wo die Glieder des Quellers ineinander geschachtelt erscheinen, tritt die Rinde taillenartig bis an den Zentralzylinder heran. Auch dies wäre ungewöhnlich für einen normalen Sprossaufbau (Abb. 3a und b). Und schließlich: Der untere Stängelabschnitt einer Quellerpflanze ist braun. Er besitzt keine grüne Speicherschicht (vergleiche z. B. de Wit, 1964, Abb. 70, und Künnemann und Gad, 1977, Abb. auf S. 190). Kurzum – der eigentliche Stängel des Quellers zeigt im unteren Bereich sowie zwischen den Blattansatzstellen keine Spur von Sukkulenz.

Demnach sollten die grüne, fleischige Stängelhülle Blätter und die kleinen Wülste am Ende der Stängenglieder deren Spitzen sein. Bei dieser Gleichsetzung ergibt sich freilich ein neues Problem: Bei den hochgeklappt angewachsenen Blättern läge die äußere, chlorophyllhaltige Assimilationsschicht mit ihren palisadenartigen Zellen (Abb. 4) auf der Blattunterseite. Zumeist ist sie aber auf der Oberseite eines Blattes zu finden. Indes: *Es gibt auch zahlreiche Beispiele für einen invers-bifazialen Blattbau, bei dem die Palisaden auf der Blattunterseite angeordnet sind ... Das gilt vor allem für Schuppenblätter (...), die im entfalteten Zustand der Sproßachse anliegen, die Blattunterseite ist dem Lichteinfall*

zugewandt (Abb. 5; Kaussmann und Schiewer, 1989). Dieser Blattaufbau liegt beim Queller vor. Als Pionier der Verlandungszone ist er mit seinen reduzierten, den Spross umgreifenden



Abb. 4: Assimilationsparenchym der Quellerachse. Es handelt sich um die Palisadenzellen der stängelumgreifenden Blätter, nicht um ein Ge- webe der Stängelrinde. Vergr. 120fach.

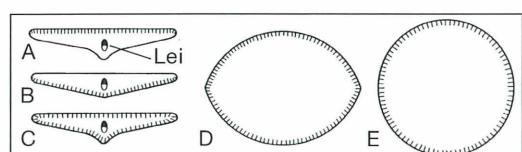


Abb. 5: Schematische Darstellung von Laubblattquerschnitten; Palisadengewebe durch Schraffur angedeutet; Lei = Leitbündel. Das ursprünglich frei wachsende Quellerblatt war bifazial-invers (B). Die verwandelte Strandsode (*Suaeda maritima*, vgl. Abb. 14) besitzt dagegen ein äquifaziales Flachblatt (D) (aus Kaussmann und Schiewer, 1989).

Blättern perfekt an seinen Standort angepasst (Kock, 1998). So erträgt er zahlreiche Überschwemmungen und strömendes Wasser. An seinem ansonsten pflanzenlosen und schattenfreien Standort fängt er trotz der extrem reduzierten Blattfläche genug Sonnenstrahlung für eine erfolgreiche Photosynthese ein.

### Grenzbetrachtungen

Sollte die Identifizierung der vermeintlichen Stängelrinde als Gewebe angewachsener Blätter mit kleiner freier Spitze (Wulst) noch nicht überzeugen, müssen wir unser Augenmerk auf den Bereich zwischen (vermeintlicher) Rinde und Stängelzentrum richten. In jungen Stängelabschnitten des Quellers sehen wir eine Grenze zwischen den Speicherzellen und dem Zentralbereich (Abb. 6). Wächst der Stängel stärker heran, manifestiert sich diese Grenze immer deutlicher (Abb. 7). Wir beobachten, dass sich zwei Kambiumringe bilden: Ein äußerer Ring gibt nach außen (zu den Speicherzellen hin) wandverstärkte Zellen und nach innen hin locker stehende Grundgewebezellen ab. Ein innerer Kambiumring liefert zur Stängelmitte hin Sklerenchym und Leitbündel, nach außen ein zartes Gewebe. Wie ist diese Architektur zu deuten? Hier hat das sekundäre Dickenwachstum des Stängels eingesetzt. Dabei erzeugt im Regelfall das äußere Kambium (Phellogen) nach außen Korkzellen, nach innen einige Phellemzellen. Das innere (sog. faszikuläre und interfaszikuläre) Kambium gibt nach innen Holz, nach außen Bast ab.

Ganz so regulär sah es aber auf unseren Schnitten durch ältere Quellerstängel nicht aus. Hier gibt das innere Kambium nämlich zur Stängelmitte hin Sklerenchym sowie komplette Leitbündel (also mit Phloem) ab, nach außen hin gegen lockeres Rindengewebe (keinen typischen Bast). Wir finden diese Art der Stängelverstärkung im Verwandtschaftskreis der Kermesbeere als Phytolaccaceenmuster beschrieben (Sengbusch, 1989; *Phytolacca esculenta* ist die Kermesbeere). Offenbar ist eine Ausnahme im Bereich des sekundären Dickenwachstums nichts Ungewöhnliches: *Der Verlauf des sekundären Dickenwachstums des Sprosses wird aus praktischen Gründen meist an Aristolochia demonstriert. Die dort zu beobachtenden Vorgänge („Aristolochia-Typ“) treffen jedoch in den Einzelheiten nur für sehr wenige Blütenpflanzen zu* (Gerlach und Lieder, 1979).

Wer das *Phytolacca*-Muster studieren und mit dem üblichen Verlauf des sekundären Dickenwachstums vergleichen möchte, kommt erforderlichenfalls auch ohne Queller und Kermesbeere aus. Als Material bietet sich der Stängel des häufigen Weißen Gänsefußes (*Chenopodium album*) an. Auch andere Gänsefuß- sowie Meldearten sind geeignet. Lehrbuchartig ist das sekundäre Dickenwachstum dagegen zum Beispiel bei der Großen Brennnessel zu verfolgen. Färbungen mit Astrablau-Safranin beziehungsweise Etzolds Gemisch helfen nicht nur bei der Analyse der verschiedenen Gewebe. Sie ergeben auch ästhetisch sehr ansprechende Ergebnisse.

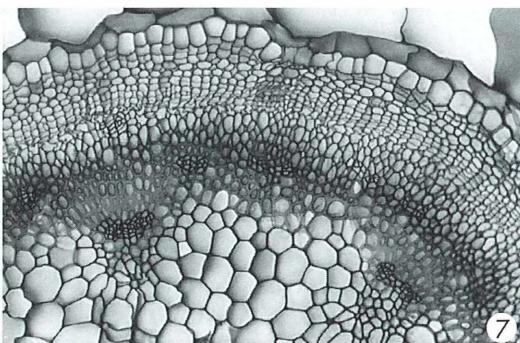
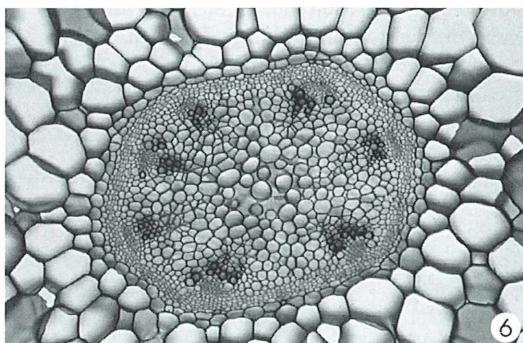
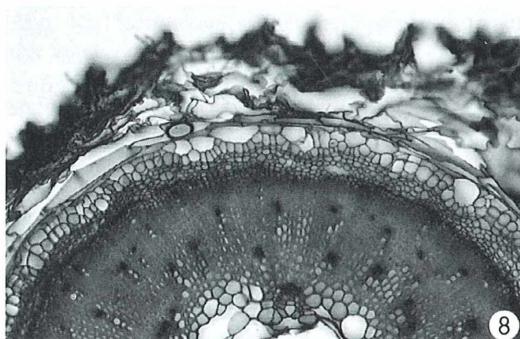


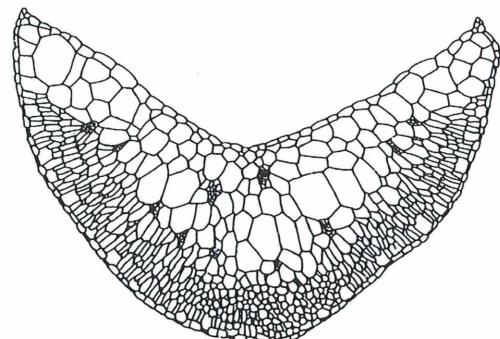
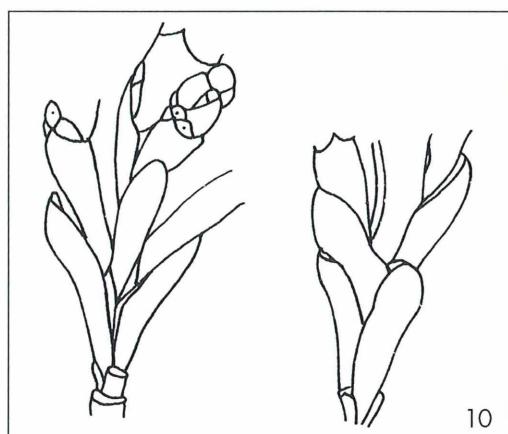
Abb. 6: Querschnitt durch einen jungen Achsenabschnitt des Quellers. Das sekundäre Dickenwachstum, kennlich an der zweifachen Kambiumtätigkeit, hat gerade begonnen. Vergr. 75fach. – Abb. 7: Das sekundäre Dickenwachstum des Quellerstängels ist weiter fortgeschritten. Verkorkte Zellen bilden jetzt die Grenze zu den nach außen anschließenden Speicherzellen des Blattes. Vergr. 90fach.

Geradezu schlagend gelingt uns der Nachweis der Grenze zwischen Blättern und Stängel mit Sudan III: Zunächst färben wir Querschnitte durch den unteren, bräunlichen Stängelbereich (Abb. 8). Unter einigen abgestorbenen Blattzellen finden wir eine Schicht rot angefärberter, mithin verkorkter Zellen als Außenhülle des eigentlichen Stängels. Dann behandeln wir in gleicher Weise einen grünen, höheren Stängelabschnitt. Und siehe da: Hier liegt diese Korkschicht zwischen dem Stängellinneren und dem

(intakten) Speichergewebe, das heißt an der Grenze zwischen Stängel und angewachsenem Blatt (Abb. 8 und 9). In jungen Stängelabschnitten liegen diese verkorkten Zellen noch nicht vor. Sie werden erst beim sekundären Dickenwachstum gebildet. Gleichviel – zu keiner Zeit zeigt der wirkliche Quellerstängel irgendein Anzeichen von Sukkulenz. Vielmehr bildet er im Alter eine typische Markhöhle aus (Abb. 8) – wahrlich keine Vorrichtung zur Wasserspeicherung.



**Abb. 8:** Querschnitt durch die untere Quellerachse. Unter abgestorbenen Blattzellen liegt der sekundär verstärkte Stängel. Im Inneren erkennen wir die Markhöhle. Das umgebende Gewebe besteht aus Sklerenchym und Leitbündeln. Als dunkle Nester heben sich die Phloemzellen ab. Vergr. 60fach. – **Abb. 9:** Querschnitt durch die Quellerachse (Seitenspross); Sudan-III-Färbung (Korknachweis). Auch hier ist die Achse nicht sukkulent, denn die Speicherzellen des Blattes sind abgestorben. Die Außenlinie des Stängels wird durch eine Schicht verkorkter Zellen (Rottfärbung mit Sudan III) markiert. Vergr. 120fach.



**Abb. 10:** Abnormaler Quellerkeimling (1926) mit einigen freistehenden Blättern am Stängel (zwei Ansichten des mutierten Abschnittes; aus Halket, 1928). – **Abb. 11:** Querschnitt durch einen freistehenden Blattabschnitt der mutierten Quellerpflanze (aus Halket, 1928). Man vergleiche die äußeren Zonen der Quellerachse in Abbildung 2: Es handelt sich unverkennbar um dasselbe Organ.

## Eine anomale Quellerpflanze

Mit Klinge, Tinkturen und vergleichender Anatomie haben wir bisher für die Blatt-Sukkulenz des Quellers gefochten. Bedarf es noch eines weiteren Beweises? Ein glücklicher Zufall aus dem Jahre 1926 liefert uns auch die morphologische Gewissheit: Bei Queller-Aussaaten in einem Labor trat unter vielen Tausend Keimlingen *an abnormal plant* auf (Halket, 1928; vgl. Lüthje, 1997). Unterhalb des Blütenstandes unterschied sich der Hauptstamm dieser Mutante vom Normaltypus dadurch, dass dort drei Blattpaare auftraten (Abb. 10). Die zwei unte-

ren waren deutlich länger als das dritte, ihre Endabschnitte eindeutig vom Stängel getrennt und abgebogen. Die Blätter des dritten Paars lagen in ihrer Beschaffenheit zwischen diesen und den kleinen Blättern der normalen Pflanze, welche den Stamm umfassen. Unverkennbar gleicht der Blattquerschnitt der frei wachsenden Blätter (Abb. 11) den äußeren Schichten eines normalen Stängelabschnittes (vgl. Abb. 2 und 9). Diese außergewöhnliche Pflanze entstand durch einen so genannten Atavismus. Vorfahren des Quellers hatten noch frei stehende Blätter (invers-bifazial). Der heutige Queller besitzt diese großväterlichen (lat. *atavus* = Großvater) Gene nur noch in inaktiver Form. Die beobachtete Mutante ließ dieses alte Erbgut ausnahmsweise wieder aktiv werden.

Die Morphologie des atavistischen Stängelabschnittes erinnert an eine enge Verwandte, die Strandsode (*Suaeda maritima*; Abb. 12). Während deren Stängel im Querschnitt dem (eigentlichen) Quellerstamm stark ähnelt, sind die Blätter äquifazial-sukkulenta (Abb. 13 und 14). Mithin kann man die blattsukkulente Strandsode morphologisch zwar als Modell des ursprümlichen Queller-Vorgängers verstehen. Die abweichende Blattanatomie lässt es jedoch nicht zu, sie gleichsam als direkten Vorläufer zu betrachten.

Fazit: Unzweifelhaft sind die Blätter und nicht der Stamm Assimilations- und Wasserspeicherorgan des Quellers. Nur hat es sich noch nicht soweit herumgesprochen, dass man diese Pflanze folgerichtig als Blattsukkulente bezeichnet.

## Nachwort

Wie bin ich auf den wirklichen Aufbau des Quellerstängels gestoßen? Als ich den Stängelquerschnitt im gymnasialen Oberstufenunterricht mikroskopieren und auf Anpassungsmerkmale an seinen Extremstandort hin untersuchen lassen wollte, stieß ich bei vorbereitenden Untersuchungen auf die mir seinerzeit rätselhaften Leitbündel im „Rindengewebe“. Daraüber sprach ich auch mit meinem watkundigen Kollegen Klaus Kock (siehe Literaturhinweise). Kurz darauf grub dieser den damals schon über siebzigjährigen Aufsatz von Halket (1928) aus – und nun wurde uns alles klar. Seitdem missionieren wir unter Schülern, auf Fortbildungsveranstaltungen sowie bei Vorträgen

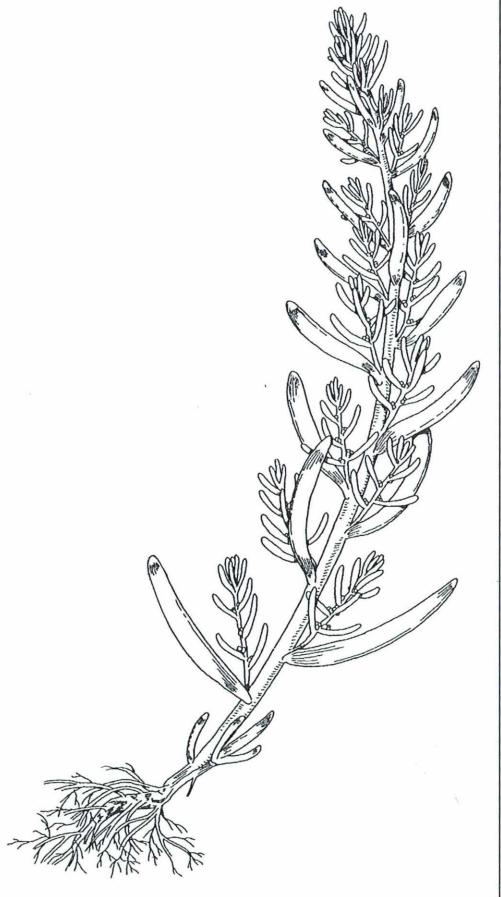
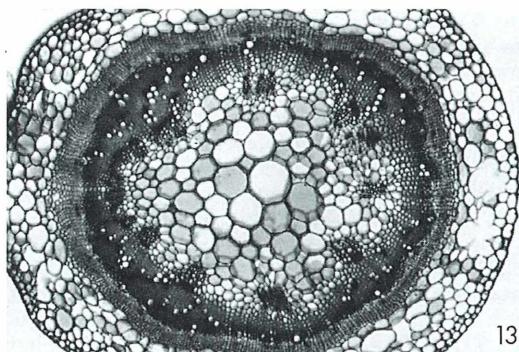
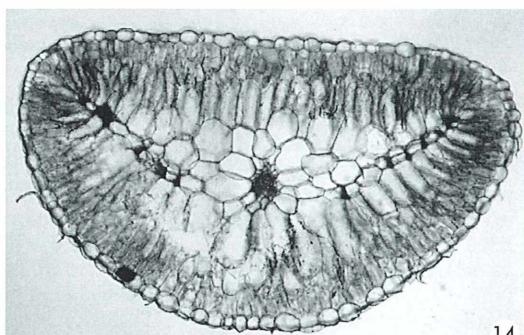


Abb. 12: Die Strandsode (*Suaeda maritima*) kann morphologisch gleichsam als Modell eines atavistischen Quellers mit Blättern aufgefasst werden (aus Künnemann und Gad, 1977).



13



14

Abb. 13: Stängelquerschnitt der Strandsode. Sein Aufbau ist in der Quellerachse unschwer als sekundär verstärkter Stängel wiederzuerkennen. Vergr. 35fach. – Abb. 14: Blattquerschnitt der Strandsode (*Suaeda maritima*). Eine Blattsukkulente wie der Queller, besitzt dieses Gänsefußgewächs aber ein frei stehendes, rundum assimilierendes (äquifaziales) Blatt. Vergr. 30fach.

über die Salzwiesenvegetation den unwissenden Teil der Menschheit – nicht ohne Stolz darauf, dass man auch im Rahmen der Schulmikroskopie immer wieder einmal ein goldenes Körnchen der Wahrheit auffinden kann.

#### Literaturhinweise

Fitter, R., Fitter, A., Blamey, M.: Pareys Blumenbuch. Verlag Paul Parey, Hamburg 1975.

Gerlach, D., Lieder, J.: Taschenatlas zur Pflanzenanatomie. Franckh'sche Verlagsanstalt, Stuttgart 1979.

Halket, A. C.: The morphology of *Salicornia* – an abnormal plant. Annals of Botany. Vol. 42, No. 116, 1928.

Jahnke, K., Kremer, B. P. K.: Das Watt. 2. Auflage, Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 2003.

Kaussmann, B., Schiewer, U.: Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1989.

Knuth, P.: Flora der Provinz Schleswig-Holstein. Verlag Otto Lenz, Leipzig 1888.

Kock, K.: Das Watt. Lebensraum auf den zweiten Blick. Hrsg. Schutzstation Wattenmeer, 7. Auflage, Verlagsdruckerei Boyens & Co., Heide 1998.

Kuckuck, P.: Der Strandwanderer. 10. Auflage, Lehmanns Verlag, München 1962.

Künnemann, Th.-D., Gad, G.: Salzwiesen. Überleben zwischen Land und Meer. Isensee-Verlag, Oldenburg 1977.

Lüthje, E.: Aufgabe pur: Der Queller. Unterricht Biologie 21, Heft 227, 52–53 (1997).

Polunin, O.: Pflanzen Europas. 2. Auflage, BLV, München 1971.

Prahl, P.: Flora der Provinz Schleswig-Holstein. 5. Auflage, Universitäts-Buchhandlung Paul Toeche, Kiel 1913.

Rothmaler, W.: Exkursionsflora. 5. Auflage, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1982.

Sengbusch, P. von: Botanik. MacGraw-Hill Book Company, Hamburg 1989.

Strasburger, E., Noll, F., Schenck, H., Schimper, A. F. M.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, neu bearbeitet von Sitte, P., Ziegler, H., Ehrendorfer, F., Bresinsky, A. 33. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1991.

Wit, H. C. D. de: Knaurs Pflanzenreich in Farben. Band 1: Höhere Pflanzen I. Droemersche Verlagsanstalt, Zürich 1964.

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

## Welt. Hunger. Hilfe: Damit alle ernten können

Spendenkonto 1115 · Sparkasse Bonn · BLZ 380 500 00



DEUTSCHE WELTHUNGERHILFE

Adenauerallee 134 · 53113 Bonn · Tel.: (0228) 2288-0 · Fax: 0228/220710

# Buchbesprechungen

**Der Brockhaus – Naturwissenschaft und Technik, Band 1–3.** Bibliographisches Institut und F. A. Brockhaus AG, Mannheim 2002, 2300 Seiten, gebunden, im Schuber, € 179,90, ISBN 3-7653-1060-3; Mediennpaket aus drei Bänden und CD-ROM, € 239,90, ISBN 3-7653-1065-4.

Dieses Lexikon ist zweifelsfrei eine der Publikationen, die jeder zur Hand haben sollte, der sich – aus welchem Blickwinkel auch immer – mit dem Themenkreis Naturwissenschaft und Technik beschäftigt. Die Buchversion wird sicherlich diejenigen ansprechen, welche das gedruckte Werk auf dem Schreibtisch vorliegen haben möchten oder müssen.

Aber es gibt einen unterdessen sicherlich nicht mehr zu übersehenden Kreis von solchen Nutzern, welche die elektronische Version bevorzugen. Für diese ist die CD-ROM bestimmt. Sie verfügt über den gesamten Inhalt des dreibändigen Lexikons und ermöglicht ein schnelles Suchen, auch von Stichwörtern innerhalb der Textblöcke. Die Suche kann insofern spezifiziert werden, als zum Beispiel gezielt Suchfelder wie Personen, Zeitangaben oder Wissensgebiete eingegeben werden können. Man hat die Möglichkeit, Begriffe zu markieren (Leuchtstift) oder eigene Ergänzungen hinzuzufügen. Die Lexikoneinträge lassen sich leicht kopieren und in andere Schriftstücke einfügen. Zusätzliche Informationen können über das Internetportal [www.natur-und-technik-online.de](http://www.natur-und-technik-online.de) erfragt werden, wo auch weitere Web-Links zur Verfügung stehen. Die vielfältigen Möglichkeiten der CD wären zukünftig mithilfe eines kleinen,

erläuternden Beiheftes schneller zu überschauen.

Klaus Hausmann und Renate Radek, Berlin

**Schaefer, M.: Wörterbuch der Ökologie, 4. Auflage.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003, 452 Seiten, broschiert, € 29,95, ISBN 3-8274-0167-4.

Jeder, der sich für Wörterbücher von speziellen biologischen Fachdisziplinen begeistern kann – und ich gehöre dazu –, darf sich freuen, dass das bewährte *Wörterbuch der Ökologie* nun in aktualisierter und stark erweiterter Neuauflage verfügbar ist. Die englischen Übersetzungen der Begriffe und das englisch-deutsche Register erleichtern den Zugang zur englischen Fachliteratur.

Wilhelm Wagner, Essen

**Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Stryer, L.: Biochemie, 5. Auflage.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003, 1153 Seiten, gebunden, € 79,95, ISBN 3-8274-1303-6.

Stryers seit 1975 erfolgreiche *Biochemie* ist als Neuauflage verfügbar. Das Buch wurde komplett aktualisiert und die beiden Kapitel *Biochemische Evolution* und *Erforschung der Evolution* sind hinzugekommen. Bei allen inhaltlichen Änderungen ist auf die Beibehaltung des bewährten Grundkonzepts geachtet worden: Klarer und anregender Stil, hohe Aktualität sowie anschauliche und innovative Illustration. So mit steht für die kommenden Jahre wieder ein Standardwerk der Biochemie zur Verfügung.

Thomas Gross, Heidelberg

**Kowarik, I.: Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.** Mit einem Beitrag von Peter Boye. Eugen Ulmer, Stuttgart 2003, 380 Seiten, € 69,90, ISBN 3-8001-3924-3.

Das Buch mit diesem ebenso kühnen wie reißerischen Titel wird hoffentlich zahlreiche Leser finden – zumindest unter den anvisierten Interessenten: Studierenden, Lehrenden und Praktikern aus den Bereichen Biologie, Ökologie, Naturschutz und Landschaftsplanung sowie Gartenbau, Agrar- und Forstwissenschaft.

Organismen, die in ihren ursprünglichen Verbreitungsgebieten in der Regel biotische Bestandteile von historisch ausbalancierten Ökosystemen sind, werden nach einer Dislokation oder Deportation (Einwanderung, Verschleppung oder Aussetzung) versuchen, in ihren neuen Biotopen eine ihnen entsprechende Nische zu realisieren. Gelingt eine solche Etablierung als Folge der Vakanz einer Nische, kommt es im neuen Verbreitungsgebiet zu einer Bereicherung der Biodiversität. Zu einer Verringerung der Biodiversität oder gar einer Bedrohung eines Lebensraums kann es führen, wenn die Neusiedler auf bereits besetzte Nischen stoßen und dort die angestammte Konkurrenz verdrängen, oder wenn sie Biotope tief greifend verändern. Es hängt also ganz wesentlich von den Bedingungen in den Ökosystemen ab, ob überhaupt eine Neuansiedlung stattfinden und auch im Weiteren erfolgreich verlaufen kann. Diese Entwicklungspotenzen werden auch Präadaptationen genannt; vereinfacht ausgedrückt stellen diese eine Anpassung dar, bevor ein Selektionsdruck überhaupt einsetzt. Als „Neubürger“ sind Neozoen und Neophyten (zusammenge-

fasst als Neobiota) abzugrenzen von solchen Organismen, die unter bewusster oder unbewusster Mithilfe des Menschen in weiter zurückliegenden Epochen eingeführt oder eingeschleppt wurden oder aber infolge ihrer natürlichen Arealerweiterung spontan in heimische Gebiete vordrangen. In der Summe handelt es sich um nicht einheimische oder gebietsfremde Organismen, deren Vordringen und Ausbreitungspotenzial – und die damit häufig verknüpfte oder zumindest unterstellte Schadwirkung – zunehmend häufiger mit dem Begriff der „biologischen Invasion“ gleichgesetzt wird.

Doch keinesfalls stuft man alle gebietsfremden oder exotischen Tier-, Pflanzen- oder Pilzarten a priori als Neobiota ein: Dieses gilt zum Beispiel für die große Zahl der im Laufe der Neuzeit importierten Nutzpflanzen und Nutztiere, selbst unter der Gegebenheit, dass eine Schadwirkung auch bei ihnen nicht ausgeschlossen werden kann (man denke nur an die Auswirkungen intensiven Anbaus von Mais auf die Erosion von Ackerböden). Entscheidend für die Einteilung ist vielmehr, ob die Aufrechterhaltung der Populationen unter menschlicher Kontrolle steht – oder nicht. So wird beispielsweise aus dem Topinambur (*Helianthus tuberosus*, Indianerkartoffel), einer im 17. Jahrhundert in Europa eingebürgerten Nutz- und Kulturpflanze, erst dann ein Element der Neophyten, als ihr die ebenfalls eingebürgerte Kartoffel den Sympathie-Rang abließ und sie als verwildernde Pflanze auch ohne Zutun des Menschen dauerhafte Populationen ausbildete. Ähnliches gilt für die Sorten der amerikanischen Kultur-Heidelbeeren, wenn sie auch außerhalb der Plantagen auftreten, autochthone Populationen ausbilden und mit einheimischen Florenelementen um die Ressourcen konkurrieren. Ausgewildert ein Schädling oder Neophyt, eingesperrt ein Nützling: Es scheint vor allem auf das Kriterium der Eingrenzbarkeit anzukommen, und zugleich auch auf

die Qualität von Grenzen. Die sich hier andeutende anthropogene Sichtweise und die mitunter fragliche Mitwirkung des Menschen bei der Ausbreitung von Neobiota führen zwangsläufig zu kontroversen Ansichten und Bewertungen. Ob das Vordringen der Zebryspinne (*Argiope bruennichi*) von Südeuropa nach Mitteleuropa nun auf menschlichen Aktivitäten beruht – wie im Buch unterstellt (etwa nach dem Motto: Eingefangen in Italien und ausgesetzt bei Berlin) – oder auf einer durch die zunehmende Erwärmung begünstigten natürlichen Ausbreitung, bedarf jedenfalls einer vorhergehenden Überprüfung. Für das Vorliegen eines natürlichen Wanderungsprozesses und gegen eine Einordnung in die Gruppe der Neozoen könnte sprechen, dass diese Spinnenart in ihrem unterstelltermaßen wärmeren Ursprungsgebiet selbst in kälteren Gebirgsregionen vorkommt und von daher eine Präadaptation für die potentielle Ausdehnung ihres Verbreitungsareals nach Norden mitbringt. Es ist in diesem Fall nicht so klar wie bei der als gesichert geltenden Erkenntnis einer Verschleppung der europäischen *Tegenaria agrestis* nach Nordamerika und Kanada, einer Winkelspinne, die hierzulande allenfalls Arachnophobie auslöst, in ihrer zweiten Heimat aber als gefürchtete Giftspinne (hobo spider) mit hohem Ausbreitungspotenzial gilt und mit einigem Recht als Invader betrachtet wird. Ein Evolutionsbiologe wird mit Interesse und Spannung verfolgen, wie sich gebietsfremde Organismen in ihren neuen Ökosystemen selbstständig zurechtfinden und ausbreiten können – ungeteilt der Frage, ob sie mit oder ohne Hilfe des Menschen ihr neues Verbreitungsgebiet erreicht haben, spielen sich die Vorgänge der Einbürgerung doch häufig recht schnell ab und lassen somit evolutive Abläufe im Zeitraffer sichtbar werden. Als Nachteil der aktuellen Invasionsforschung wird er zur Kenntnis zu nehmen haben, dass nicht mehr die Orga-

nismen und ihre individuellen Überlebensstrategien, sondern die lokalen Ansichten über Organismen und die patriotischen (heimatbezogenen) Bewertungen von biologischen Vorgängen in das Zentrum der Betrachtung rücken. Er wird bedauern, dass die Eingruppierung von Organismen ausschließlich nach verwandtschaftlichen Kriterien von einer künstlichen Gruppierung nach utilitaristischen Gesichtspunkten (nützlich, schädlich, fremd, heimisch) überlagert wird. Vielleicht mag er sich damit trösten, dass die Invasionsbiologie, wie in diesem Buch beschrieben, keine biologische, sondern eher eine geografische Wissenschaft ist.

Wem aber mehr an Informationen über Steuerungsmöglichkeiten von biologischen Prozessen, vor allem von Ausbreitungsprozessen, gelegen ist, dem mag – wie der Klappentext es voraus sagt – das Buch mit Nachdruck empfohlen sein. Wer sich etwas schwerer tut mit der Aggressivität der Thematik, möge sich ein weiteres Buch gönnen: *Der Naturschutz und das Fremde* von Uta Eser (Campus Verlag, Frankfurt 1999).

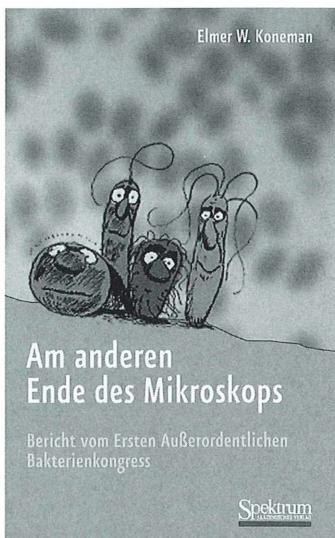
Norbert Hülsmann, Berlin

**Röttger, R.: Wörterbuch der Protozoologie, 3. Auflage.**  
In: W. Foissner (Ed.) *Protozoological Monographs*. Shaker Verlag, Aachen 2003, 289 Seiten, broschiert, € 14,50, ISBN 3-8265-8599-2.

Es sei nur kurz darauf hingewiesen: Rudolf Röttgers *Wörterbuch der Protozoologie* ist seit neuestem in der dritten, verbesserten Auflage verfügbar. Diejenigen, die an Protozoen interessiert sind, und dieses wichtige und stets hilfreiche Buch immer noch nicht ihr Eigen nennen, sollten es sich umgehend zulegen!

Klaus Hausmann, Berlin

**Koneman, E. W.: Am anderen Ende des Mikroskops. Bericht vom ersten außerordentlichen Bakterienkongress.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003, 249 Seiten, 32 Schwarzweiß-Abbildungen, € 19,95, ISBN 3-8274-1459-8.



Nicht nur der Bakterienkongress, sondern auch dieses Buch ist außerordentlich – unterhaltsam, amüsant, und ein Sachbuch der besonderen Art. Die Bakterien selbst kommen hier zu Wort, drehen den Spieß um und stellen die Dinge aus ihrer Sichtweise dar. Der Vorsitzende, *Escherichia coli*, führt in den Kongress ein und stellt die Tagesordnung vor. Die Sitzungen sind wie auf Tagen üblich, verschiedenen Schwerpunktthemen zugeordnet: Lebensräume und Nischen, Struktur und Funktion der Bakterien, Mikrobielle Pathogenese und menschliche Infektionskrankheiten, Antimikrobielle Mechanismen und Abwehrstrategien und als Krönung der Abschlussveranstaltung, die Umbenennung von *Homo sapiens*. Da die Bakterien über ihre eigenen Fähigkeiten referieren und Herr Koneman, Professor der Medizin und Autor konventioneller mik-

robiologischer Sachbücher, auch durchaus fachlich kompetent ist, werden auf einfallsreiche Weise interessante Fakten vorgestellt. Insbesondere Bakterien, die medizinisch relevant sind oder zum Beispiel als Extremophile ungewöhnlich sind, berichten leicht verständlich von ihren Besonderheiten. Es wird klar, dass die Fähigkeiten der Bakterien beispielsweise neue Nischen wie den menschlichen Körper zu erobern, nicht auf Boshäufigkeit beruhen, sondern eine natürliche Folge der von Menschen veränderten Umweltbedingung sind. Überhaupt fühlen sich die Prokaryoten vom Menschen herabgewürdigt, was sich beispielsweise auch durch häufige Namensänderungen und dem Herausreißen aus taxonomischen Gruppen dokumentiert. So scheint eine Umbenennung des Artnamens *Homo sapiens* (wieso eigentlich *sapiens*?) durchaus legitim und eine Namensfindung wird als Wettbewerb ausgelobt. Ich habe selten ein so witziges und dennoch fundiertes Sachbuch gelesen. Die cartoonhaften Abbildungen tun ihr Übriges zur Auflockerung. Allen, die Interesse an den Kleinen Dingen in der Natur haben, sei dieses Buch wärmstens empfohlen.

Renate Radek, Berlin

**Storch, V., Welsch, U.: Systematische Zoologie, 6. Auflage.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2004, 853 Seiten, 505 Abbildungen, gebunden, € 49,95, ISBN 3-8274-1112-2.

Es lohnt sich, auf die neu überarbeitete 6. Auflage dieses bewährten, zoologischen Standardwerkes von Volker Storch und Ulrich Welsch hinzuweisen. Erstaunlicherweise lässt sich dieses Werk immer noch verbessern. Es ist aktualisiert worden und um etwa 50 Seiten Text und 50 neue Abbildungen angewachsen. Hinzugekommen sind insbesondere rasterelektronenmikroskopische An-

sichten von Detailstrukturen, beispielsweise der Radula eines Kalmar, Augen von Mücken und Spinnen oder Skelementen. Die sehr schönen Motive würden noch mehr an Qualität gewinnen, wenn sie etwas heller und kontrastreicher gedruckt werden würden. Eine Einbeziehung neuester Erkenntnisse wird insbesondere im Einzellteil deutlich. Ein Schema verdeutlicht die derzeitige Vorstellung der Verwandtschaftsbeziehungen einzelliger Organismen. Da dieses System allerdings noch im Fluss ist, wird die klassische Einteilung des polyphyletischen *Unterreichs Protozoa* im Text beibehalten. Auch die bildliche Darstellung von Lebensräumen wurde unter Einbeziehung 50 neuer Arten erweitert. Geblieben sind die sehr ansprechenden, mit Grauraster unterlegten Textblöcke zu 300 ausgewählten Tierarten, deren Besonderheiten oder medizinische oder wirtschaftliche Bedeutung für den Menschen detaillierter erläutert werden. Fazit: Dieses Standardwerk sollte in keinem Bücherregal biologisch Interessierter fehlen.

Renate Radek, Berlin

**Hutter, C.-P., Kapfer, A., Konold, W.: Seen, Teiche, Tümpel und andere Stillgewässer. Biotope erkennen, bestimmen, schützen.** Hirzel Verlag, Stuttgart 2002, 153 Seiten, zahlreiche farbige Abbildungen, gebunden, € 38,00, ISBN 3-7776-1189-1.

Dieses Werk aus der Serie Biotop-Bestimmungs-Bücher des Hirzel Verlags stellt in sehr anschaulicher und kompetenter Weise die verschiedenen Fassetten von Gewässern vor: Entstehung und Kulturgeschichte von Seen, Teichen und Tümpeln; Portraits der bedeutendsten Seen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz; Gewässer erkennen, bestimmen, schützen; Gefährdungen; Aktionen zum Schutz.

Der Schwerpunkt liegt in der Charakterisierung der verschiedenen Gewässertypen und legt insbesondere Wert auf die ökologischen Merkmale. Ein Erkennen des Gewässertyps und seiner Besonderheiten ist eine wichtige Voraussetzung, Maßnahmen zum Schutz ergreifen zu können. Praktische Ratschläge wie Ämter, Nutzer und Erholungssuchende mithelfen können, die Gewässer zu erhalten, runden das Buch ab. Die Gestaltung ist sehr ansprechend und übersichtlich. Zahlreiche Farbfotos der Lebensräume und ihrer Bewohner illustrieren in gekonnter Weise die Fakten. Man nimmt dieses Buch gerne in die Hand.

Renate Radek, Berlin

**Townsend, C. R., Harper, J. L., Begon, M. E.: Ökologie.**  
Springer Verlag 2003,  
647 Seiten, 318 meist farbige  
Abbildungen, 25 Tabellen,  
gebunden, € 39,95,  
ISBN 3-540-00674-5.

Dies ist die erste deutschsprachige Übersetzung des bereits in der zweiten englischen Auflage erschienenen Werkes der drei renommierten Autoren Townsend, Harper und Begon. Es handelt sich um ein didaktisch sehr gut aufbereitetes Lehrbuch zur allgemeinen Ökologie, das sowohl für Studenten, Schüler und interessierte Laien als auch für „Berufsökologen“ ein wichtiges Grundlagenbuch ist. Die Gestaltung ist sehr abwechslungsreich und ansprechend. Alle wichtigen Themen werden leicht verständlich und durch Marginalien (Zwischenüberschriften am Rand) gut gegliedert dargeboten. Farbig unterlegte Fenster ergänzen den fließenden Text um drei Themenfelder: Quantitative Methoden und Konzepte der Ökologie, aktuelle Fragestellungen und Probleme inklusive Lösungsansätzen und historisch wegweisende Studien der ökologischen Forschung. Ein Quiz am Ende jeden Kapitels erleichtert ein Selbststudium beziehungsweise eine Selbstkon-

trolle. Darüber hinaus bieten die so genannten www-Fragen, die zu einer vertiefenden Auseinandersetzung mit komplexen Fragestellungen mithilfe des Internets anregen sollen, eine Möglichkeit Fachwissen aktiv zu erwerben. Die Lebendigkeit der Ökologie zieht sich als roter Faden durch das ganze Buch und macht es zu einer spannenden Lektüre.

Renate Radek, Berlin

**Weber, H. E.: Gebüsche, Hecken, Krautsäume. Reihe: Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht (Hrsg. R. Pott).** Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 2003,  
229 Seiten, 66 Farbfotos,  
28 Schwarzweißfotos,  
84 Zeichnungen, 54 Tabellen,  
gebunden, € 69,90,  
ISBN 3-8001-4163-9.

Dieses neueste Buch aus der Reihe *Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht* behandelt die Ökologie und Vegetation von Gebüschen, Hecken und Krautsäumen. Nach einer ausführlichen allgemeinen Einführung wird beispielsweise eingegangen auf die Geschichte und Verbreitung von Hecken, ihre Bedeutung für Landwirtschaft und Naturschutz, Vernichtung von Hecken, Heckenvegetation auf verschiedenen Bodenstandorten, Gebüschtypen und diverse Saumgesellschaften. Die Darstellung ist tiefgehend, informativ und bezieht vielfältige Forschungsergebnisse ein. Zahlreiche Schwarzweißabbildungen, Zeichnungen und Tabellen illustrieren den Fließtext, während die farbigen Abbildungen von Pflanzen und Lebensräumen als Blöcke eingesetzt sind. Wichtige Aussagen oder Definitionen werden durch blaue Unterlegung hervorgehoben. Neben reinen Beschreibungen finden auch kontroverse Diskussionen Raum, so beispielsweise bei der Zusammenstellung von Argumenten zur Bedeutung

der Hecken in der Landwirtschaft.

Aufgrund der detaillierten Informationen eignet sich dieses Buch besonders für tiefgehende Studien, zum Beispiel im Rahmen eines Studiums oder der Lehre in den Fächern Biologie, Landschaftspflege, Ökologie und Landwirtschaft.

Renate Radek, Berlin

**John, D. M., Whitton, B. A., Brook, A. J. (eds.): The Freshwater Algal Flora of the British Isles – An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae.**  
Cambridge University Press,  
Cambridge 2003, gebunden,  
Großformat, 702 Seiten,  
mit CD-ROM, £ 75,00,  
ISBN 0-521-77051-3.

Es gibt sicherlich eine Vielzahl von Plankton-Mikroskopikern, die sich insbesondere für die Algenflora von Süßgewässern interessiert. Diese Gruppe wird natürlich immer nach aktueller Bestimmungsliteratur suchen, die bei der Determination der gefundenen Organismen weiterhilft. Ein solches Buch ist seit dem Jahr 2003 verfügbar, aber im deutschsprachigen Raum möglicherweise nicht so sehr bekannt, da es im Titel unübersehbar die Britischen Inseln als Untersuchungsbiotope nennt. Das sollte aber keinen verunsichern. Denn das, was man in unserem Nachbarland findet – und sei es auch durch einen Kanal von uns getrennt –, wird nicht so grundsätzlich unterschiedlich sein von dem, was in unseren Gewässern und Böden zu finden ist. Daher ist dieses Buch eine willkommene Bereicherung der Algenbestimmungsliteratur, die sicherlich nicht gerade als ein Preishit eingestuft werden kann, aber ganz bestimmt ihr Geld wert ist. Wer also so tief in die Bestimmung der Süßwasser- und Bodenalgen eindringen möchte, ist mit dieser Publikation bestens bedient.

Thomas Gross, Heidelberg

# Aus den Arbeitsgemeinschaften

## Kontaktadressen der Mikroskopischen Vereinigungen

### Berliner Mikroskopische Gesellschaft e.V.

Kontaktadresse: Prof. Dr. Klaus Hausmann, FU Berlin, Institut für Biologie/Zoologie, Königin-Luise-Str. 1-3, D-14195 Berlin, Tel.: 0 30/83 85 64 75,  
e-mail: hausmann@zedat.fu-berlin.de

Treffpunkt: Ehrenbergsaal des Instituts für Biologie/Zoologie (1. Stock, Neubau, Eingang Haderslebener Str. 1-3)

Termine: Siehe Programm (jede 2. Woche freitags, 19.30 Uhr)

### Arbeitsgemeinschaft BONITO e.V. (Limnologie)

Kontaktadresse: Wolfgang M. Richter, Drosselgang 2, D-21709 Himmelpforten (Nd.-Elbe), Tel.: 0 41 44/49 25

### Arbeitskreis Mikroskopie im Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen

Kontaktadresse: Klaus Albers, Rennstieg 31, D-28205 Bremen, Tel.: 04 21/49 04 62, e-mail: kg\_albers@gmx.de  
Treffpunkt: Raum B 3236, 3. Stock, Universität Bremen NW 2, Eingang Leobenerstraße/James-Watt-Straße  
Termine: 2. Montag im Monat um 19.00 Uhr

### Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft der Naturwissenschaftlichen Vereinigung Hagen e.V.

Kontaktadressen: Gerhard Göke, Am Widvey 7, D-58095 Hagen, Tel.: 0 23 31/3 17 54; Jürgen Stahlschmidt, Haferkamp 60, D-58093 Hagen, Tel.: 0 23 31/5 75 09.  
Internetseite: [www.mikroskopie-hagen.de](http://www.mikroskopie-hagen.de)

Treffpunkt: Umweltzentrum Hagen (NWV-Raum), Boeler Str. 39, D-58097 Hagen

Termine: Siehe Programm

### Mikroskopische Vereinigung Hamburg

Kontaktadresse: Dr. Georg Rosenfeldt, Nigen-Rägen 3b, D-22159 Hamburg, Tel.: 0 40/6 43 06 77

Planktongruppe: R. Kröger, IfB, Ifsfeldstr. 6a, D-22589 Hamburg, Tel.: 0 40/8 70 45 53

Mikropaläontologische Gruppe: J. Voß, Tel.: 0 40/7 39 08 91

Treffpunkt: Labor des Zentrums für Schulbiologie und Umwelterziehung – ZSU – (hinter dem Botanischen Garten), Hamburg-Kleinflottbeck, Hemingstedter Weg 142, D-22609 Hamburg  
Termine: Siehe Programm

### Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover (MAH)

Kontaktadresse: Karl Brügmann, Sonnenweg 33, D-30171 Hannover, Tel.: 05 11/81 33 33

Treffpunkt: Schule für Medizinisch-Technische Assistenten, Bissendorfer Str. 11, D-30625 Hannover

Termine: nach Verabredung

### Arbeitskreis Mikroskopie im Freundeskreis Botanischer Gärten Köln e.V.

Kontaktadresse: Dr. Hartmut Eckau, Homburger Str. 10, D-50969 Köln, Tel.: 02 21/3 60 15 45

Treffpunkt: Betriebsgebäude des Botanischen Gartens Köln, Raum 2.1 (Zugang über den Wirtschaftshof), Ams-terdamer Str. 34, D-50735 Köln (Riehl)

Termine: Siehe Programm

### Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken

Kontaktadresse: K. H. Orlishausen, Sonderschuldirektor a.D., Friedhofstr. 5, D-96215 Lichtenfels, Tel.: 0 95 71/34 77  
Termine: nach Ankündigung. Die Treffen finden im BIO-Zentrum der Universität Würzburg in Gerbrunn (Am Hubland) statt.

### Mikrobiologische Vereinigung München

Kontaktadressen: Siegfried Hoc, Donaustr. 1A, D-82140 Olching, Tel./Fax.: 0 81 42/24 52; Klaus Henkel, Auf der Scheierwiese 13, D-85221 Dachau, Tel.: 0 81 31/64 04,  
Internetadresse: [www.mikroskopie-muenchen.de](http://www.mikroskopie-muenchen.de)

Treffpunkt: Seminarraum 04 (Kellergeschoss des Neubaus), TU München, Lothstr. 17, Haltestelle Lothstraße der Straßenbahnlinie 20, Zugang von der Dachauer Straße oder Heßstraße  
Termine: Siehe Programm

### Deutsche Mikrobiologische Gesellschaft Stuttgart e.V.

Kontaktadresse: Dr. Dieter Krauter, Landhausstr. 269, D-70188 Stuttgart, Tel.: 07 11/46 65 78

### Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Stuttgart e.V.

Kontaktadresse: Franz Klaus, Reinsburger Str. 96, D-70197 Stuttgart, Tel.: 07 11/61 74 03,  
e-mail: [uhe.schwarz@daimlerchrysler.com](mailto:uhe.schwarz@daimlerchrysler.com)

Treffpunkt: Übungsraum U 150 der Genetik und Mikrobiologie im Gebäude BIO 1 der Universität Hohenheim, Garbenstr. 30, Hintereingang  
Termine: Jeder 2. und 4. Freitag im Monat, 19.00 Uhr (ausgenommen der Schulferien)

### Tübinger Mikroskopische Gesellschaft e.V.

Kontaktadressen: Dr. Udo Neumann, Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Wilhelmstr. 56, D-72074 Tübingen, Tel.: 0 70 71/2 97 26 00,  
e-mail: [udo.neumann@uni-tuebingen.de](mailto:udo.neumann@uni-tuebingen.de);

Prof. Dr. Ch. F. Bardele, Zoologisches Institut, Auf der Morgenstelle 28, D-72076 Tübingen, Tel.: 0 70 71/2 97 26 69, e-mail: [christian.bardele@uni-tuebingen.de](mailto:christian.bardele@uni-tuebingen.de);

Dr. Klaus Eisler, Zoologisches Institut, Auf der Morgenstelle 28, D-72076 Tübingen, Tel.: 0 70 71/2 97 69 52,  
e-mail: [klaus.eisler@uni-tuebingen.de](mailto:klaus.eisler@uni-tuebingen.de)

### Mikrographische Gesellschaft Wien

Kontaktadresse: Prof. Erich Steiner, Aßmayergasse 11/6, A-1120 Wien, Tel./Fax.: 01/8 13 84 46

Treffpunkt: Räume der Mikrographischen Gesellschaft, Marinelligasse 10 a, Wien 2  
Termine: Dienstags um 19.15

### Mikroskopische Gesellschaft Zürich

Kontaktadresse: Jean Rüegger-Deschenaux, Alte Landstr. 33, CH-8803 Rüschlikon, Tel.: 0 17/24 28 61,  
Fax.: 0 17/24 29 84

Treffpunkt: Kurs- und Arbeitslokal im Kantonsschulhaus Freudenberg, Gutenbergstraße 15, 8002 Zürich (Lokal E 226). Kurse, Praktika und Vorträge finden jeden Mittwoch von 19.30 bis 22 Uhr statt, ausgenommen während der Schulferien. Das Lokal ist ab 19 Uhr offen. Änderungen und Ausnahmen werden im Blatt *Mikroskopische Nachrichten* publiziert.

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

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

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

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

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

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

Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:

Kreutz, M., Mayer, Ph.: *Vampyrella* parasitiert *Endorina elegans*. Mikrokosmos 92, 1–6 (2003).

Buchzitate:

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

Zitate von Buchbeiträgen:

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

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

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

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

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

510543  
Bibliothek des OÖ.  
Landesmuseums

Museumstraße 14  
4020 Linz



Früher € 387,-  
Jetzt € 99,95!!

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

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

#### Webinfo

Ausführliche Infos unter:  
[www.elsevier-deutschland.de/  
artikel/674775](http://www.elsevier-deutschland.de/artikel/674775)

## Lexikon der Biochemie – kompakt und preiswert!



Früher € 298,-  
Jetzt € 59,95!!

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

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

#### Webinfo

Ausführliche Infos unter:  
[www.elsevier-deutschland.de/  
artikel/674513](http://www.elsevier-deutschland.de/artikel/674513)

vom Original-Verlag

der Optik jetzt  
als Sonderausgabe!

300229



Statt € 258,-  
Jetzt € 49,95!!

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

#### Webinfo

Ausführliche Infos unter:  
[www.elsevier-deutschland.de/  
artikel/675176](http://www.elsevier-deutschland.de/artikel/675176)

Bitte kopieren und faxen an: 07071-935393

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

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

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

#### Absender

Name/Vorname

Straße

PLZ/Ort

E-Mail-Adresse

Datum/Unterschrift



Ausführliche Infos unter  
[www.elsevier-deutschland.de](http://www.elsevier-deutschland.de)