

MIKROKOSMOS

86. Jahrgang/Heft 5

September 1997



Jena
Stuttgart
Lübeck
Ulm

ISSN 0026-3680

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

Inhalt

Artikel

- 257** Die botanischen Werke und die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Nehemia Grew
Martin Schubert
- 265** Steigerung von Kontrast und Auflösung im Bereich hoher Aperturen
Bruno Wiertz
- 271** Der kleinste Motor der Welt – die Antriebsmaschinerie der Bakteriengefäßel
Werner Nachtigall
- 279** Mikroblitzfotografie mit einfachen Mikroskopen – ein Bauvorschlag
Hans-Jürgen Voß und Erich Saake
- 285** Leeuwenhoek entdeckt die Kryptobiose
Die Untersuchungen an dem RäderTier *Philodina*
Rainer Hendel und Erich Saake
- 292** Der Kreislauf der Gesteine
Paul Gangloff
- 300** Sklereiden in der Baumrinde
Michael Trockenbrodt

Rubriken

- 269, 277, 283, 298,**
312
Nachrichten
- 270**
Mikro-Ufo
- 278**
Kurze Mitteilung
- 305**
Mikro-Einsteiger
- 313, 314**
Aus der Industrie
- 315**
Buchbesprechungen
- 318, 319**
Aus den Arbeitsgemeinschaften
- 319**
Mikro-Markt

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

Die botanischen Werke und die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Nehemia Grew

Martin Schubert

Einer der ersten Botaniker, der ernsthaft den Einsatz des Mikroskops für seine Arbeit nutzte, war der englische Arzt Nehemia Grew (1628–1711). Sein Nachlaß besteht aus mehreren pflanzenanatomischen Werken nebst exakten Darstellungen sowie einigen alchemistischen Schriften. Leider ist das Werk von Nehemia Grew, das deutlich von der korpuskularphilosophischen Strömung seiner Zeit geprägt wurde, heute in Vergessenheit geraten. Der nachfolgenden Artikel soll das Interesse für diesen bedeutenden Gelehrten wecken und gleichzeitig einen Einblick in die Anfänge der Mikroskopie auf dem Gebiet der Botanik geben.

In Jahr 1670 legte der englische Arzt Nehemia Grew (Abb. 1) einen Teil seiner botanischen Arbeiten dem Sekretariat der Royal Society in London vor (Die Royal Society gründet auf regelmäßigen Treffen von Gelehrten aller Fakultäten in London und in Oxford, die ab 1659 unter dem englischen König Char-

les II. offiziell gefördert wurden.), das den folgenden Beschuß faßte: Then was Licensed Dr. Nehemia Grew's Book, Entituled, The Anatomy of Vegetables begun; together with an account of Vegetation grounded thereupon. And Ordered to be Printed by the Printer of the Royal Society (= Dr. Nehemia Grews Buch „Die Einführung in die Anatomie der Gewächse“ zusammen mit einem Bericht über die dafür zugrundeliegenden Gewächse wurde zensiert. Die Drucklegung durch den Drucker der Royal Society wurde angeordnet).

Dieser Veröffentlichung waren umfangreiche botanische Studien vorausgegangen, sowohl auf morphologischer wie auf anatomischer Grundlage. Die gewonnenen Ergebnisse liefer- ten die Voraussetzung für die physiologischen Aussagen. Von der Qualität der weiteren Arbeiten Grews war die Royal Society so sehr überzeugt, daß sie einerseits die Veröffent- lichung in Auftrag gab und andererseits Grew zu ihrem Mitglied und zum Curator für Pflanzenanatomie im Jahre 1677 ernannte. Dadurch kam Grew in Kontakt mit seinem Landsmann Robert Hooke (1635–1703), der weniger durch mikroskopische Forschung, als vielmehr durch die Konstruktion und Verbesserung der optischen Geräte bekannt wurde.

Das Gesamtwerk von Nehemia Grew, bestehend aus vier einzelnen Büchern, erschien im Jahre 1682 mit dem Titel „The Anatomy of Plants with an Idea of a Philosophical History of Plants. And several other Lectures, Read before the Royal Society“ (= Die Anatomie der



Abb. 1: Nehemia Grew (1628–1711) (aus Schürhoff, 1925).



Abb. 2: Titelblatt einer französischen Teilausgabe der „Anatomy of Plants“ aus dem Jahr 1675.

Pflanzen mit einem Konzept für eine philosophische Geschichte der Pflanzen. Und verschiedene andere Abhandlungen, die der Royal Society vorgetragen wurden). Das erste Buch trägt den Titel „The Anatomy of Plants, Begun. With a General Account of Vegetation, grounded thereupon“ (= Einleitung in die Anatomie der Pflanzen. Mit einem grundsätzlichen Bericht über die Gewächse, auf der diese aufgebaut ist) (Abb. 2).

Ausschnitte aus diesem Werk präsentierte Grew der Royal Society zum oben genannten Termin. Das Attribut „Begun“ darf in zweierlei Weise als „Einleitung“ gedeutet werden: Zum einen entspricht diese Kennzeichnung der Bescheidenheit und Unterwürfigkeit des Nehemiah Grew, die in den jeweils vorausgehenden Widmungen der einzelnen Bücher an seine Majestät Charles II., König von Groß-Britannien,

bzw. an die einzeln genannten Mitglieder der Royal Society zum Ausdruck kommt, und zum anderen geben die Schriften deutlich zu erkennen, daß sich der Verfasser der Überfülle seines Arbeitsgebietes sehr wohl bewußt ist.

Das erste Werk von Nehemia Grew

Bereits mit der Überschrift des ersten Kapitels wird dargelegt, daß allein die Natur den Weg für die Erforschung der Gewächse aufzeigt. Entsprechend dem Titel „Of the Seed in its State of Vegetation“ wird deshalb die Entwicklung einer Pflanze aufgezeigt beginnend mit dem Ankeimen des Samens über die Entwicklung der Wurzeln und der oberirdischen Teile sowie deren Ergrünung bis hin zur Entfaltung der Blüte und zur Bildung der Frucht, die wiederum die Bildung des Samens zum Zweck hat.

Dieser Samen und der sich daraus entwickelnde Keimling wird im ersten Buch am Beispiel der Bohne dargelegt (Abb. 3, fig. 4). An jedem Bohnensamen sind zwei H äute zu erkennen, die den eigentlichen Samen (proper seed) umschlossen halten. Mit dem bloßen Auge l ässt sich am dickeren Kulminationspunkt des Samens eine Öffnung (foramen) feststellen, die der Keimwurzel (radicle) gegenüber liegt und den Austausch von Flüssigkeit erlaubt. Richtig erkannt werden auch die beide Kotyledonen (lobes) des Bohnensamens, die Keimwurzel als das „radicle“ in ihren m öglichen Ausführungen, sowie die Tatsache, daß diese schon vor der Samenreife differenziert ist und ebenso ein als „plume“ definierter „Busch von Federn“ (feathers in a bunch), der sich entgegengesetzt zur „radicle“ entfaltet und aus dem sich die Keimwurzel und damit der Stengel der Pflanze entwickelt. Nach diesem Überblick über die organischen Bestandteile (organical parts), gilt es, deren Aufbau im Detail mit den Methoden der Anatomie zu klären: To obtain which, we must proceed in our Anatomy (= Für derartige Untersuchungen m üssen wir uns mit der Anatomie befassen.). Die dazu verwendeten Begriffe werden anhand des Objektes exakt herausgearbeitet und in den nachfolgenden Kapiteln und Büchern als bekannt vorausgesetzt. Dazu geh ört die als „cuticle“ bezeichnete Epidermis die alle w esentlichen Bestandteile des Samens umgibt und damit eine notwendige Schutzfunktion erfüllt

und das richtig als „Parenchyma“ bezeichnete Grundgewebe, wobei erst Grew diesen Terminus in die Botanik eingeführt hat (Parenchym von xeo = gr.: gießen: ursprünglich verstand man darunter Hohlräume, die mit Blut aufgeschwemmt waren [Erasistratos 310–258], spä-

ter einen eigenartig organisierten Körper mit einer Unzahl feiner Blasen). Des Weiteren nennt Grew noch den Ausdruck „innerer Körper“ (inner body) und definiert damit den gesamten, mit Parenchym ausgefüllt Raum, der für den Entwicklungsverlauf der Samenkeimung eine ganz wesentliche Rolle spielt. Grew versucht den bisher dargelegten Inhalt soweit wie möglich zusammenzufassen, wenngleich auch nur unvollständig, um daraufhin weiter ins Detail zu gehen und die Epidermis und das Parenchym genauer zu untersuchen, um auf dem Hintergrund dieser Erkenntnisse physiologische Gedankengänge zur Entwicklung der Pflanze aufzuzeichnen. Anhand einiger Beispiele aus den ersten beiden Kapiteln des ersten Werkes von Nehemia Grew soll nachfolgend seine pflanzenanatomische Arbeitsweise und die daraus abgeleiteten physiologischen Schlußfolgerungen skizziert werden.

Die Anatomie der Pflanzen im ersten Werk von Nehemia Grew

Erste planmäßige anatomische Untersuchungen an Pflanzen erfolgten fast gleichzeitig durch Nehemia Grew und den italienischen Arzt Marcello Malpighi (1628–1694), der seine Ergebnisse nur ein Jahr nach Nehemia Grew der Royal Society präsentierte, die diese fünf Jahre später verlegen ließ. Grew und Malpighi hatten nicht das Ziel, definierte Organe – wie beispielsweise die Zelle als die kleinste lebensfähige Einheit des Pflanzenorganismus – entsprechend ihres Inhaltes und ihres Wesens zu erforschen, sondern sie folgten vielmehr dem äußeren Aufbau ihrer Untersuchungsobjekte und beschränkten sich dabei sowohl auf die äußere Anschauung wie auch auf die optischen Hilfsmittel, um so annäherungsweise zu einem Aufriß der anatomischen Verhältnisse zu gelangen. Demzufolge richtete sich das Interesse dieser Forscher in erster Linie auf die Zergliederung der Organe mit dem Versuch, bestimmte Gewebeelemente aufzuklären um mögliche Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Sowohl Grew als auch Malpighi sind als typische Vertreter der analytischen Arbeitsweise einzurordnen.

Grew anatomiert die Wurzel der Bohnenpflanze und findet einen für alle Pflanzen weitgehend einheitlichen Aufbau: Zuerst die Haut (skin), die sich aus der Saat heraus durch die

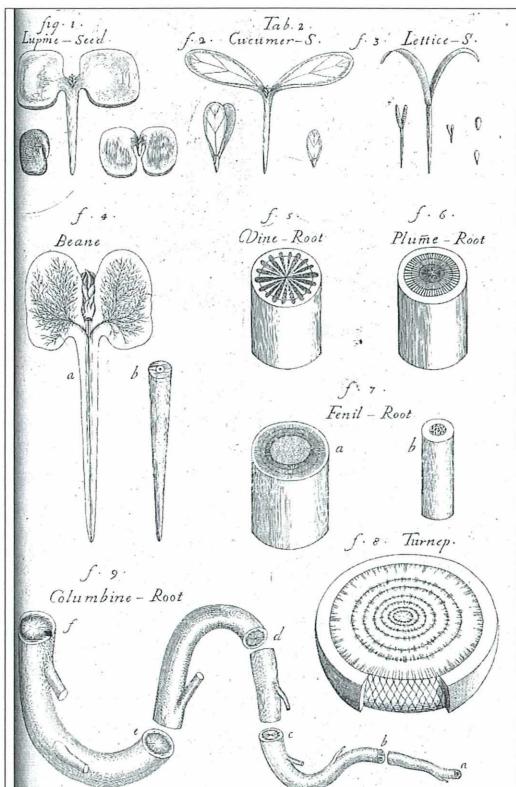


Abb. 3: fig. 1, 2, 3 Zeigen die stufenweise Veränderung der Lappen einer Saat, im Laub (fig. 1–3: Saaten von Lupine, Gurke und Salat). – fig. 4 Die Bohne: a) die Wurzel der Länge nach geschnitten, b) dto. quer geschnitten. – fig. 5 Wurzel des Weiness: Die weißen Keile sind die Markstrahlen (Insertions), die schwarzen sind das Holz, die Pünktchen sind die Luftgefäß, und die schwarzen Halbovale sind die Milchröhren (Lympheduct) in der Borke (Barque). – fig. 6 Wurzel der Pflaume: Die drei schwarzen Ringe stellen die Jahresringe eines dreijährigen Wachstums dar. – fig. 7 Wurzel des Fenchel: a) der obere Teil, b) der untere Teil. – fig. 8 Eine Rübenwurzel, quer geschnitten, an einer Stelle ist ein Teil der Rinde entfernt. – fig. 9 Wurzel der Akelei, zeigt das stufenweise Wachstum des Marks.

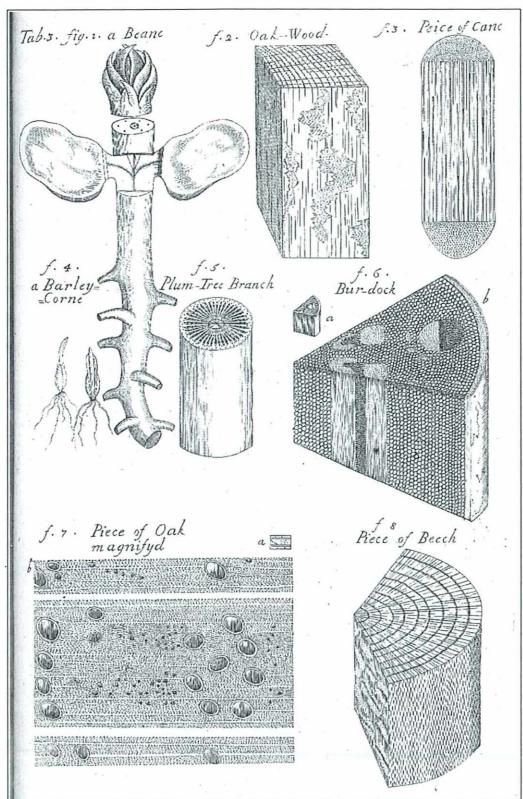


Abb. 4: fig. 1 Die Bohne, fast ausgekeimt. Die Knospe ist quer durchgeschnitten und Teile der Wurzel sind längsgeschnitten. – fig. 2 Eichenholz: Stellt die Wurzel dar, wie sie sich dem unbewaffnetem Auge zeigt. – fig. 3 Stück eines Peddigrohres. – fig. 4 Nicht definierbar. – fig. 5 Die Pflaume: Der Zweig, nach vierjährigem Wachstum. Vom Umfang bis zum äußersten Ring erstreckt sich die Borke. – fig. 6 Die Klette: a) ein Stück des Stengels, b) dto. vergrößert. – fig. 7 Eichenholz vergrößert: a) ein Stück des Eichenholzes quer geschnitten, b) dto. vergrößert; die weißen Linien stellen die kleineren und größeren Markstrahlen dar; die Punkte stellen das Holz dar, dazwischen sind Luftgefäß und Parenchym. – fig. 8 Buchenast: Teil des Astes, zehn Jahre alt, die Borke abgenommen, zweiseitig quergeschnitten und der Länge nach geschnitten, um darzustellen, wie die Borke in das Holz eingelagert ist.

Verlängerung der Epidermis entwickelt hat, unter der sich der Rindenkörper (cortical body) befindet, dessen Grundgewebe (paren-

chyma) einem Schwamm gleicht und zuletzt den ringförmigen Holzkörper, der oftmals mit dem Rindenkörper so verwoben ist, daß die Fasern desselben zusammen mit der Haut eine Einheit bilden. Grew kann im sogenannten Holzkörper (lignous body) drei Arten von Poren (Pores) nachweisen, zwei davon mit dem bloßen Auge, eine dritte nur mit Hilfe eines Vergrößerungsglases [dargestellt an einem vergrößerten Stück Eichenholz (Abb. 4, fig. 7)]. Daß es sich hierbei um eines der ersten Dokumente zur Zellforschung handelt, bleibt unwiderrufen. Grew zitiert in diesem Zusammenhang einen Abschnitt aus Hooke's Micrographia, in der dieser eine kleinere Art von Poren bei der Holzkohle beschreibt, die nach dem „Auffüllen“ mit Quecksilber eine Durchlässigkeit zeigen, was einerseits mittels eines Mikroskops, andererseits durch Gewichtszunahme bewiesen wird. Während Hooke sich anderen Untersuchungsobjekten zuwandte, blieb die Pflanzenzelle für Grew ein wesentlicher Gegenstand seiner Forschung, jedoch nur insoweit diese als grundlegendes Bauelement der Pflanzen auftritt und nicht in ihrer elementaren Struktur. Grew konnte diese „Poren“ auch an weitgehend allen Pflanzenorganen nachweisen, so daß er zu dem Schluß kam, „...daß jede Faser, die mit dem bloßen Auge als eine einzige zu erkennen sei, aus einer großen Anzahl von Fasern besteht und daß jede Pore nicht nur einen Zwischenraum zwischen den einzelnen Teilen des Holzes bildet, sondern den Hohlraum einer Faser“. Weniger bedeutend sind noch zwei weitere Bestandteile der Wurzel, die schon im vorausgehenden Kapitel beschrieben werden: die „Einfügungen“ (insertions) und das Mark (pith). Diese Einfügungen und das Mark sind von gleicher Struktur, ebenso besteht eine Ähnlichkeit zwischen dem Mark und dem Parenchym des Samens, was sich am besten anhand der getrockneten Wurzelausläufer zeigen läßt, wenn diese an verschiedenen Stellen radial zerschnitten werden (Abb. 3, fig. 9).

Die Physiologie der Pflanzen im ersten Werk von Nehemia Grew

Mit seinen anatomischen Ergebnissen gelangt Grew zu den physiologischen Schlußfolgerungen, um den beschriebenen Organen ihre entsprechenden Funktionen zuzuordnen. Diese umfassen in erster Linie die Ernährung und das

Wachstum der Pflanzen, wobei der „Saft“ vom Boden ausgehend in die Wurzel eindringt und sich mit den Stoffen anreichert, die der Wurzel eigen sind, um mit diesen die Gärung (fermentation) einzuleiten. Ein zweiter Teil des Saftes strömt in den Rindenkörper (cortical body) und gibt dort seine Bestandteile durch Filtration ab, wobei sich der Rindenkörper ausdehnt (dilate), ohne jedoch gesprengt zu werden. Zuletzt nimmt der so gereinigte Saft (purest part) aus dem Holzteil dessen Bestandteile (due tinctures) auf, um als „Cambium“ in Holz überzugehen. Der Rest des Saftes erfährt nach dem Prinzip des Kreislaufes eine Erneuerung (instauration), währenddessen er noch alle diejenigen Teile der Pflanze ernährt, die er durchdringt. Letztendlich dienen die bei den anatomischen Untersuchungen beschriebenen Poren (pores) des Holzes dem Wachstum der Pflanze, da durch deren Längenausdehnung der Saft bewegt wird, wodurch der Holzkörper anschwillt und der Pflanzenorganismus vertikal anwächst. In einer zweiten aktiven Stufe ermöglicht der so ernährte Holzkörper (lignous body) als „the Principle of Motion“ (= die Grundlage von Bewegung schlechthin) neue Substanz zu werden, sowohl für das oberirdische, als auch das unterirdische Wachstum. Dabei ist die Wachstumsrichtung von der Rinde als dem „Moderator“ vorbestimmt, da die oberirdischen Teile weniger Rindensubstanz besitzen und sich somit vertikal entwickeln können, während in der Wurzel die Rinde dominiert und diese in die unterirdische Richtung zwingt. Das Breitenwachstum des Holzes wird durch das Anlagern des Saftes an den Wänden und durch das Zusammenpressen der Rinde verursacht, bis diese schließlich an einigen Stellen springt, so daß sich der Rindenkörper mit dem Holzkörper derart vermischen kann, daß daraus die Markstrahlen (insertment) und im weiteren Verlauf das Mark (pith) entspringt.

Mit diesen physiologischen Beurteilungen auf der Grundlage der vorausgegangenen anatomischen Studien erstellt Grew eine umfangreiche Lehre zur Beschreibung der Saftzirkulation im Pflanzenorganismus, die als ein in sich geschlossenes System, ähnlich dem des Blutkreislaufes, konzipiert ist.

Eingebettet in diese Auffassung von der Saftzirkulation ist auch die Entwicklung der Blätter, deren Bestandteile mit denen der Zweige identisch sind, so daß die Haut (skin) des Astes auch bis über die Blätter hin erweitert ist (ver-

gleichbar mit dem Auswalzen von Blattgold). Aus dem Umstand, daß die Haut bei nahezu allen Lebewesen als die äußere Körperoberfläche gleichzeitig die Schutzhülle bietet, resultiert der Zweck der Blätter, um als ein „Baldachin“ (canopy) zum Schutz der Blüten, Früchte und Knospen zu dienen, wobei sich die Pflanzen durch ihre jeweilige Anordnung (hinsichtlich ihrer Blattformen und Stellungen) gegenseitig zu schützen vermögen. Zudem vergrößern die Blätter die Oberfläche einer jeden Pflanze, so daß damit ein Austausch von Feuchtigkeit und Luft möglich ist.

Die weiteren Werke von Nehemia Grew

Die weiteren in Grews Pflanzenanatomie zusammengefassten Werke sind mit der Anatomie der Wurzeln (roots), der Stengel, bzw. der Stämme (trunks) nebst der Saftzirkulation, den oberirdischen Teilen wie Blätter, Blüten, Früchten und Samen befaßt. Des Weiteren hat Grew noch einzelne Vorlesungen im selben Band veröffentlicht, in denen über Stoffgemische im alchemistischen Sinn berichtet wird (1674), sowie einige Abhandlungen über Inhaltstoffe der Pflanzen (marine salts of plants), und diverse Beschreibungen über die organoleptisch und visuell wahrnehmbaren Befunde bei den Pflanzen (tasts, odours, colours). Abgerundet wird das Gesamtwerk mit einer im Jahr 1676 vorgelegten Experimentalsschrift über den „Umgang mit Lösungen von Salzen in Wasser“.

Der Pflanzenanatomie sind 83 Bildtafeln mit Zeichnungen sowie ein Inhaltsverzeichnis und ein Stichwortregister angefügt.

Zusammenfassung

Grews Pflanzenanatomie ist geprägt von einer Universalität, die sich nicht mit einer schematischen Anatomie zufriedengibt, sondern vielmehr schon bei denjenigen Grundbestandteilen (principles) beginnt, die auf das Wachstum der Pflanzen Einfluß nehmen. Um mit der Anatomie gleichsam in umgekehrter Richtung zu beginnen, baut Grew eine Atomistik der Pflanze auf, die ihre Grundlagen in der Philosophie hat. Der Versuch, diese Fülle an Untersuchungsmaterial zu bewältigen, begeistert im ersten Buch, wirkt aber in den nachfolgenden Werken eher erschöpfend auf den Leser.

Ergebnisse der Pflanzenanatomie

Grew unterscheidet sehr genau die einzelnen Gefäße in den Pflanzenorganismen und findet dabei einheitliche Hohlräume, die schablonenhaft in allen Pflanzen vorkommen und die unterschiedlich als „pores“, „cells“ oder „bladders“ definiert werden. Damit ist der Zellbau bei den höheren Pflanzen zwar nachgewiesen, aber nicht zu Ende gebracht, denn die Zelle wird nicht als ein selbstständiges Elementargebilde erkannt, sondern als eine Verschlingung langer Fäden oder Fasern. Alle aus Zellen gebildeten Organe werden unter den Begriff „Parenchyma“ subsumiert, um diese vom den allgemeinen Holzteilen und Gefäßen (vessels) zu unterscheiden.

Als Inhalt der Zellen ist der in allen möglichen Beschaffenheiten und Zuständen auftretende „Saft“ das konstitutive Lebensprinzip der

Pflanzen. Die Bestandteile der Säfte können sich derart wandeln, daß sie durch Verfestigung zusammen mit ihren Gefäßen das peripherie Dickenwachstum der Stämme hervorrufen.

Ergebnisse der Pflanzenphysiologie

Grew ist bemüht, eine Synthese herzustellen zwischen den botanischen Theoremen und seinen Vorstellungen vom Wesen der Materie. Diese Konsequenz fordert sowohl grundlegende philosophische Studien wie auch umfangreiche methodische Auseinandersetzungen mit dem Gegenstand der Untersuchungen. Deshalb versucht er, die Grundlagen seiner Saftzirkulationstheorie zu beweisen, wie auch eine sinnvolle Begründung für den möglichen Luftaustausch bzw. einer Atmung der Pflanzen zu

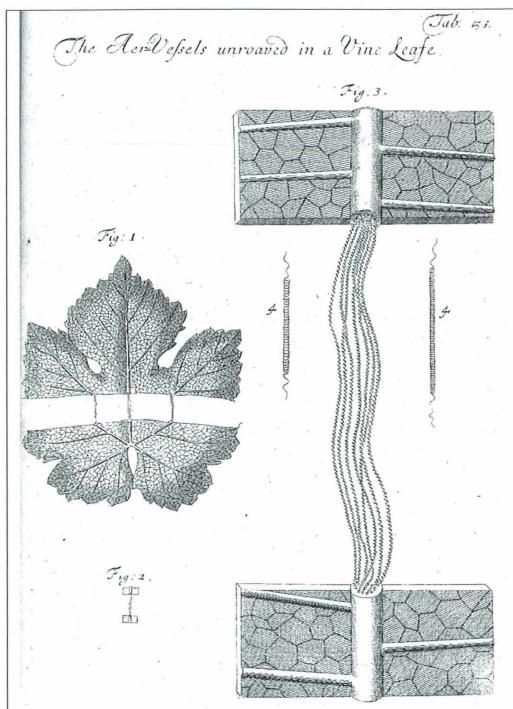


Abb. 5: Die Luftgefäße eines Weinblattes freigelegt. – fig. 1 Die Luftgefäße zeigen sich wie Spinnengewebe dem unbewaffneten Auge, nachdem das Blatt durchbrochen wurde. – fig. 2 Ein kleines Stück, von dem Blatt abgeschnitten. – fig. 3 Dto. vergrößert, in welchem sich dieselben Gefäße wie ausgestreckte Spiraldrähte darstellen.

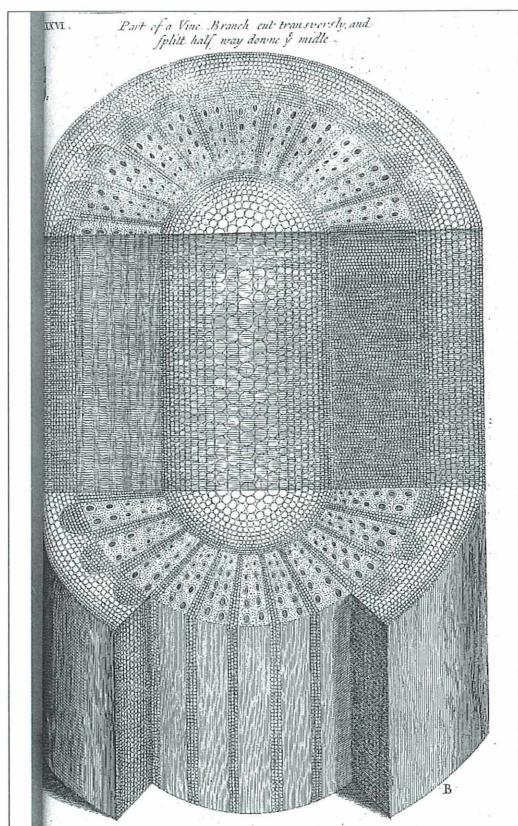


Abb. 6: Teil eines Astes vom Weinstock, quer geschnitten und mittig halb aufgespalten.

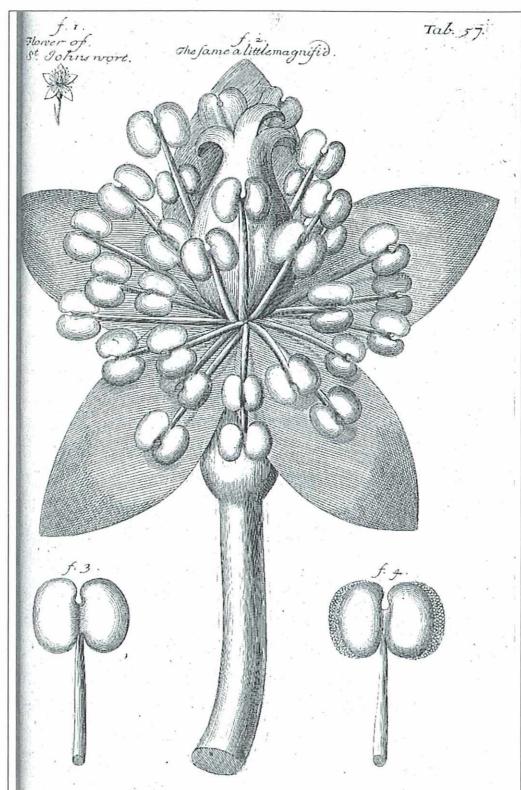


Abb. 7: Blüte des Johanniskrautes, etwas vergrößert.

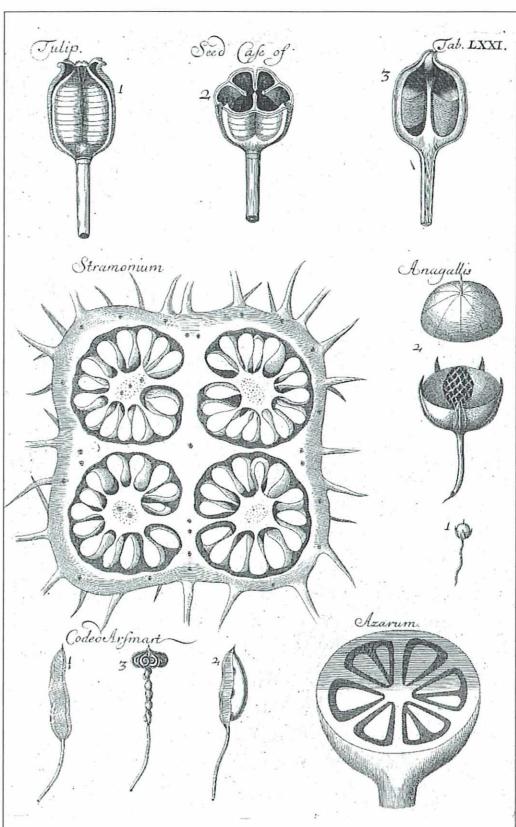


Abb. 8: Oben: Samenbehälter der Tulpe, ganz, quer und aufgespalten. Mitte: Dto. *Pimpinella*, in zwei Hälften geteilt, jedoch nur der untere Teil ist vergrößert dargestellt (*Stramonium*). Unten: Die Saat des bedeckten Arsmart (*Polygonum* = Wässerpfeffer, Oxford Dictionary), daneben der Samenbehälter von Azarum (nicht zuzuordnen).

finden. Dabei erkennt Grew die Spaltöffnungen der Blattepidermis sowie ihre Funktion als Atmungsöffnungen und ihren Anschluß an das Interzellularennetz des Blattes (Abb. 5, fig. 1 und fig. 3.). Einer genauen Darstellung der Blüte folgt die physiologische Deutung für den Geschlechtsvorgang der Pflanzen, wobei das Öffnen der Antheren (attires) und das Verteilen des Samens mit der Vorbereitung für einen Coitus zu vergleichen ist. Aufgrund dieser Ergebnisse gelangt Grew schließlich zu dem Schluß: „...wenn jemand den Vergleich ziehen sollte und dabei an all diesen Details festhält, dann würde es erscheinen, als ob hier die Ähnlichkeit mit einem Tier und nicht mit einer Pflanze gegeben ist“. Die eingehendere Untersuchung der embryonalen Entwicklung führt Grew zu dem Schluß, daß jede Pflanze eine Zwitternatur besitzen muß, bei der in der Blüte (flower) durch die Korrespondenz des samenbildenden Teiles

mit der Gebärmutter (womb) die Befruchtung (prolific virtue) zustandekommt. Grew und mit ihm in Konformität auch Malpighi haben die Wirkungsweise der Fortpflanzungsorgane dem Wesen nach richtig erkannt und gedeutet und damit den Grundstein für weitere Untersuchungen gelegt.

Das Mikroskop von Nehemia Grew

Diese Arbeit hat nicht die exakte Darstellung zeitgenössischer Mikroskope zum Inhalt. So

soll lediglich darauf hingewiesen werden, daß Grew aller Wahrscheinlichkeit nach ein von Robert Hooke konstruiertes Mikroskop besaß, das aus der Kombination zweier oder mehrerer Linsen bestand, die in einer Messingröhre befestigt waren und deren Abstand verlängert oder verkürzt werden konnte. Die Befestigung dieser Messingröhre auf einem Stativ erlaubte durch gleichmäßige Veränderung des Linsenabstandes zum Objekträger die Fokussierung des Objekts und eine Kerzenbeleuchtung, deren Lichtschein mittels einer mit Wasser gefüllten Glaskugel verstärkt wurde, gestattete durch die Manipulation des Abstandes die Veränderung der Apertur. Diese Bauweise des Mikroskops ermöglichte jedoch nur die Auflichtbetrachtung der Objekte, bei der die Dicke der angefertigten Schnitte keine Rolle spielte. Die Durchlichtmikroskopie, bei der wesentlich dünnere Schnitte zur Anwendung gelangen und damit eine wesentlich exaktere Auflösung zu erreichen ist, wurde erst 1691 bekannt. (So genannte „screw-barels“, Durchlichtmikroskope einfacherster Bauart waren jedoch zur Zeit von Grew schon bekannt und wurden zur Erstellung einiger Zeichnungen wohl benutzt.) Deshalb verdienen gerade die anhand der mikroskopischen Betrachtung angefertigten Zeichnungen von Grew aufgrund der primitiven Technik eine besondere Beachtung. Die Mitglieder der Mikrobiologischen Vereinigung in München haben sich an einem Vereinsabend die Aufgabe gestellt, mittels primitiver Messer ähnliche Schnitte herzustellen, wie diese für die Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen von Grew genutzt wurden. Wenngleich die heutige Technik nicht mehr mit den Methoden der damaligen Zeit zu vergleichen ist, so führten die Ergebnisse doch die wahre Kunst der einstigen mikroskopischen Technik vor Augen.

Würdigung

Das vierbändige Werk von Nehemia Grew über die Anatomie der Pflanzen besticht sowohl durch die Genauigkeit, mit der die einzelnen Untersuchungen durchgeführt wurden, als auch durch die darauf gestützten physiologischen Schlußfolgerungen in Einheit mit den

zeitgenössischen philosophischen Strömungen. Für das Zustandekommen dieses Werkes ist zweierlei anzumerken: Zum einen konnte Grew auf keinen Vorgänger des von ihm durchforschten Arbeitsgebietes zurückgreifen, so daß ihm damit ein großes Maß an Pionierleistung zuzuerkennen ist, und zum anderen zeugen die Bildtafeln von einem hervorragenden Talent sowohl beim Mikroskopieren und Beobachten der Objekte als auch auf dem Gebiet ihrer zeichnerischen Darstellung. Grews „Anatomy of Plants“ stellt mehr als nur ein Lehrbuch dar; denn die zusätzlichen, über die Pflanzenanatomie hinausreichenden Kapitel am Ende seines Werkes lassen erkennen, daß das Anliegen des Verfassers nicht bei einem allgemeinen anatomischen Befund stehen bleibt, sondern in der Erforschung der gesamten Natur begründet ist.

Dem Autor lag für die Erstellung dieses Berichtes und für eine weitere wissenschaftliche Arbeit ein Exemplar des Originalwerkes von Nehemia Grew aus dem Jahr 1682 vor. Quellenangaben und Anmerkungen zu diesem Text können vom Autor direkt angefordert werden.

Literaturhinweise

- Grew, N.: Anatomy of Plants with an Idea of a Philosophical History of Plants. And several other Lectures, Read before the Royal Society. Printed by W. Rawlins, for the Author, London 1682.
- Hanstein v., A.: Über die Begründung der Pflanzenanatomie durch Nehemia Grew und Marcello Malpighi. Universitätsdruckerei, Bonn 1886.
- Hoppe, B.: Biologie. Wissenschaft von der belebten Materie von der Antike zur Neuzeit: Biologische Methodologie und Lehren von der stofflichen Zusammensetzung der Organismen, Sudhoff-Archiv, Band 17. Franz Steiner Verlag, Wiesbaden 1976.
- Jahn, I.: Grundzüge der Biologiegeschichte. Gustav Fischer Verlag, Jena 1990.
- Mägdefrau, K.: Geschichte der Botanik. Leben und Leistung großer Forscher. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1992.
- Schürhoff, P. N.: Aus den Anfängen der wissenschaftlichen Mikroskopie: Nehemia Grew. Mikrokosmos 24, 54-56 (1925).
- Zum Mikroskop u. a. Ciba-Zeitschrift 117, Basel 1949.
- Verfasser:** Pfarrer Martin Schubert, Mikrobiologische Vereinigung München, Temple Straße 5, 80992 München

Steigerung von Kontrast und Auflösung im Bereich hoher Aperturen

Bruno Wiertz

Wer vornehmlich mit starken Vergrößerungen arbeitet, ist bemüht, die Leistungsfähigkeit seines Mikroskopes bis zur theoretischen Grenze zu steigern und greift dankbar Publikationen auf, die das eigene Bemühen unterstützen. In diesem Sinne ist der Vorschlag von Hans-Jörg Dethloff im MIKROKOSMOS-Heft Januar 1997 von ganz besonderem Interesse. Im folgenden Bericht werden unter Verwendung des Dethloffschen Konzeptes konstruktionsmäßige Alternativlösungen vorgestellt.

Die Formulierung des Themas wird manchen Mikroskopikern als unrealistische Provokation erscheinen, widerspricht sie doch allen praktischen Erfahrungen: Normalerweise wird gerade der größere Kontrast durch Abblenden des Kondensors, d. h. durch Verkleinerung der Beleuchtungsapertur erzielt. Damit aber ist bereits das Wirkungsprinzip gegeben: Hohe Auflösung verlangt hohe Beleuchtungsapertur = große Beleuchtungswinkel, die durch Immergieren des Kondensors wirkungsvoll vergrößert werden. Die zentralen Beleuchtungskegel mit kleiner Apertur sind dabei für hohe Auflösung unwirksam. Es ist deshalb richtig, sie auszublenden mit Hilfe von Zentralblenden. Der damit entstehende Dunkelfeldeffekt unterdrückt die störende Überstrahlungshelligkeit der zentralen Lichtbündel. Damit können die dunkleren, für Kontrast und Auflösung aber entscheidenden hochaperturigen Nebenmaxima wirksam werden, wenn hochaperturige Objektive zum Einsatz kommen. Bei Diatomeen wird durch Ausnutzung der durch Formdoppelbrechung bedingten Polarisation der Kontrast (und damit die Auflösung) weiter gesteigert.

Die evidenten Vorteile des vorgeschlagenen Verfahrens führten sofort zu eigenen Vorversuchen. Auf Anhieb ergab sich eine derart gute Kontrast- und Auflösungssteigerung, daß nach anderen konstruktiven Lösungen gesucht wurde. Sie sollten vermeiden, daß immer wieder (z. B. auch nach Zentralblenden-Wechsel) mittels Hilfsmikroskop die Blendenlage in Höhe und Seite optimiert werden muß. Die gefundenen Lösungen erübrigen jegliche Justierung, weil – konstruk-

tionsbedingt – sich die Blenden stets an der gleichen, richtigen Stelle befinden.

Lösung 1

Verwendet wird ein LEITZ-Kondensator 1,4, Nr. 512024, ein dreilinsiger Fluoreszenzkon- densator. Er ist nicht achromatisiert oder aplana- tisch korrigiert und bedarf exakter Zentrie- rung und Höheneinstellung, um farbigen Untergrund zu vermeiden. Hilfreich ist ein Grün- filter 5 x, wie es für Achromate benötigt wird. Dieser Typ ist als 2- oder 3linsige Ausführung (Apertur 1,2 oder 1,25) weit verbreitet, ein korrigierter Kondensator ist natürlich vorzuziehen, obwohl nicht Bedingung.

Die Kondensorblende wird nicht mehr benötigt und ausgeschraubt. An ihre Stelle tritt eine zylindrische Halterung für die Zentralblenden-Einschübe (Abb. 1). Die Höhe der Halterung ist so dimensioniert, daß die Blenden stets in der Ebene der (entfernten) Aperturblende liegen. Die Zentrierung ergibt sich von selbst. Auch nach Blendenwechsel liegen somit alle Blenden stets an der gleichen, richtigen Stelle.

Berechnung der Zentralblendenmesser (für Kondensor 1,4)

$A_{\max} = 1,4$; Durchmesser der Eintrittspupille 27 mm.

Abschattung 45% (60%; 75%) = $\frac{45}{100}$ von 1,4.

$$A_{\min} = 1,4 \times 0,45 = 0,63.$$



Abb. 1: Fluoreszenzkondensor 1,4 mit eingeschraubtem Halter, eingeschobener Zentralblende und zwei weiteren Zentralblendeneinschüben.

Der Beleuchtungskegel (Dunkelfeld!) besitzt also bei 45% Abschattung eine äußere = maximale Aperture von 1,4 und eine innere = minimale Aperture von 0,63.

Den Aperturen entsprechen die Durchmesser der Zentralblenden:

| innere Apertur | Abschattung (%) | \varnothing Zentralblende (mm) |
|--------------------------|-----------------|----------------------------------|
| $1,4 \times 0,45 = 0,63$ | 45 | $27 \times 0,45 = 12,15$ |
| $1,4 \times 0,60 = 0,84$ | 60 | $27 \times 0,60 = 16,20$ |
| $1,4 \times 0,75 = 1,05$ | 75 | $27 \times 0,75 = 20,25$ |

Herstellung der Zentralblenden

Für die Zentralblenden werden vom Optiker aus gründlich gereinigten Dia- oder Fotoplatten Ronden von 31,4 mm \varnothing hergestellt. Sie werden spannungsfrei in die Blendeneinschübe (Abb. 1 u. 2) eingeklebt. Zuvor werden die Zentralblenden mit Hilfe einer Drehscheibe für Deckglasumrandung aufgebracht. Hierfür eignet sich Deckglasslack oder (besser) mattschwarzer Kameralack. Er wird mittels Pinsel (Handstütze!) aufgetragen. Das ergibt – im Gegensatz zu ausgestanzten Scheiben – sehr saubere Ränder, und die Durchmesser sind völlig frei wählbar. Nach dem Trocknen werden die Ronden mit einer Spur Einbettungsmittel mit der Blende nach unten in die Einschübe geklebt.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Zentralblenden aus Polarisationsfolie auszustanzen. Ein vorgeschalteter Polarisator, der für Diatomeenbeobachtung ohnehin erforderlich ist, ermöglicht dann, die zentrale Abschattung in ihrer Intensität in weiten Grenzen zu variieren.

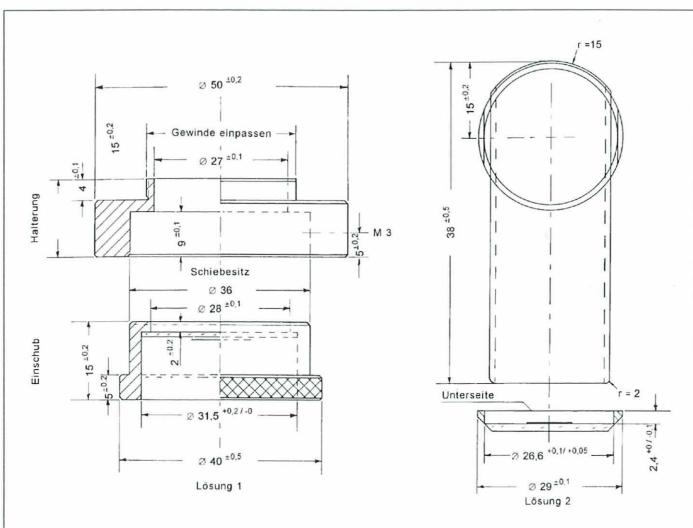


Abb. 2: Maßzeichnung der Lösungen 1 und 2; nicht maßstäblich.

Lösung 2

Bei Systemkondensoren, z. B. der früheren LEITZ-Reihe 600, kann man, entsprechend dem Vorschlag von Dethloff, die Zentralblenden von unten einführen. Dabei ist jedoch stets ein erneutes Justieren in Seite und Höhe mittels Hilfsmikroskop erforderlich. Lösung 2 vermeidet diesen Zeitaufwand. Man kann ohne Nachteile die Zentralblenden dicht oberhalb der unteren Kondensorlinse anbringen (Abb. 3). Die Brennweite der hochaperturigen Kondensorköpfe ist so kurz, daß der Abstand der Zentralblende zur ohnehin offenen Aperturenbленde unkritisch ist.

Die Linse liegt einige Zehntelmillimeter unterhalb ihres Fassungsrandes. Man kann deshalb in der Erprobungsphase ohne Beschädigungsgefahr von der Beobachterseite her einen Objektträger mit den verschiedenen Blenden einschieben. Der Kondensorkopf muß dazu hochgeklappt werden.

Für die Herstellung der Blendeneinschübe ergibt sich nachstehende Arbeitsfolge (Abb. 2, Lösung 2):

- Kürzen der Objektträger auf 38 mm.
- Schleifen der Seiten und ihrer Kanten.
- Radien 2 mm anschleifen.
- Objektträger gründlich entfetten.
- Ringe aufkleben (Sekundenkleber, LOC-TITE-UV-Kleber).
- Seiten und Ringe fasen 45°.
- Radius 15 mm (vorne) anschleifen.
- Auf Drehscheibe zentrieren.
- Zentralblenden auf der Ringseite mit Pinsel auftragen (\varnothing 9,5 mm; 12,6 mm; 15,8 mm).

Das Schleifen kann mit Naßschleifpapier Körnung 220 erfolgen, bequemer ist ein (in Wasser laufender) Sandstein. Statt der Objektträger kann auch das (dünnere) Glas von Diarahmen benutzt werden.

Ring und Glas umfassen die Kondensoroptik deckelartig von oben und definieren die Lage der Blende mit reproduzierbarer Genauigkeit in Seite und Höhe. Das Auswechseln macht keine Schwierigkeiten, wenn die angegebenen Maße eingehalten werden (Kondensorköpfe hochgeklappt, Kondensor abgesenkt).

Lösung 3

Bei Kondensoren mit ausklappbarem Filterhalter legt man das Polarisationsfilter auf den Filterhalter auf und darauf die Glasronde mit dem gewünschten Zentralblendenfleck. Will man mit nur einem Zentralblendendurchmesser arbeiten, kann man beide Glasteile zusammenfassen oder die Zentralblende auf der Glasseite des Polfilters aufbringen. Der Analyseator wird wie üblich eingefügt.

Kontrastreiche Detaildarstellung und Auflösung werden durch folgende Maßnahmen wesentlich gefördert:

1. Die Wendel der Mikroskopierlampe muß – wie generell beim Arbeiten im höchsten Aperturbereich – so groß abgebildet werden, daß sie die Eintrittspupille des Kondensors möglichst ausfüllt. Sonst gehen die für die Auflösung entscheidenden hohen Beleuchtungsaperturen verloren, und außerdem wird das Bild

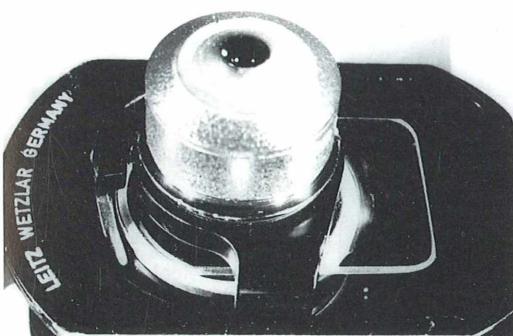


Abb. 3: Kondensor der LEITZ-Reihe 600 mit eingesetzter Zentralblende (Lösung 2).

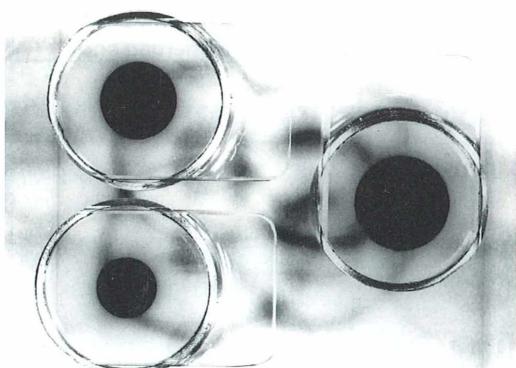


Abb. 4: Zentralblenden für Lösung 2.

wegen der Mittenabschattung zu dunkel. Wenn machbar, vergrößert man den Abstand Leuchte/Mikroskop. Eine Negativlinse vor dem Kondensor hat die gleiche Wirkung. Ihre Negativbrennweite hängt von den Abmessungen des Stativs ab. Sie dürfte (geschätzt) bei minus 10 Dioptrien liegen.

2. Alle lichtstreuenden Elemente müssen im Interesse des erhöhten Kontrastes aus dem Beleuchtungsstrahlengang entfernt werden. Hierzu gehören nicht nur Streuscheiben (auch die geätzten!), sondern auch die Mattflächen mancher Kollektoren (z. B. LEITZ MONLA). Die Streuscheibe der ZEISS-Hochleistungsleuchte V ist vom Kollimator abziehbar. Man kann behelfsweise mattierte Flächen fetten oder besser durch eine Kollimatorlinse kürzerer Brennweite ersetzen. Bei gleichem Abstand ergibt sich dann auch ein größeres Wendelbild.

Beobachtungen

Vor Beginn der Beobachtungen orientiert man die Polfilter gemäß DIN 58 879: Die Schwingungsrichtung des Polarisators liegt dabei parallel zur Tischkante (Ost-West-Richtung), die des Analysators bei gekreuzten Polarisatoren in der Nord-Süd-Richtung.

Bei einem Diatomeen-Streupräparat besitzen die Apikalachsen der Schalen naturgemäß unterschiedliche Richtungen, und man stellt sehr bald fest, daß die Kontraststeigerung und damit die Sichtbarkeit der Alveolen bei den Indi-

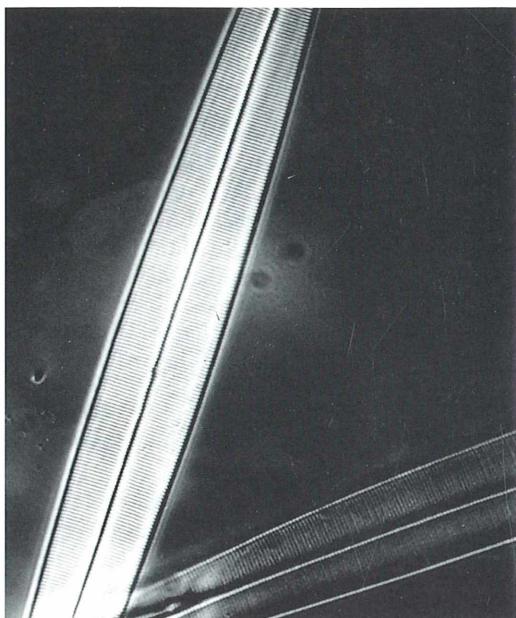
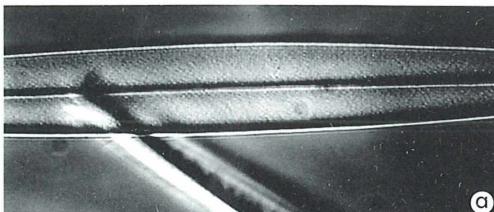


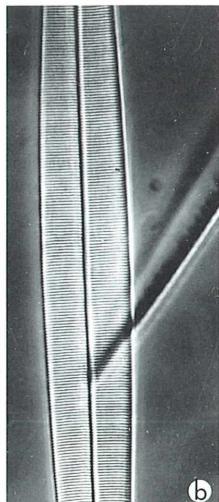
Abb. 6: Azimuteffekt benachbarter Exemplare von *A. pellucida* mit unterschiedlicher Richtung der Apikalachsen (Lösung 2).

viduen sehr unterschiedlich ist (Abb. 5a). Die Verwendung eines Drehtisches lässt einen Azimuteffekt erkennen: Bei den meisten Schalen wird der höchste Kontrast erreicht, wenn die

Abb. 5a und 5b: *Amphipleura pellucida*, Streifendarstellung in verschiedenen Azimuten.
a Ausgangslage, Streifung schwach. b Gleches Objekt bei gleicher Fokussierung nach Drehung.



a



b

Apikalachse in N-S-Richtung verläuft (Abb. 5b). Diese Erscheinung entspricht dem Azimuteffekt bei einseitiger Beleuchtung (Schieflicht). In Abb. 6 zeigen zwei benachbarte Schalen, die in unterschiedlicher Richtung liegen, den Azimuteffekt. Eine Erklärung könnte in Beugungerscheinungen der (polarisierten) Beleuchtungsstrahlen an der gitterartigen Schalenstruktur zu suchen sein.

Literaturverzeichnis:

Dethloff, H.-J.: Kieselalgen – hoch aufgelöst und kontrastreich fotografiert. Mikrokosmos 86, 53–56 (1997).

Verfasser: Bruno Wiertz, Zeisigweg 4,
D - 21266 Jesteburg

Nachricht

Neues Programm der Olympus-Akademie

Folgende Themen und Termine werden angekündigt:

4./5. September 1997

Seminar „Grundlagen der Lichtmikroskopie, 1“ (Grundkurs), Teilnahmegebühr: DM 480,-

16./17. September 1997

Workshop „Makro- und Mikrofotografie“ (gemeinsam mit der Hasselblad University), Teilnahmegebühr: DM 580,-

18./19. September 1997

Workshop „Fluoreszenzmikroskopie“, Teilnahmegebühr: DM 580,-

21./22. Oktober 1997

Seminar „Grundlagen der Lichtmikroskopie, 2“ (Aufbaukurs), Teilnahmegebühr: DM 480,-

4./5. November 1997

Workshop „Makro- und Mikrofotografie“ (gemeinsam mit der Hasselblad University), Teilnahmegebühr: DM 580,-

6./7. November 1997

Seminar „Grundlagen der Lichtmikroskopie, 3“ (Dokumentation), Teilnahmegebühr: DM 480,-

11./12. Dezember 1997

Workshop „Angewandte Methoden der zellulären Fluoreszenzmikroskopie“ (Leitung: Dr. Rainer Wegerhoff, Christian-Albrechts-Universität, Kiel), Teilnahmegebühr: DM 150,-

16./17. Dezember 1997

Workshop „PROVIS-Intensiv“, „15 Jahre Erfahrung mit vollautomatisierbaren Forschungsmikroskopen“, Teilnahmegebühr: DM 150,-

Kontaktadressen: Olympus Akademie Hamburg, Andrea Ropertz, Tel.: 040-23773-160, Fax: 040-23773-647; URL: <http://www.olympus-europa.com>

Das Verhalten der Tiere aus evolutionsbiologischer Sicht

Von Prof. Dr. John ALCOCK, Dept. of Zoology, Arizona State University, Tempe (USA)
1996. XIV, 464 S., 407 Abb., davon 21 farb., 37 Tab., 19 x 27 cm, geb. DM 98,-
ISBN 3-437-20531-5

Dieser Band gibt eine hochaktuelle und ausgewogene Darstellung der modernen Verhaltensbiologie, die sich insbesondere auch durch ihr gelungenes didaktisches Konzept auszeichnet. Der Autor beschreibt einerseits, welche Mechanismen Verhalten bewirken (z.B. der arttypische Aufbau von Nervensystemen), andererseits macht er verständlich, wie sich Verhalten als Anpassung an bestimmte Umweltbedingungen entwickelt hat.



Mikro-Ufo

Unbekannte Fundobjekte

Mit dieser neuen Rubrik, die sich nicht etwa mit unbekannten mikroskopischen Flugobjekten, sondern vielmehr mit unbekannten Fundobjekten aus dem mikroskopischen Bereich beschäftigt, kommen wir dem Wunsch einiger Leser nach, die trotz intensiver Literaturrecherche Probleme mit der Identifizierung von Funden haben. So sollen Abbildungen von Strukturen oder Organismen gezeigt werden, die der Einsender nicht zuzuordnen weiß. Gehofft wird, daß dann der eine oder andere Leser Kenntnis darüber hat, worum es sich handelt, und damit dem jeweiligen Frager weitergeholfen werden kann. Wünschenswert wäre es, daß sich diese Rubrik zu einem Kommunikationselement zwischen den Lesern unserer Zeitschrift entwickelt.

Wir denken, daß nahezu jeder Mikroskopiker Abbildungen derartiger Ufos in seinem Fundus hat und sind auf entsprechende Einsendungen gespannt. Bitte geben Sie jeweils die technischen Daten, insbesondere das Mikroskopierverfahren und die Vergrößerung sowie die Herkunft des Objektes an. Allerdings sollten die Einsendungen nicht so geartet sein, daß es zum Beispiel völlig klar ist, daß ein Wimpertierchen oder eine Mikroalge gesichtet wurde und lediglich die Gattungs- oder Artzuordnung unklar ist. In dieser Rubrik soll es wirklich nur um grundsätzlich rätselhafte Sachverhalte gehen.

Wir beginnen die Rubrik mit zwei Einsendungen von Uwe Hafemeister aus Berlin. Wenn jemand weiß, worum es sich bei den beiden Objekten handelt, sollte er dieses der Redaktion mitteilen. Gerne werden wir bei Interesse an einem Gedankenaustausch zwischen dem jeweils Fragenden und Antwortenden vermitteln.

Redaktion MIKROKOSMOS

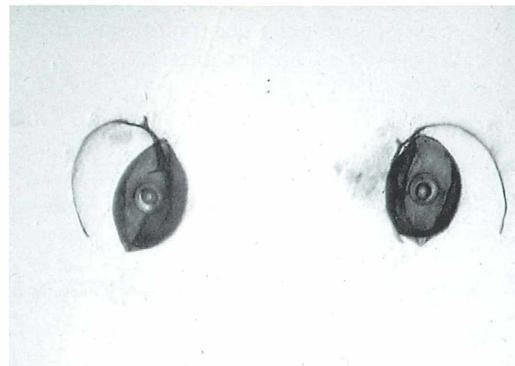


Abb. 1: „Tümpelaugen“, Hellfeld, 70×.

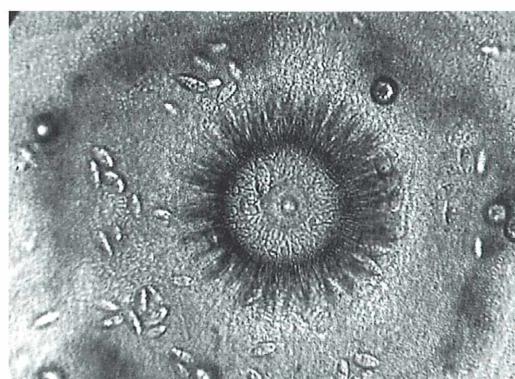


Abb. 2: Schimmel? Von der Kahmhaut einer Juchetonne, Hellfeld, 280×.

Die Zelle -Atlas der Ultrastruktur-

Von Prof. Dr. Joachim UDE, Jena, und Dr. Michael KOCH, Jena
2., völlig neubearb. u. erw. Aufl. 1994. 309 S., 238 elektronenmikroskop. Aufn., 43 Farbtaf., 52 zweifarbig. Textabb., 4 Tab., 17 x 24 cm, kt. DM 78,- ISBN 3-334-60532-9

Das Buch wendet sich vor allem an Studierende der Biologie, Medizin, Pharmazie und Veterinärmedizin; das eindrucksvolle Bildmaterial eignet sich aber auch hervorragend für Lehr- und Anschauungszwecke in Schule und Hochschule. Die meist in Tafeln zusammengefaßten ultramikroskopischen Darstellungen werden durch räumliche Rekonstruktionen von Zellorganellen und spezialisierten Zellformen sowie durch zahlreiche zweifarbig Schemazeichnungen von morphologischen Details, chemischen Formeln und Funktionsprinzipien ergänzt und liefern damit eine gute Übersicht über den aktuellen Stand des Wissens.



Der kleinste Motor der Welt – die Antriebsmaschinerie der Bakteriengeißel

Werner Nachtigall

Wegen meiner Arbeitsrichtung – Bewegungsphysiologie, Technische Biologie und Bionik – habe ich vielfach Vorträge und Seminare zum Themenkreis „Konstruktionen der belebten Welt“ bei Ingenieuren und Technikern zu halten. Bei allem Staunen über den Erfindungsreichtum der Natur kommt in der Diskussion mit schöner Regelmäßigkeit dann doch die Bemerkung durch: „Aber das Rad hat die Natur nicht erfunden, das gibt's nur in der Technik!“ – Leider muß ich dann dagegen halten: „Es gibt auch Drehbewegungen um eine Achse und damit Rotor und Rad, wenn man so will; seit 1973 weiß man das: die Bakteriengeißel!“ – Seltsamerweise gibt es so etwas aber nicht bei höheren Organismen.

An sich haben höhere Lebewesen alle Elemente zur Verfügung, die man für einen solchen Antrieb bräuchte: Drehzscheibe, Exzenter, Kontraktionselement, Abdichtung. Für alles finden sich Beispiele. Bei manchen flachen Seeigeln gibt es in Nuten verschiebbar oder drehbar eingelenkte Schalenelemente, Exzenter kommen vielfach bei Knochensystemen vor, Kontraktionselemente in Form von Muskelfaserbündeln, Abdichtungen als Membran- oder Fluidelemente. Aus solchen Einzelteilen zusammengesetzt kann man sich einen Rotationsantrieb gut vorstellen (Abb. 1). Die Natur hat ihn aber nicht verwirklicht. Vielleicht deshalb nicht, weil der Rotor letztlich aus abgestorbenem Material bestehen

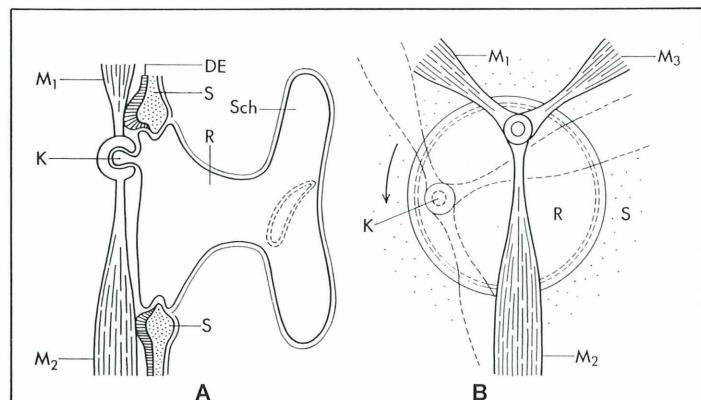
müßte (wie unsere Zähne, nachdem sie einmal organisch aufgebaut worden sind); eine Blut- und Nervenversorgung über Schleifkontakte in einen belebten Rotor hinein ist kaum vorstellbar.

Anders sieht die Sache in der Welt des Kleinsten aus. Im Bereich des molekularen Designs herrschen andere Konstruktionsgesetze.

Ein realer Rotationsantrieb der Natur

Bakterien bewegen sich vielfach mit rotierenden, spiralartig gebauten Geißeln fort. Dieser Antrieb muß sich aus technisch-analogen Einzelementen zusammensetzen. Die techni-

Abb. 1: Eine kleine Phantasie: Überlegungen zur gedanklichen Konstruktion eines biologischen Rotors. A Querschnitt, B Draufsicht. DE Dichtungsepithel, K Kapsel (Zapfen), M Muskeln, R Rotor, S Substrat (Gehäuse), Sch Schrauben-Antrieb. Vergl. den Text.



schen Konstruktionselemente für einen Rotationsantrieb, wie ihn etwa eine Turbine mit Schiffsschraube darstellt, wären: Eine Welle mit Rotor und Umgebung (Gehäuse) des Rotors, mindestens zwei Lager (Gleitlager, Kugellager), eine Möglichkeit zur fluchtenden Befestigung der basalen Lager (Gestell, zwei Wände), eine Möglichkeit, auf den Rotor einen Drehimpuls auszuüben (z. B. Wasserstrahl auf Turbinenschaufeln), Verkopplung des Endstücks der Welle über ein Koppelstück (Flansch) mit einem Schuberzeuger (z. B. Schiffsschraube mit ihrem Achsenstück), eine Möglichkeit, die Drehzahl zu regulieren (Gashebel, Regelventil, Getriebe) und eine Möglichkeit, die Drehrichtung zu ändern (Umsteller).

Genau diese Konstruktionselemente sind auch für einen „Geißel-Rotationsantrieb“ zu fordern, und es gibt sie denn auch in genauer Entsprechung. In Abb. 2 sind die technischen und biologischen Elemente für ein Bakterium vom Typ *Escherichia coli* einander gegenübergestellt. In Abb. 3 ist zusammengestellt, was man derzeit über diese Elemente beim Colibakterium weiß. Alles was zwischen Lager 1 und Drehbewegungs-Umsteller liegt, nennt man beim Bakterium den Basalkörper oder Basalkomplex. Die Abb. 4 zeigt ein proximales

Geißelende mit dem Basalkörper in starker elektronenmikroskopischer Vergrößerung. Ein solcher Basalkomplex ist äußerst winzig: Länge ca. 35 nm, maximaler Durchmesser (am C-Ring) ca. 40 nm. Ein Nanometer (nm) ist der Milliardste Teil eines Meters, der Millionste Teil eines Millimeters, der Tausendste Teil der dem Mikroskopiker wohlvertrauten Einheit „Mikro-Meter“ oder „Tausendstel Millimeter“. Der Basalkörper des Bakteriengeißel-Antriebsystems ist tatsächlich der kleinste funktionierende Motor der Welt, soweit wir es zur Zeit wissen.

Wie erkennbar, gibt es eine genaue Entsprechung zwischen den Teilen des Bakteriengeißel-Motors und dem gedanklichen Minimalmodell einer Turbine. Manches ist leicht einsehbar, wie beispielsweise die Existenz einer stabilen, sich drehenden Welle und die doppelte Lagerführung, die von den 6 möglichen Freiheitsgraden alle Bewegungen außer der Rotation der Welle um ihre Längsachse unterbindet. Einsehbar ist beim technischen Modell auch, daß ein Fluidstrom aus einer Düse auf die Schaufeln den Rotor in Umdrehung versetzt (Antrieb), und daß eine Verkipfung der Schaufeln in die Gegenrichtung den Rotor-Drehsinn ändern muß. Aber wie geschehen Antrieb und Änderung der Drehrichtung beim

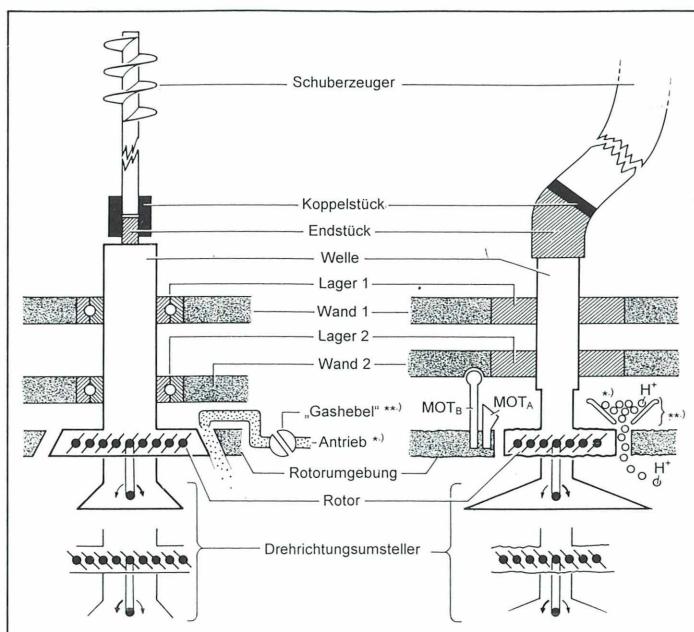


Abb. 2: Konstruktionselemente für einen rotierenden Propellerantrieb (gedankliches System) und für den rotierenden Geißelantrieb von *Escherichia coli*.

Schuberzeuger: Geißelfilament. Länge 5-10 µm, Durchmesser 18-20 nm. Formt einen Helix-Zylinder, bestehend aus ca. 20000 Monomeren des Proteins Flagellin, die "von selbst" zur Helixzylinderstruktur polymerisieren.

Endstück: Haken. Verbindet den Schaft mit dem Filament als flexible, gelenkartige Struktur. Ermöglicht "Filament-Bündelung" (s. den Text). Länge 50 nm, Durchmesser 20 nm. Zylinder. Besteht aus ca. 120 Monomeren eines Proteins, die "von selbst" zur Struktur eines geraden Zylinders polymerisieren.

Koppelstück: Haken-assoziierte Proteine HAP 1, HAP 2, HAP 3. Sind zuständig für die Begrenzung der Hakenlänge sowie das Anpolymerisieren und Verlängern des Filaments.

Lager 1: L-Ring, Durchmesser 25 nm. Besteht aus Proteinen.

Wand 1: Äußere Zellmembran. Besteht aus Lipopolysacchariden.

Welle: Schaft. Durchmesser außen 16 nm, innen 12 nm. Besteht aus Proteinen.

Lager 2: P-Ring. Durchmesser 25 nm. Besteht aus Proteinen.

Wand 2: Innere Zellmembran. Besteht aus Peptidoglykanen ("Murein").

Antrieb: Protonenpotential (H^+)

"Gashebel": Membranspannung

Rotor-Umgebung: Cytoplasmamembran. Dicke ca. 10 nm, in der 10 bis 12 Protein-Heterodimere oder Stator-Komplexe (Mot A, Mot B), radial um den Schaft gelagert, verankert sind. Mot B reicht zur besseren Verankerung bis in Wand 2. Mot A + Mot B bilden jeweils die äußere Hälfte eines Protonenkanals zwischen Rotor und Rotor-Umgebung.

Rotor: MS-Ring. Form eines Zylinders mit doppelter "Umbörtelung", Komplex aus etwa 27 Proteinmonomeren in stark gefalteter Lagerung. Teile der Außenwand bilden jeweils die innere Hälfte eines Protonen-Kanals zwischen Rotor und Rotor-Umgebung.

Drehrichtungsumsteller: C-Ring. Umschalter-Komplex, Durchmesser 40 nm. Enthält drei Proteine Fli M, Fli N, Fli G, die die Richtungsumschaltung steuern.

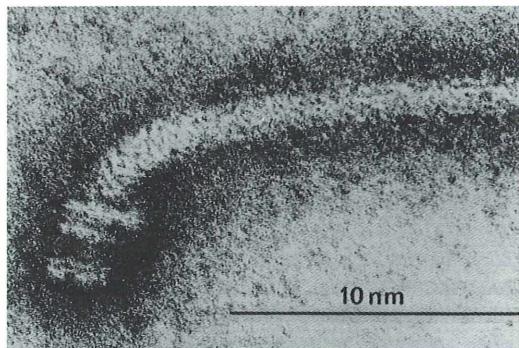


Abb. 4: Inneres Ende einer isolierten Geißel von *Escherichia coli* mit Basalkörper (erkennbar sind die vier Ringe), dem (leicht verdickten) Haken und einem Teil des Filaments. TEM-Aufnahme im Negativkontrast und starker Vergrößerung (von de Bamphilis und Adler, 1971).

Filamentmotor, dem Basalkörper des Geißelantriebs? Diese beiden zentralen Fragen sind bis heute nicht vollständig gelöst, doch gibt es Modellvorstellungen. So weiß man, daß Protonen (positiv geladene Wasserstoff-Kerne) den Motor letztlich antreiben.

Modellvorstellungen zur Funktion des Basalkörpers – des kleinsten Motors der Welt

Die zentrale Frage zielt wohl auf die Funktionsweise dieses Antriebs. Wie kann man sich vorstellen, daß Protonen den Rotor bewegen? Sie laufen durch Protonenkanäle, halbseitig gebildet vom MotA-/MotB-Komplex der Rotor-Umgebung (Abb. 2, 3), halbseitig vom Rotor selbst. Hierbei müssen sie irgendwie Impulse übertragen und damit Drehmomente erzeugen. Das ist schwer einzusehen. Auch hier hilft eine einfache Modellvorstellung weiter.

Die Protonen seien versinnbildlicht durch gleichartige Kugelchen der Masse M, die aus einem Trichter auslaufen und mit einer gewissen Endgeschwindigkeit v auf die Rotorschau-

Abb. 3: Derzeit bekannte Daten für die Konstruktionselemente des Geißelmotors bei *Escherichia coli* (unter Einbeziehung einer Darstellung von Schmitt 1997).

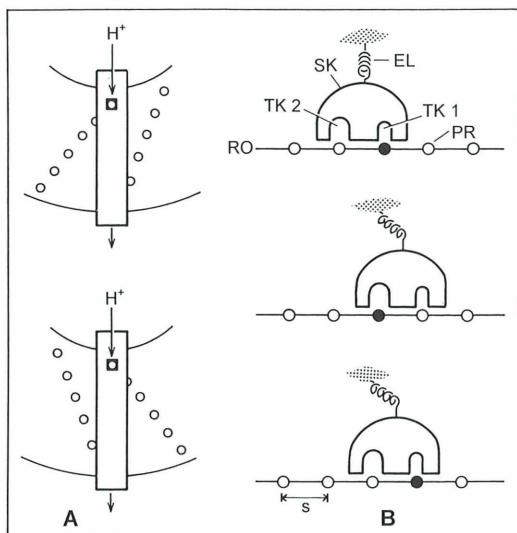


Abb. 5: Modellvorstellungen zum Rotorantrieb und zur Richtungsänderung. A Nach Läuger (1988); Richtungsumschaltung. B Nach Meister et al. (1989); Elementar-Drehschritt. EL Elastische Aufhängung, PR Proton, RO Rotoroberfläche, SK Statorkomplex, TK_{1,2} 1. und 2. Teilkanal, s Elementare Schrittschalt-Strecke. In Anlehnung an Schmitt (1997).

feln aufprasseln, und zwar mit der Frequenz (Zahl der Aufschläge pro Sekunde) f . Andere Randbedingungen (z. B. Geometrie der Rotschaufeln etc.) seien konstant. Dann wird der übertragene Gesamtimpuls, der letztlich den Rotor in Drehung versetzt, proportional sein dem Produkt $M \cdot v \cdot f$. Wenn die Turbine schneller laufen soll, muß man Gas geben, das heißt den Impuls vergrößern. Da M und v konstant sind, bleibt nur übrig, in der Zeiteinheit mehr Kugelchen aufprasseln zu lassen.

Der Trichter hat nun aber seine eigenen Gesetze. Ziemlich gleichgültig, wie viele Kugelchen darin sind, die zeitliche Auslaufzahl wird in etwa konstant sein, wenn erst einmal eine gewisse Füllhöhe erreicht ist (vergl. Sanduhr; die Sand-Auslaufgeschwindigkeit ist auch etwa konstant). Ab einer gewissen Füllhöhe bringt also eine weitere Einspeisung von Kugelchen im Trichter keine zusätzliche Drehzahlerhöhung mehr. Dazu gibt es eine genaues Pendant im molekularen Bereich: Wenn man das Mem-

branpotential experimentell erhöht, dreht sich auch der Geißelmotor schneller. Bei einem Membranpotential von -35 mV (innen gegen außen) hat er aber seine größte Drehfrequenz – von immerhin etwa 300 Hz oder Umdrehungen pro Sekunde – erreicht. Über die rotierende Geißel schiebt der Motor die Bakteriumzelle dann mit etwa 30 bis 50 μm pro Sekunde voran. Eine weitere Potentialerhöhung erhöht die Rotationsfrequenz und damit die Schwimmgeschwindigkeit nicht weiter. Offensichtlich ist die Geschwindigkeit des Protonendurchlaufs durch die 10 bis 12 Protonenkanäle der begrenzende Faktor, nicht die Zahl der angesammelten Protonen selbst.

Aber wie erfolgt die tatsächliche Impulsübertragung? Pro Umdrehung müssen etwa 1000 Protonen durch maximal 12 Protonenkanäle wandern. Eine Theorie (Läuger 1988, Abb. 5A) geht von negativ geladenen Liganden in den Wänden der beiden Halbkanäle aus, an denen sich die positiv geladenen Protonen „entlanghangeln“. Die Statorliganden sind relativ zu den Rotorliganden geneigt. Der nach innen gerichtete Protonengradient erzeugt nun durch die räumlich und zeitlich sich ändernde Wechselwirkung zwischen Protonen und schräg stehenden Ligandenreihen ein Drehmoment. Die Umkehr der Drehrichtung soll dadurch geschehen, daß über die Fli-Proteine des C-Rings (Abb. 3) eine Konformationsänderung am MS-Ring eingestellt wird, wodurch die Ligandenneigung in Gegenrichtung umklappt (Abb. 5A, unten). Wie gesagt: ein Denkmodell, das Turbinenmodell.

Eine andere Theorie (Meister et al. 1988, Abb. 5B) rechnet mit der Brown'schen Molekularbewegung als eigentlichen Antrieb. Die Statorkomplexe sind elastisch aufgehängt. Sobald die Molekularbewegung einen solchen Komplex über eines der auf dem Rotor haftenden Protonen eingeschaukelt hat (und dabei die elastische Aufhängung etwas gedehnt hat), wird das vorher aufgenommene Proton aus dem Gegenkanal abgegeben; die elastische Dehnung kann sich nun ausgleichen und dadurch den Rotor um einen Protonenabstand weiterdrehen. Die Richtungsumkehr würde hierbei durch konformatives Vertauschen der beiden Halbkanäle bewerkstelligt werden. Nach dieser Theorie erfolgte die Drehung in Einheitsschritten, entsprechend einem modernen Schrittschaltmotor. Auch das ist natürlich nur ein Denkmodell, das „Elementarschrittmodell“.

Treibstoff für den Rotationsantrieb

Jeder Motor benötigt Treibstoff, ein Automotor Benzin, die Flugmuskeln eines Zugvogels Fett. Was ist der Treibstoff für den Rotationsantrieb?

Wir sagten, die treibende Kraft sei ein Protonengradiant. Das bedeutet: Positiv geladene Wasserstoffteilchen (H^+) werden auf einer Seite einer Membran angehäuft. Beim Durchlaufen von Kanälen zur Seite der geringeren Konzentration können sie dann Arbeit leisten. Zwei Fragen erheben sich: Ist das etwas ganz Besonderes? Und: Wie kommt ein solcher Gradient zustande?

Der Aufbau eines Gradienten geladener Teilchen – mit anderen Worten: einer Konzentrationsdifferenz zwischen zwei Volumina, die durch eine für Teilchen partiell durchlässigen Membran getrennt sind – gehört zum Grundrepertoire lebender Systeme.

Betrachten wir die Photosynthese. Durch die Energie einstrahlenden Sonnenlichts wird Wasser im Inneren von flachen Membransäckchen (Thylakoide in den Chloroplasten) in Protonen, Elektronen und Sauerstoff gespalten (Abb. 6A). Im Inneren reichert sich also H^+ an. Während die Protonen durch Poren nach außen (in Richtung geringerer Konzentration) drifteten, können sie Arbeit leisten, nämlich die „Energieakkus des Lebens“ aufladen, das heißt, ATP (Adenosintriphosphat)-Moleküle aus energieärmeren Vorstufen ($ADP + P$) aufzubauen (Abb. 6A).

Beim Geißelantrieb der Bakterien ist es umgekehrt: H^+ ist außen in größerer Konzentration vorhanden und tendiert folglich dazu, ins Innere zu strömen (Abb. 1; Abb. 6B). Die freigesetzte Energie wird hier nicht erst in einem energiereichen Molekül gespeichert, sondern in der angedeuteten Weise direkt in Rotationsenergie umgesetzt.

Die Nervenzellmembran sorgt dafür, daß Natriumionen Na^+ außen angehäuft werden. Eine kurzfristige Umpolung lässt sie in Richtung des Konzentrationsgefälles nach innen strömen (Abb. 6C) und dadurch einen Vorgang antreiben, nämlich die Erzeugung eines Nervenimpulses oder Aktionspotentials. Jedes Aktionspotential kostet eine gewisse Energiemenge. Ein evakuierter Stahlkessel lässt Luft einströmen, die über eine kleine Turbine einen Dynamo zur Stromerzeugung antreiben könnte (Abb. 4C).

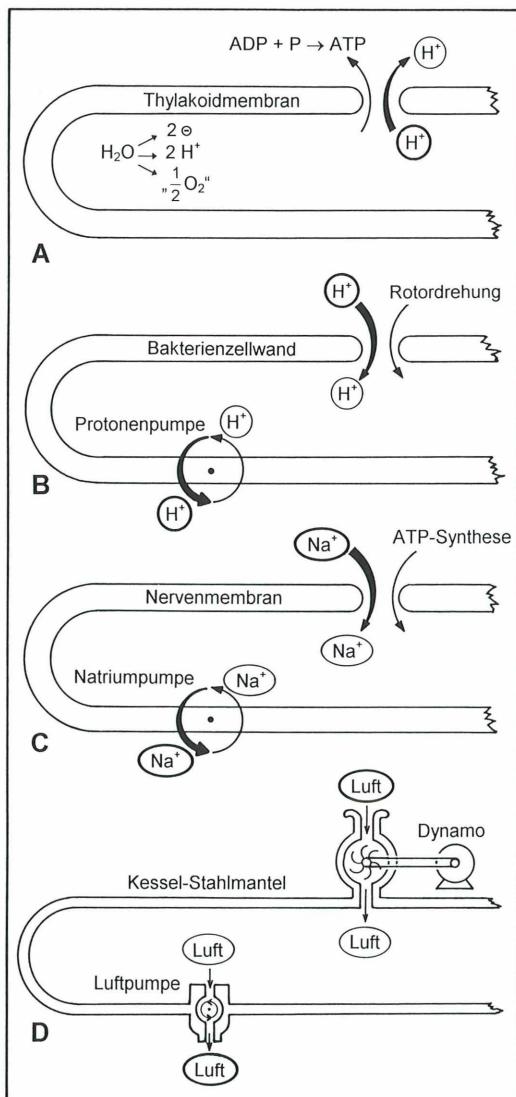


Abb. 6: Ionengradienten und Arbeitsleistung.
A Teil der Primäreaktion der Photosynthese.
Photosynthesen-H⁺-Gradient. **B** Bakterien-H⁺-Gradient.
C Nervenzellmembran-Na⁺-Gradient.
D Pumpen-Luftmoleküle-Gradient. A Nach Nachtigall (1977).

In jedem Fall kann über den Ausgleich eines Konzentrationsgradienten (H^+ , Na^+ , Luft etc.) Arbeit geleistet werden. Der Aufbau solcher Konzentrationsgradienten kostet aber Energie – sonst wäre das System ja ein perpetuum mo-

bile. Man benötigt in entsprechender Weise eine H⁺-, Na⁺- oder Luft-Pumpe. Die beiden erstgenannten Pumpen sind Strukturen der Zellmembran, die ihre Energie aus dem Stoffwechsel bezieht. Die Pumpe könnte ihre Energie aus dem Stromnetz oder von einem Verbrennungsmotor beziehen.

Letztendlich muß man also erst einmal Energie hineinstecken, um einen Teil davon in nutzbare Arbeit umzusetzen. So muß auch der Bakterienmotor zuerst Stoffwechselenergie einsetzen, bevor er einen Teil davon in mechanische Arbeit zur Rotordrehung umsetzen kann. Die Art, wie er dies tut, ist nichts Ungewöhnliches, sondern beinhaltet ein Grundprinzip des Lebens. Es kommt auch nicht darauf an, gerade einen elektrochemischen Protonengradienten zu nutzen, wie *Escherichia coli* das tut. Es geht beispielsweise auch mit einem entsprechenden Natriumionen-Gradienten, wie es alkalophile Bakterien vormachen. Im Ausgleich eines geeigneten, durch vorheriges Energie-Hineinstecken aufgebauten Gradienten steckt per se die Fähigkeit, Arbeit zu leisten.

Das bisher Gesagte gilt jedenfalls für das direkte, molekulare Niveau. Indirekt könnte man freilich sagen, Treibstoffe für den Bakterienmotor stellen auch Kohlenhydrate und Fette dar, je nachdem, was im Stoffwechsel abgebaut wird. Auch beim langstreckenfliegenden Vogel wird die chemomechanische Umwandlung, die zur Muskelkontraktion führt, durch die Entladung vorher aufgeladener ATP-Akkus gespeist, obwohl letztendlich Fett abgebaut wird.

Wie setzt die schraubig gedrehte Bakteriengeißel die Drehung in Vortrieb um?

Das ist nun eine ganz andere Frage, die ich hier nur aufwerfen kann, für deren Beantwortung heute aber noch nicht genügend viele Daten vorhanden sind. Das freischwimmende Bakterium erzeugt durch seine rotierende Geißel eine Vortriebskraft. Heftet es sich fest und rotiert die Geißel weiter, so erzeugt es einen Strömungstrichter, in dem Partikel herangestrudelt werden können.

Was hat ein Bakterium von seiner Beweglichkeit und wie nutzt es sie?

Bei näherem Nachdenken finden sich eine ganze Reihe von Vorteilen gegenüber unbe-

weglichen (oder eben nur passiv beweglichen) Formen. Begeißelte Bakterien können aktiv günstige Umfeldbedingungen aufsuchen und/oder ungünstige vermeiden. Sie können auf externe Reize (Licht/Dunkel-Lockstoff/Schreckstoff: Phototaxis-Chemotaxis) reagieren. Sie können sich nach zufälligem Steckenbleiben „freistrampeln“ und sie können auch gezielt Membranen durchstoßen und so in Zellen eindringen; damit erhöht sich ihre Pathogenität. *Escherichia* schwimmt bei gerichteten Bewegungen (Taxien) eine Zeitlang mehrminder gerade. Mehrere Filamente benachbarter Motörchen verwirbeln sich dann zu einem Filamentbündel, das sich in sich dreht. Die leicht abgewinkelten und elastischen Haken des Geißelapparats ermöglichen diesen Mechanismus erst. Nach kurzer Zeit stoppt das Bakterium. Der Geißelmotor läuft anders herum, die Filamente entzwirbeln sich und wirken nun als Bremsen. Gleich darauf setzt der normale Vortrieb (in zufälliger Richtung) wieder ein. So entsteht eine Zickzackbahn. Bei Chemostimulation verlängern die Bakterien die Normalphasen und reduzieren die Richtungswechselphasen. Im Endeffekt gelangen sie so durch Versuch und Irrtum besonders rasch zur Reizquelle hin. Für ein solches Verhalten braucht sie eine Umschalteinrichtung, die Fli-Proteine des C-Rings.

Die Natur lässt sich aber nicht in ein Schema pressen. Bodenbakterien der Art *Rhizobium meliloti* besitzen die Fli-Proteine des C-Rings nicht und können deshalb die Drehrichtung des Vortriebsapparats nicht umstellen. Trotzdem können sie in ähnlicher Weise agieren. Wenn sich die Flagellen benachbarter Rotationsmotörchen mit gleicher Winkelgeschwindigkeit ω drehen, resultiert Bündelung und Normalschwimmen; bei unterschiedlichen ω zerfallen die Bündel, und es kommt zum Abbremsen (Götz und Schmitt 1987).

Literaturhinweise

- Götz, R., Schmitt, R.: *Rhizobium meliloti* swims by unidirectional, intermittent rotation of right-handed flagellar helices. *J. Bacteriol.* 169, 3146–3150 (1987).
- Läuger, P.: Torque and rotation rate of the flagellar motor. *Biophys. J.* 53, 53–66 (1988).
- Meister, M., Caplan, S. R., Berg, H. C.: Dynamics of tightly coupled mechanism for flagellar rotation. *Biophys. J.* 55, 905–914 (1989).
- Nachtigall, W.: Funktionen des Lebens. Hoffmann und Campe, Hamburg 1977.

Schmitt, R.: Molekularer Propeller: Bakterien-geißeln und ihr Antrieb. BIUZ 27, 40–47 (1997).

Hinweis und Danksagungen

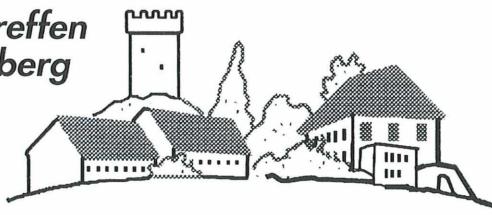
Eine weitergehende, allgemeinverständliche Darstellung der hier besprochenen Zusammenhänge hat Schmitt (1997) vorgelegt. Dort findet sich auch weiterführende Literatur.

Ich danke Frau A. Gardezi für das Zeichnen der Abbildungen und Frau I. Stein für das Schreiben des Textes.

Verfasser: Prof. Dr. Werner Nachtigall,
Zoologisches Institut, Universität des Saarlandes,
D - 66041 Saarbrücken.

Nachricht

5. Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg



Zum 5. Mal in Folge, in der Zeit vom 28. April 1997 bis 3. Mai 1997, sind in diesem Jahr wieder mehr als 20 Mikroskopiker aus allen Teilen des Bundesgebietes, aus Österreich und der Schweiz zum Wohldenberg gekommen, um unter der Leitung von Karl Brügmann dem gemeinsamen Hobby, der Mikroskopie, zu frönen. Nach diesen fünf erfolgreichen Veranstaltungen sind die Wohldenberg-Treffen in der Mikroskopierszene zu einer Institution geworden, bei der die konsequente Beschränkung auf bestimmte Arbeitsbereiche bisher mehr Beifall gefunden hat, als ursprünglich vermutet wurde. Den weitaus größten Raum nimmt dabei die Histologie mit der Herstellung und Diskussion von botanischen und zoologischen Dauerpräparaten ein. Dem Wunsche von Herrn Brügmann entsprechend sollen sich durch diese Spezialisierung die Wohldenberg-Treffen von anderen Mikroskopieveranstaltungen abgrenzen.

Gründliche Kenntnisse vom mikroskopischen Bau der pflanzlichen und tierischen Gewebe sind Voraussetzung zum Verständnis vieler Lebensfunktionen. Um den verwickelten Bau von Organen durch die Histologie zu ergründen, reichen einfache Handschnitte meist nicht aus, sondern es müssen Dünnabschnitte mit dem Mikrotom hergestellt werden. Da nicht jeder Mikroskopiker, der sich für diesen Bereich interessiert, ein Mikrotom zur Verfügung hat, wird es von den Teilnehmern der Wohldenberg-Treffen sehr begrüßt, daß Herr Brügmann eine Fülle sehr sorgfältig hergestellter Mikrotomschnitte von botanischen und zoologischen Geweben mitbringt, die dann gemeinsam zu schönen Dauerpräparaten weiterverarbeitet werden. Die einzelnen Arbeitsgänge und Methoden sind so abgestimmt, daß sie auch zu Hause ohne Schwierigkeiten nachvollzogen werden können. Besonders das individuelle Färben mit verschiedenen Mehrfachfärbungen findet großen An-



Abb. 1: Teilnehmer des Wohldenberg-Treffens 1997.



Abb. 2: Blick in den Mikroskopiersaal.

klang, und bei einem gelungenen Präparat ist die Freude über die vielen sichtbaren Einzelheiten groß. Alle Präparate werden über eine am Mikroskop angebrachte Videokamera auf den Monitor übertragen und können so gemeinsam diskutiert werden. Der Firma Olympus und ihrem Anwendungsberater Herrn Matthias Ernst sei an dieser Stelle für die freundliche Unterstützung herzlich gedankt.

Eine besondere Spezialität sind auch die Gesteinsdünnschliffe von Wilfried Latz, der einen sehr eindrucksvollen Granit soweit vorbereitet hatte, daß nach einer halben Stunde Schleifarbeiten jeder ein dekoratives Präparat besaß, das besonders im polarisierten Licht seine ganze Schönheit entfaltet. Herr Brügmann hatte noch Schlitte von menschlichen Zähnen dabei, die sozusagen eine Brücke schlugen zwischen der Histologie und der Mineralogie. Da auch das Dünnschliffen von Gesteinen zu einem festen Programm Punkt der Wohldenberg-Treffen gehört, haben die Teilnehmer inzwischen schon eine kleine Sammlung von ausgezeichneten Mineralschliffen.

Auch das Plankton kommt auf dem Wohldenberg nicht zu kurz; Michael Butkay hatte sehr interessantes Material dabei, und die Fischteiche in Derneburg, erwandert über den Laves-Kulturfad, brachten reiche Beute. Dank der guten Fachkenntnisse von Michael Butkay blieben kaum noch Fragen offen, und fast alle Funde konnten eindeutig bestimmt werden. Für alle, die von Algen oder anderen Kleinlebewesen gern Dauerpräparate hätten, führte Herr Friedrich Thormann die Präparation von Algen anhand einer bereits gefärbten und in Glycerin über-

führten Kultur von *Pandorina* im sogenannten Doppeleckglasverfahren vor.

Die traditionelle Exkursion führte in diesem Jahr nach Hannover zur Medizinischen Hochschule. Dort wurde von den Herren Dr. Andreas Gebert und Gerd Preiß die Raster-Elektronenmikroskopie (REM) sehr verständlich vorgeführt. Als Objekte dienten außer Elektronikbauteilen auch Spinnen, Flöhe und Zecken, die in der REM-Darstellung wie furchterregende Monster aussahen. Die Teilnehmer hatten Gelegenheit, selbst die verschiedenen Bedienelemente der komplizierten Geräte zu betätigen, so daß sie einen guten Eindruck von den technischen Möglichkeiten bekamen.

Wenn nach dem Abendessen nicht noch gefärbt wurde, konnte die Zeit frei gestaltet werden mit Dia-Vorführungen und anregenden Diskussionen. Ein Abend war dem traditionellen Grillen auf der großen Hausterrasse vorbehalten, zu dem es das berühmte Mai-Bockbier aus Einbeck gab. Auf einer reichhaltigen Tauschbörse wechselte so manches Mikrozubehör seinen Besitzer und erfüllte damit vielleicht einen lang gehegten Wunsch.

Besonders zu danken ist auch Richard Jähner, der für alle Teilnehmer bayrische Weißwurst, Brezeln und Weizenbier direkt vom Bodensee mitbrachte.

Nach einem kleinen Test mit Preisen am Samstagvormittag und einer Aussprache mit „Manöverkritik“ ging das 5. Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg zu Ende mit der Vorfreude auf weitere Zusammenkünfte an gleicher Stelle.

Friedrich Thormann, Sulzbach

Kurze Mitteilung

Pilzkur für Bäume

Mykorrhiza („Pilzwurzel“) nennt man die besonders innige und ökologisch bemerkenswert folgenreiche Verknüpfung bestimmter Pilzarten mit den Feinwurzeln von Blütenpflanzen. Fast 90 Prozent aller Landpflanzen besitzen solche „Fußpilze“, die ihnen den Stoffaustausch mit dem umgebenden Boden wesentlich erleichtern. Insbesondere für Waldbäume ist die Vergrößerung des jeweiligen Wurzelraums zur Aufnahme und Nutzung mineralischer Bodenressourcen über die angeschlossenen, sehr weitreichenden Pilzgeflechte der Mykorrhiza unentbehrlich.

Jan Lelley und sein Team von der Versuchsanstalt für Pilzanbau (Krefeld) der Landwirtschaftskammer Rheinland haben nun in jahrelanger Forschung erstmals ein Verfahren zur Praxisreife entwickelt, bei dem man eine gezielte Beimpfung mit leistungsstarken, labor-

kultivierten Mykorrhizapilzen vornimmt. Damit läßt sich die Vitalität von Baumsämlingen bereits im Saatbeet wesentlich verbessern. Beachtliche Erfolge zeigte in den Versuchsserien auch die Verwendung vorkultivierter Mykorrhizen bei der Aufforstung versauerter Problemstandorte beispielsweise im Bergischen Land oder die Unterpflanzung von schlecht wachsenden Altbeständen mit Mykorrhiza-Depotsämlingen. Aussichtsreich erscheint ferner die gezielte Mykorrhiza-Therapie von Einzelbäumen, darunter gestreifter Straßenbäume oder wertvoller Baumveteranen (Naturdenkmäler).

J. Lelley et al.: Die Mykorrhiza. Selbstverlag der Landwirtschaftskammer Rheinland, Krefeld 1994.

B. P. Kremer, Redaktion MIKROKOSMOS

Mikroblitzfotografie mit einfachen Mikroskopen – ein Bauvorschlag

Hans-Jürgen Voß und Erich Saake

Die fotografische Dokumentation lebender Plankton- oder Mikroorganismen ist ein reizvolles Arbeitsgebiet für den engagierten Amateurmikroskopiker. Im MIKROKOSMOS sind daher schon oft Beiträge veröffentlicht worden, die sich mit der Einsatzmöglichkeit von Blitzgeräten zur Mikrofotografie bewegter Objekte befassen. Die Palette der Beiträge umfaßt dabei optisch und technisch hochwertige Blitz-Doppelreflektor-Systeme (Steinkohl, 1992) bis hin zu Einspiegelungstechniken, bei denen das Blitz- und Beobachtungslicht nach den Köhlerschen Regeln eingestellt werden kann (Stahlschmidt, 1991). Die meisten Bauvorschläge setzen dabei eine in den Mikroskopfuß fest eingebaute Beleuchtungseinrichtung voraus (Saake, 1979) oder sind entweder mit dem Umbau des Blitzgerätes oder mit einem Eingriff in den Beleuchtungsstrahlengang des Mikroskops verbunden (Kaufmann, 1980; Seifert, 1976). Und so mancher Mikroskopiker, der vielleicht noch mit einem einfachen Stativ mit Beleuchtungsspiegel arbeitet, kann daher diese Anregungen nicht realisieren.

Wir wollen mit unserem Beitrag eine Anregung für gerade diejenigen Mikroskopiker geben, die (noch) über ein einfaches Stativ mit Beleuchtungsspiegel und separater Mikroskopleuchte verfügen, damit auch sie sich den Bereich der Vitalfotografie kleinsten Lebewesen erschließen können. Unser Vorschlag ist aber auch für jene Mikroskopiker interessant, die über ein Gerät mit einer in den Fuß einsteckbaren (Netz-)Leuchte oder einem einsteckbaren Spiegel verfügen, so daß nach Entfernen der Leuchte (bzw. des Spiegels) eine entsprechend große Öffnung im Fuß verbleibt.

Der Aufbau

Die gesamte Einrichtung besteht aus einer Grundplatte aus 10 mm starkem Sperrholz zur Befestigung des Blitzgerätes und des Blitzlichtreflektors sowie einer darüber angeordneten Stativplatte (ebenfalls Sperrholz, 10 mm), die das Mikroskop und den Beleuchtungslichtreflektor trägt. Die Mikroskopbeleuchtung kann an der Grundplatte, aber auch – je nach Ausführung – an der Stativplatte befestigt werden. Die Abmessungen der Grund- und Stativplatte richten sich im wesentlichen nach der Ausführung des Mikroskopstatisvs, dem ver-

wendeten Blitzgerät und der Beleuchtungseinrichtung; bei sorgfältiger Vorplanung kann die Grundplatte so klein wie unbedingt nötig gehalten werden (Abb. 1–3).

Zunächst wird der Blitzlichtreflektor hergestellt: Mit einer Gehrungssäge sägt man sich einen kleinen, 45° neigenden Holzklotz zurecht, an dem die Reflektorplatte befestigt wird. Die Reflektorplatte besteht aus (dünnem) Sperrholz und ist mit Alufolie beklebt, die zuvor über Schmirgelpapier größerer Körnung ausgewalzt wurde (Nudelholz o. ä. verwenden). Dadurch erhält die Alufolie eine feine Körnung und sorgt über diese Maßnahme für eine größtmögliche und vor allem homogene Reflexion des Blitzlichtes. Das Blitzgerät sollte so nah wie möglich vor dem Reflektor angeordnet werden. Zwei seitliche Führungsleisten verhindern ein Verrutschen; zur Befestigung reichen Gummibänder, die an den Führungsleisten an seitlich herausstehenden Schraubenköpfen befestigt werden können (Abb. 4).

Über Blitzgerät und Blitzlichtreflektor wird nun die Stativplatte mittels Gewindestangen und Hutmuttern möglichst niedrig angebracht, wobei darauf zu achten ist, daß die Bedienelemente und die Stromzuführung des Blitzgerätes noch gut zugänglich sind. Damit das reflektierte Blitzlicht in den Strahlengang des Mikroskops eintreten kann, muß mittels ei-

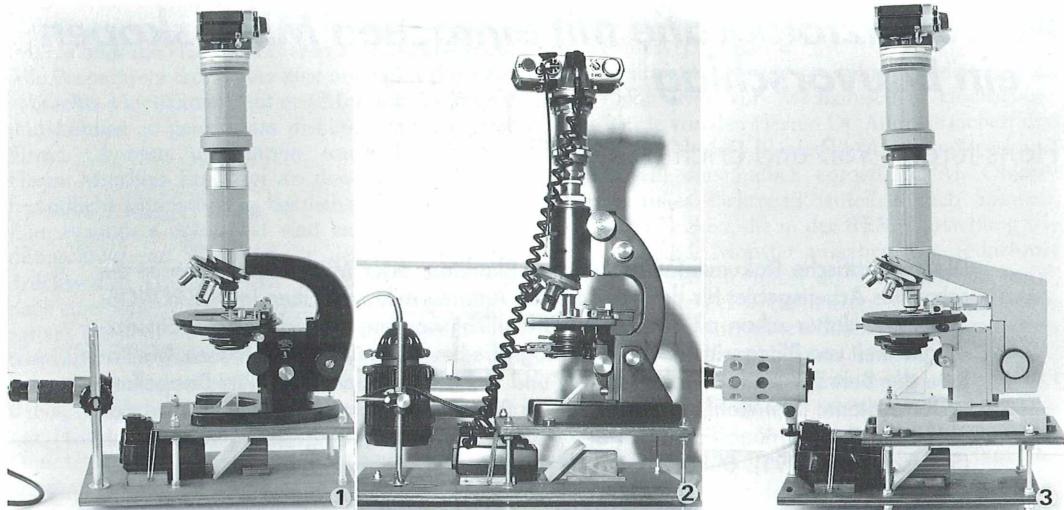


Abb. 1–3: Die mikrofotografische Einrichtung an einfachen Labor- und Kursmikroskopen. Sowohl die Grund- als auch die Stativplatte sind den jeweiligen Mikroskopstativen und Beleuchtungseinrichtungen angepaßt. – Abb. 1: Ausführung mit einem Vorkriegsmodell der Firma Carl Zeiss, Jena. – Abb. 2: Ausführung mit einem Kursmikroskop mit klassischem Hufeisenfuß der Firma Meopta, Prag aus dem Jahre 1972. – Abb. 3: Ausführung mit einem russischen Stativ der Firma Lomo. Der Beleuchtungs- spiegel wird an diesem Stativ mit einer kreisrunden Platte in den Fuß eingesetzt.

ner Lochkreissäge (Bohrmaschine) ein entsprechend groß dimensioniertes Loch in die Stativplatte gesägt werden. Die optische Achse des Mikroskops wird nun auf den Mittelpunkt der Blitzreflektorschreibe hin zentriert. Dazu markiert man mit wasserlöslichem Faserschreiber den Mittelpunkt der Reflektorschreibe, steckt – wenn vorhanden – ein Fadenkreuzokular in den Tubus und versucht durch Absenken des (ebenfalls zentrierten) Kondensors bei schwachem bis mittelstarkem Objektiv den Mittelpunkt der Reflektorschreibe in das Zentrum des Sehfeldes zu bekommen. Man verschiebt daher entweder das noch nicht endgültig positionierte Mikroskop oder die noch nicht befestigte Reflektoreinrichtung. Die zentrierte Stellung des Mikroskopstativs wird mit Bleistift auf der Stativplatte markiert; dann kann das Mikroskop befestigt bzw. gegen ein Verschieben gesichert werden. Das Mikroskop sollte – sofern dies technisch möglich ist – mit dem Fuß an der Stativplatte festgeschraubt werden, andernfalls muß man versuchen, das Mikroskop mittels Kunststoffanschlagköpfen (Schrankfachträger) gegen ein Verrutschen zu sichern. Es empfiehlt sich in diesem Zusammenhang, die Stativplatte

zunächst als „Probestück“ aus starker Pappe anzufertigen, um daran die endgültigen Abmessungen, Lage und Durchmesser der Lichtdurchtrittsöffnung sowie die Position des Mikroskopfußes festzulegen.

Zur Einspiegelung des Beobachtungslichtes verwendet man ein Diaglas, das unter einem Winkel von 45° auf einem aus Plexiglas gefertigten Träger ruht (Abb. 5). Der Beleuchtungsreflektor wird anstelle des Spiegels oder Leuchte über der Blitzlichtaustrittsöffnung der Stativplatte angeordnet und ebenfalls nach der oben beschriebenen Methode zentriert. Der Reflektor kann mit Klebstoff oder Schrauben an der Stativplatte über der Blitzlichtaustrittsöffnung befestigt werden. Für die Ausführung des Reflektors können keine verbindlichen Angaben gemacht werden, da diese sich nach den Abmessungen und Formen des Mikroskopfußes richten und daher ganz individuell sein können.

Die Grundplatte als auch die Stativplatte kann die Mikroskopbeleuchtung aufnehmen. Dazu wird die Leuchte an eine Gewindestange befestigt, die innerhalb eines in die Platte gesägten Schlitzes seitlich verschiebbar angeordnet ist,

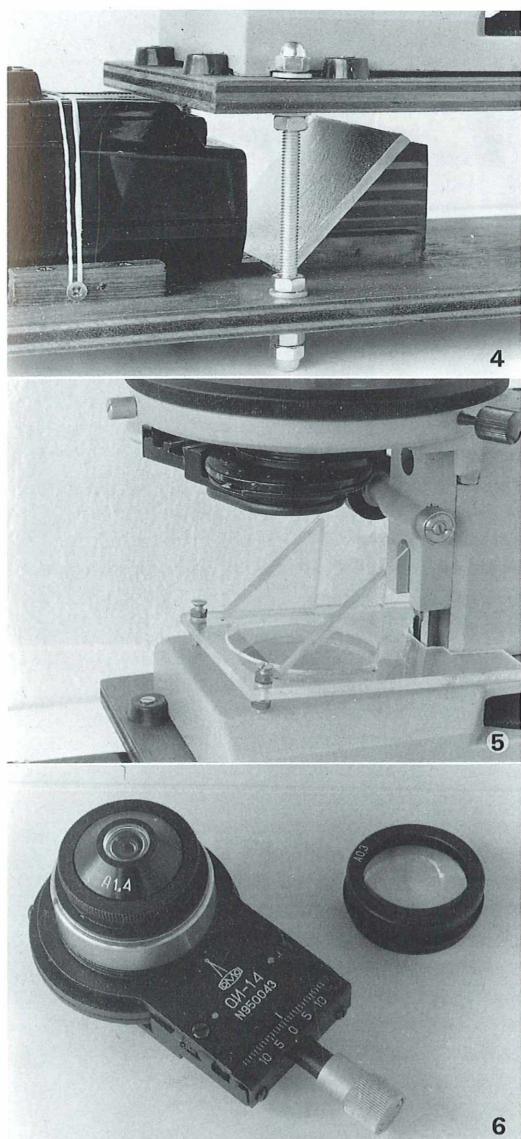


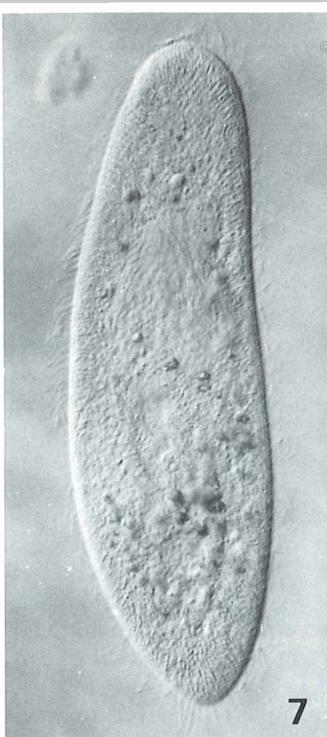
Abb. 4: Der Blitzlichtreflektor mit gekörnter Alufolie und dicht davor angeordnetem Blitzgerät. Die Befestigung der Stativplatte mittels Gewindestange und Hutmuttern ist gut zu erkennen. – **Abb. 5:** Der Beleuchtungslichtreflektor aus Diaglas und Plexiglasrahmen. Der Rahmen ist an die Gegebenheiten des Fußes angepaßt. – **Abb. 6:** Der Kondensor nach Abbe/König der Firma Lomo mit dreh- und dezentrierbarer Irisblende zur Erzielung von schiefer Beleuchtung.

so daß die Lampe sowohl vertikal als auch horizontal zur optimalen Lichteinspiegelung verschoben werden kann.

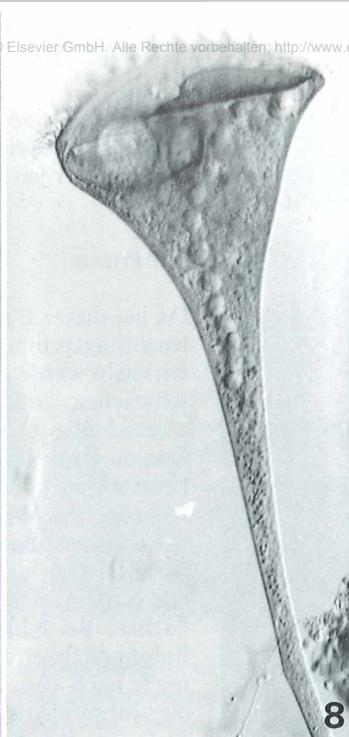
Zur Praxis

Da bei dieser Einrichtung das Köhler'sche Beleuchtungsprinzip für das Blitzlicht nicht verwirklicht werden kann, sollte beim Einsatz von schwachen und mittleren Objektiven eine Mattscheibe in den Filterhalter eingelegt werden, die dann als sekundäre Lichtquelle für das Beobachtungs- und für das Blitzlicht fungieren kann. Bei der Verwendung schwächerer Objektive ($1\times!$) ergeben sich durch die homogene Ausleuchtung des Objektfeldes Möglichkeiten zur fotografischen Abbildung großer Objektflächen. Bei Filmen mit geringer bis mittlerer Empfindlichkeit reicht die Stärke des Blitzgerätes je nach dessen Leitzahl aus, auch mit Immersionsobjektiven höherer Apertur zu fotografieren. Bei der Höheneinstellung des Kondensors muß stets darauf geachtet werden, daß keine Abbildung des Blitzlichtreflektors (gekörnte Alufolie) im Präparat sichtbar wird!

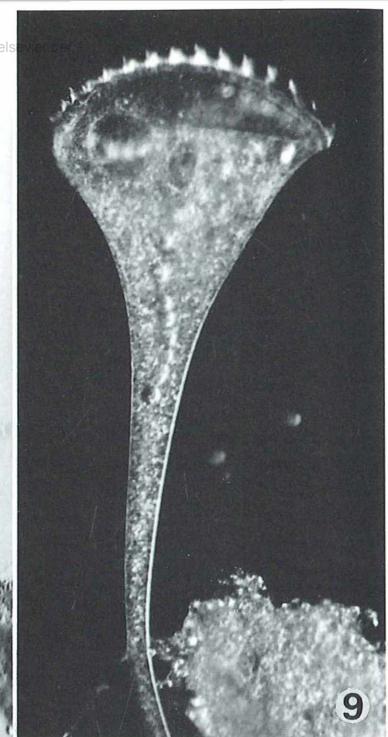
In diesem Zusammenhang wollen wir dabei auch auf einen Kondensor der russischen Firma Lomo zur Erzielung von schiefer Beleuchtung hinweisen (Abb. 6). Der „Kondensor nach Abbe/König“ ist ein nach Zeiss'schem Vorbild aus den frühen 30er Jahren hergestellter Hellfeldkondensor mit dreh- und dezentrierbarer Irisblende und ist damit zur Erzeugung einer optimalen, d. h. der jeweiligen Objektivapertur angepaßten schießen Beleuchtung ideal geeignet. Mit einer Kondensorapertur von 1,4 ist er selbst für Immersionsobjektive höherer Apertur verwendbar; die Frontlinse kann abgeschraubt und durch eine Linse der Apertur 0,3 ersetzt werden, so daß auch Objektfelder von schwächeren Objektiven optimal ausgeleuchtet werden können. Bei mittleren Objektiven kann die Dezentrierung der Blende bis zur Erzielung eines Dunkelfeldes übertrieben werden. Als Faustregel für die Mikrofotografie gilt, daß man die Blende höchstens bis zum Eintritt einer (mit dem Auge wahrnehmbaren) einseitigen Gesichtsfeldabschattung dezentrieren sollte. Der Kondensor kann in alle Mikroskope mit einer in der Höhe verstellbaren Kondensorhalterung von 37,0 mm Steckdurchmesser eingesetzt werden, wobei zur Einstellung der exakten Köhler'schen Beleuchtung aber zu prüfen ist, ob



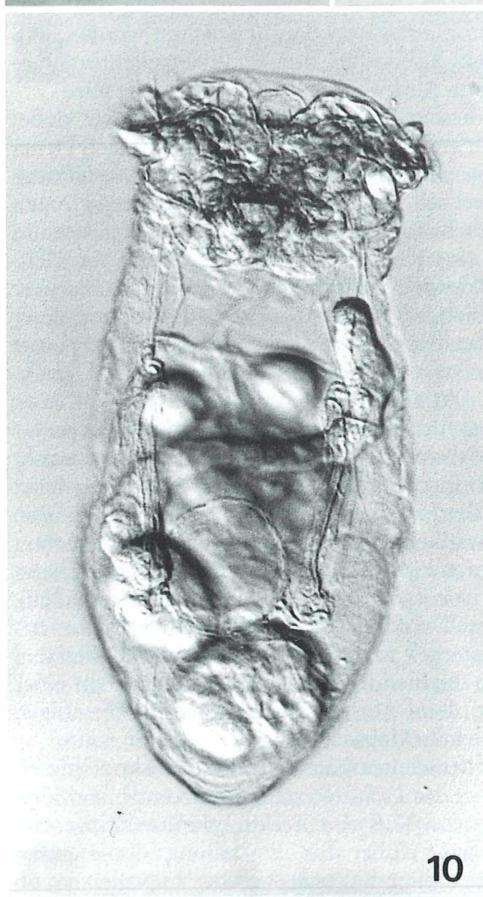
7



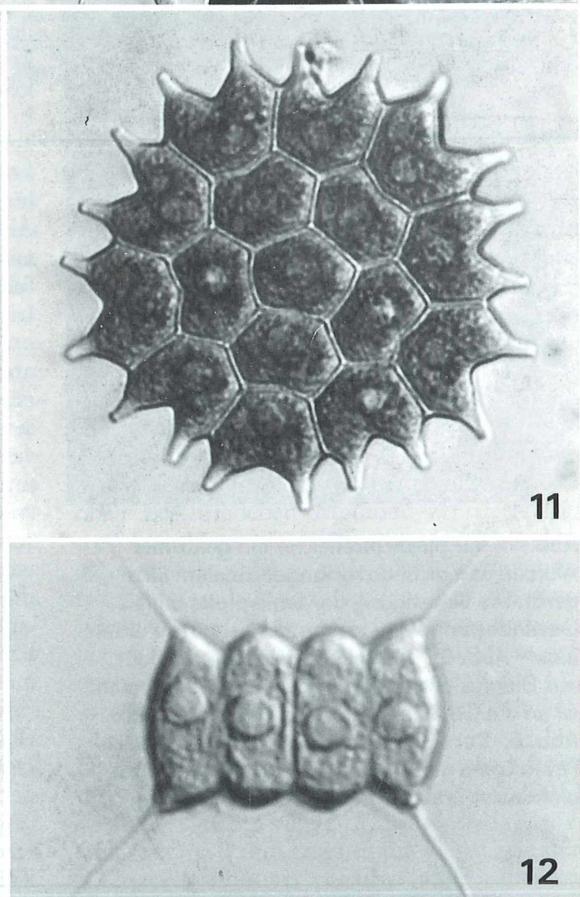
8



9



10



11



12

◀ **Abb. 7-12: Bildbeispiele, die mit der in Abb. 2 dargestellten Einrichtung unter Verwendung des Kondensors nach Abbe/König aufgenommen wurden.** – Abb. 7: *Paramecium caudatum*, Achromat 20×. Abb. 8: *Stentor coeruleus*, Achromat 6×. – Abb. 9: *Stentor coeruleus*, die schiefe Beleuchtung wurde bis zur Dunkelfeldeinstellung übertrieben; Achromat 6×. – Abb. 10: Rädertier *Asplanchna spec.*, Achromat 6×. – Abb. 11: Grünalge *Pediastrum boryanum*, Achromat 20×. – Abb. 12: Grünalge *Scenedesmus quadricauda*, Achromat 40×.

der Kondensor auch hoch genug gefahren werden kann. Viele Mikroskope besitzen unterhalb des Objektisches eine verstellbare Anschlagschraube für den Kondensor bzw. Kondensorträger, die sich unter Umständen noch verstetzen läßt. Für Fremdmikroskope, bei denen der Kondensorwechsel mittels Ringschwalbe oder Schwabenschwanzführung geschieht, läßt sich der Kondensor nicht verwenden. Bei Mikroskopen mit anderen Kondensordurchmessern kann es zu Anpassungsproblemen kommen, die für Bastler aber nicht ganz unüberwindbar sein sollten: Im Durchmesser zu große Halterungen lassen sich gegebenenfalls mit einem Zwischenring verkleinern, bei zu kleinen Halterungen muß die Kondensorrhülse abgedreht bzw. abgeschliffen werden, was insofern unproblematisch ist, da sich die Hülse leicht abschrauben läßt. In Kombination mit der beschriebenen Mikroblitzeinrichtung ergeben sich daher auch für Mikroskope einfacher Bauart reizvolle Mikrofotografiemöglichkeiten.

Ausblick

Die beschriebene Einrichtung läßt sich mit etwas bastlerischem oder handwerklichem Geschick leicht realisieren; sie erfordert keinen

Eingriff in das Blitzgerät, so daß man das Blitzgerät weiterhin für die konventionelle Fotografie nutzen kann. Bei entsprechenden Mikroskopstativen kann die Grundplatte und damit die Dimension der kompletten Einrichtung so klein gehalten werden, daß die gesamte Anordnung beispielsweise zu mikroskopischen Kurssen an biologischen Stationen in einer Fototasche mitgeführt werden kann. Sie eignet sich aufgrund der Einfachheit im Aufbau gut für biologisch-mikroskopische Arbeitsgemeinschaften an Schulen oder auch in Naturschutzverbänden, die mit einfachem Kursgerät und wenig materiellem und finanziellem Aufwand zu präsentationsfähigen Fotos von lebenden Mikroorganismen kommen wollen.

Literaturhinweise

- Bormann, E. und Saake, E.: Der Computerblitz als Hochleistungsgerät für die Mikrofotografie. *Mikrokosmos* 68, 188–190 (1979).
 Kaufmann, M.: Ein stufenlos regelbarer Mikroblitz. *Mikrokosmos* 69, 86–89 (1980).
 Saake, E.: Mikroblitzfotografie mit einfachsten Mitteln. *Mikrokosmos* 65, 58–61 (1976).
 Saake, E.: Mikrofotografie mit dem OM-2-Computerblitz-System. *Mikrokosmos* 68, 71–74 (1979).
 Seifert, H.-W.: Mikroblitzgerät mit Köhlerscher Beleuchtung – selbst gebaut. *Mikrokosmos* 65, 312–316 (1976).
 Stahlschmidt, J.: Der TTL-gesteuerte Elektronenblitz in der Mikrofotografie. *Mikrokosmos* 76, 9–17 (1987).
 Stahlschmidt, J.: Bau eines universellen Mikroblitzes. *Mikrokosmos* 80, 212–217 (1991).
 Steinkohl, H.-J.: TTL-Mikroblitz für Mikroskope mit angesetzter Beleuchtung. *Mikrokosmos* 81, 213–216 (1992).
 Thormann, F.: Mein selbstgebautes Mikroblitzgerät. *Mikrokosmos* 78, 155–157 (1989).
 Wiertz, B.: Eine einfache Mikroblitzeinrichtung. *Mikrokosmos* 72, 374–377 (1983).

Verfasser: Hans-Jürgen Voß, Am Dornbusch 42, D - 46244 Bottrop, und Erich Saake, Marthastraße 21, D - 44791 Bochum.

Nachricht

2. Berliner Mikroskopierwoche vom 5. bis 11. Mai 1997

Anlässlich ihres 10jährigen Bestehens veranstaltete die Berliner Mikroskopische Gesellschaft (BMG) vor den südlichen Toren Berlins in Kleinmachnow die 2. Berliner Mikroskopierwoche. Es waren 23 Teilnehmer aus dem Bundesgebiet und der Schweiz im Astron-Hotel, im ehemaligen Ost-Berlin, zusam-

mengekommen, um eine mikroskopier-intensive Zeit miteinander zu verbringen. Die Lokalität war ausgezeichnet für die geplanten Aktivitäten geeignet, gab es doch einen erfreulich großen Arbeitsraum mit genügender Bewegungsfreiheit für praktische Tätigkeiten und für Diskussionen. Unterkunft

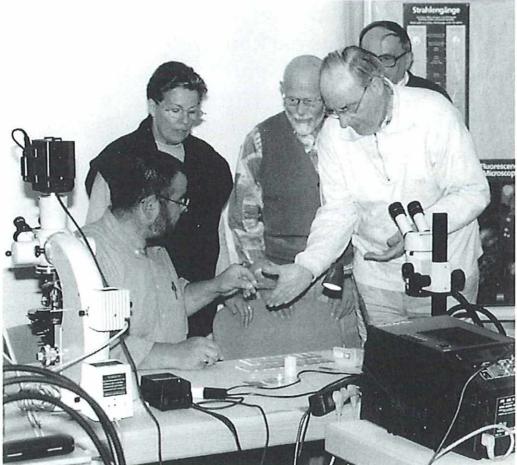


Abb. 1: Prof. Pfannenstiel verteilt Nematodenpräparate. Alle Fotos: G. Zahrt, Berlin.

und Beköstigung erfüllten die Erwartungen der Teilnehmer.

Das Programm war breitgefächert. Zur theoretischen Darbietung der verschiedenen Themen sowie zur Anleitung praktischer Tätigkeiten der Teilnehmer konnten Referenten aus den BMG-Reihen, dem Museum für Naturkunde Berlin, der Freien Universität Berlin und der Universität Potsdam gewonnen werden. So lernten die Teilnehmer es kennen, wie man Alterbestimmungen an Fischschuppen durchführt (Dr. A. Vilcinskas, FU Berlin), wie es um die Biologie und mikroskopische Anatomie von parasitischen Zecken steht (Prof. Dr. E. Schein, FU Berlin), was es Wissenswertes aus der Entwicklungsbiologie von Fadenwürmern zu mikroskopieren gibt (Prof. Dr. H.-D. Pfannenstiel, FU Berlin), welche aktuellen Erkenntnisse aus dem Bereich der Mikro-Palaöobotanik vorliegen (Prof. Dr. M. Bartel und Dr. M. Schultka, Museum für Naturkunde, Berlin), was es Grundsätzliches zu den immer wieder begeisternden



Abb. 3: Frau Dr. Bannert gibt Anleitungen zur Aufbereitung von Kotproben für mikroskopische Untersuchungen.

Bärterchen zu wissen gilt (Prof. Dr. B. Walz, Universität Potsdam), welche Raffinessen bei der künstlichen Befruchtung und den Embryotransfer bei Nutztieren angewandt werden (Prof. Dr. P. Glatzel, FU Berlin) und schließlich, wie man Kotproben von Haustieren aufbereitet, um sie auf allfällige, aber auch seltene Parasiten zu untersuchen (Dr. B. Bannert, FU Berlin).

Die Abende wurden genutzt, um im Rahmen von Dia-Vorträgen zum Beispiel Details zur Biologie spezieller Ciliaten mitzuteilen (Dr. M. Kreutz, Konstanz), um den theoretischen Hintergrund der Fluoreszenzmikroskopie aufzufrischen (Prof. Dr. K. Hausmann, BMG), oder um antike mikroskopische Instrumente erläutert und vorgeführt zu bekommen (Dr. G. Teichert, BMG), sowie um einige ältere und neuere Filme aus dem mikroskopischen Bereich anzusehen (Prof. Dr. K. Hausmann, BMG).

Keinesfalls vergessen werden sollte es, daß die Fa. Carl Zeiss Dank des tatkräftigen Einsatzes von Dr. M. Zölffel, BMG-Mitglied, vereint mit der Hilfe seines Chefs, Herrn Th. Betz, durch die kostenlose Bereitstellung von über 20 Phaco-Mikroskopen sowie zusätzlichen Fluoreszenzmikroskopen dafür gesorgt hat, daß auch optikmäßig die Teilnehmer optimal versorgt waren. Unterbrochen wurden die vielfältigen Mikroskopiertätigkeit in der Mitte der Woche durch einen gemeinsamen Ausflug in das südlich von Berlin gelegene Spreewaldgebiet mit seinem eigenartigen Kanalsystem. Die mehrstündige Fahrt in für den Landstrich typischen Stocherkähnen mit Kaffee und Kuchen wird den Teilnehmern sicherlich im Gedächtnis bleiben und sei es vielleicht auch nur deswegen, weil es doch noch etwas kühl auf dem Wasser war. Bereitgestellte Wolndecken wurden gerne entgegengenommen.

In der Retrospektive kann die 2. Berliner Mikroskopierwoche als ein gelungenes Unternehmen angesehen werden. Es bleibt abzuwarten, ob es ein Interesse an weiteren Berliner Mikroskopierwochen gibt.

Klaus Hausmann, Berlin



Abb. 2: Vor-Ort-Diskussionen.

Leeuwenhoek entdeckt die Kryptobiose

Die Untersuchungen an dem Rädertier *Philodina*

Rainer Hendel und Erich Saake

Am 25. August 1701 erregt eine Wasserpfütze in der Rinne, die eine Zisterne mit Regenwasser speist, die Aufmerksamkeit Leeuwenhoeks. Aus ihrer rötlichen Färbung schließt er auf eine Massenentwicklung von Mikroorganismen. Tatsächlich findet er die Flagellaten *Haematococcus* und *Chlamydomonas* in großer Anzahl, außerdem bdelloide Rädertiere, vermutlich *Philodina roseola*. Der 144. Brief vom 9. Februar 1702, in dem er seine Untersuchungen zusammenfaßt, ist nicht nur ein wissenschaftliches Dokument, sondern auch heute noch eine lebendige Anregung zu eigenen Beobachtungen für jeden Mikroskopiker.

382 „... Am 25. August bemerkte ich, daß in einer bleiernen Rinne, die am vorderen Teil meines Hauses angebracht ist, eine Pfütze von Regenwasser stehengeblieben war. Diese Pfütze war fast fünf Zoll lang, sieben Zoll breit und zeigte einen roten Farbton. Da mir nun der Gedanke kam, daß vielleicht jener rote Farbton seinen Ursprung roten Kleinstlebewesen verdanken könnte – eine Beobachtung, die ich schon einmal in bestimmten schlammigen Gräben gemacht hatte –, entnahm ich der Rinne soviel Wasser, wie ungefähr einen Tropfen ausmachte, beobachtete es durch das Mikroskop und entdeckte eine große Anzahl teils roter, teils grüner Kleinstlebewesen. Die umfanglichsten unter diesen Kleinstlebewesen erschienen unter dem Mikroskop nicht größer als ein dickes Sandkorn, wenn man es mit bloßem Auge ansieht, und man konnte, gewissermaßen in Stufen, immer noch kleinere erblicken. Diese Kleinstlebewesen waren zumeist rund, die grünen hatten eine gelbliche Körpermitte. Deren Körper erschienen aus Teilchen von ovaler Gestalt zusammengesetzt, außerdem waren sie mit zarten, kurzen Organen ausgestattet, die ein Stückchen aus dem runden Körper hervorragten. Mit deren Hilfe brachten sie eine Rotation ähnlich einer Achsendrehung und eine Vorwärtsbewegung zustande. Sobald sie aber stillstanden und sich ans Glas hefteten, sahen sie aus wie eine Birne mit einem recht kurzen Stiel.“ (...)

Die Hitze der folgenden Tage lässt das Wasser weitgehend verdunsten. Die Flagellaten ency-

stieren sich. Am ersten September fallen Leeuwenhoek Rädertiere auf:

383 „... Endlich entdeckte ich ein Paar lebendige Kleinstlebewesen mit länglichen Körpern, und zwar von der sehr großen Art, wie sie vor längerer Zeit von mir in Regenwasser gefunden worden waren, dem ich Pfeffer bzw. Ingwer beigemischt hatte.

Diese Kleinstlebewesen erreichten etwa die Dicke eines Haares. Doch immer, wenn Füten ihre Körper anfüllen, sind sie doppelt so dick. Der Hinterkörper läuft in eine Spitz aus. Das Körperende ist jeweils mit sechs oder acht dünnen Organen ausgestattet, mit deren Hilfe sie sich ans Glas anheften können; ebenso ist das Vorderteil des Körpers mit bestimmten Organen ausgestattet. Sobald aber diejenigen, die am Glas haften, es unternehmen, sich vorwärts zu bewegen, schieben sie die hinteren Organe auf die vorderen zu, dann strecken sie die vorderen, gewissermaßen abgelöst, weiter nach vorne: fast in der gleichen Weise, wie wir bestimmte Raupen //384 kriechen sehen. Freilich benutzen diese Kleinstlebewesen wieder andere Organe, die zu diesem Gebrauch bestimmt sind, denn sie bewegen sich ja schwimmend fort. In äußerst kurzer Zeit entdeckte ich nun sehr viele Kleinstlebewesen von dieser Art.

Die Materie, die in den Eingeweiden dieser Kleinstlebewesen enthalten war, zeigte meist eine rote Farbe. Sie kam (wie ich vermute) von den roten Kleinstlebewesen, die sie üblicherweise fressen; und dann sah ich auch einige wenige Kleinstlebewesen von dieser Art, die

keine rote Materie im Körper eingeschlossen hatten, hauptsächlich aber kleinere, die noch nicht so lange Zeit aus dem mütterlichen Uterus geschlüpft waren.“ (...)

Bald ist die Pfütze ausgetrocknet. Trotzdem beschließt Leeuwenhoek, das Sediment weiter zu untersuchen:

384 „... Am zweiten September war das Wetter erneut sehr heiß und trocken; und um die neunte Morgenstunde nahm ich eine kleine Menge von der Materie, die in jener Bleirinne lag. Sie war zum jetzigen Zeitpunkt derart ausgetrocknet, daß sie nicht einmal die halbe Dicke eines Messerrückens erreichte (diese Materie hatte in der voraufgehenden Nacht im Arbeitszimmer gelegen). Ich gab sie in ein Glasrörchen, das etwa so dick war wie der Kiel einer Schwanenfeder. Aus meiner Zisterne goß ich etwas Regenwasser hinein, in dem zwar lebendige Kleinstlebewesen, doch von kleinerer Art, schwammen. Mit dem hierin eingefüllten Wasser vermischtete ich sogleich die trockene Materie, um sie auf diese Weise aufzulösen – denn sie machte einen sehr fest zusammengepreßten Eindruck – und damit auf diese Weise //385 die lebendigen Kleinstlebewesen, sollten sie etwa in der Materie eingeschlossen sein, schnellstmöglich herauskönnen. Nie hätte ich geglaubt, daß stelle ich nicht in Abrede, daß in einer so durchgetrockneten Materie irgend ein lebendiges Kleinstlebewesen enthalten sein könnte.

Doch ich täuschte mich. Denn kaum war eine Stunde vorüber, da sah ich hundert Kleinstlebewesen der beschriebenen Art zusammen mit den bereits vorhandenen. Zum Teil hafetten sie am Glas, zum Teil bewegten sie sich am Glas entlang und zum Teil schwammen sie.

Gegen Abend stellte ich fest, daß sich mehr als dreihundert Kleinstlebewesen der beschriebenen Art zeigten, jedoch waren die meisten noch nicht ausgewachsen und außerdem waren sie so klein und ihre Körper so völlig leer von Speise, als ob sie eben erst aus dem Uterus ihrer Mutter geschlüpft wären.

Außerdem schienen mir bestimmte von den größeren je zwei, andere sogar je drei Fötten, zweifach gefaltet, in ihren Körpern eingeschlossen zu tragen.

Ziemlich häufig habe ich auch meine besondere Aufmerksamkeit auf die größeren Kleinstlebewesen gerichtet, ob ich vielleicht das Glück

hätte, zu beobachten, wann und wie sie ihre Fötten gebären. Einmal sah ich auch, wie ein Junges herauskam. Doch ich konnte die Stelle, an der es hervorgekommen war, nicht präzis erkennen, da sie ein ziemliches Stück von meinen Augen entfernt lag. Dieses Kleinstlebewesen kam schwimmend nicht weniger schnell voran als die übrigen, obwohl es den Mutterleib vor kurzem verlassen hatte.

In genau diesen Kleinstlebewesen entdeckte ich im Bereich jenes Körperabschnittes, den wir üblicherweise als die Brust bezeichnen, ein rundes Teilchen. Mit einer Geschwindigkeit, in der man kaum eine Silbe aussprechen kann, zog es sich in wechselnder Bewegung bald zusammen, bald erweiterte es sich. Ich zögerte nicht, dieses Teilchen für das Herz des Kleinstlebewesens zu halten.

Weiterhin war der obere Teil des Körpers dieser Kleinstlebewesen, //386 den man als Stelle des Kopfes ansprechen kann, gabelig gespalten. Jedes einzelne von diesen obersten Körperteilen bestand aus einem scheibenförmigen Element, das mit länglichen, äußerst dünnen Organen besetzt war. Die zeigten eine zarte, ungemein vergnüglich anzusehende Bewegung. Wer sie leichter erfassen will, sollte sich vorstellen, er sähe zwei Rädchen, die kreisförmig mit spitzen, kleinen Nadeln besetzt sind, und die bewegten sich in schnellstem Tempo von Westen über Süden nach Osten im Kreise. Jene Teile, die sich meinen Augen als Rädchen darstellten, zeigten nie eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung, also von Westen über Norden nach Osten, sooft ich sie auch beobachtete.

Diese Beobachtungen erschienen mir desto staunenswerter und unbegreiflicher, weil wohl niemand leicht durch Überlegung herausfindet, auf welche Weise eine solche Bewegung bei einem lebendigen Tier vor sich gehen könnte.

Damit nun das Schauspiel, das sich mir dargeboten hatte, leichter verstanden werden kann, nahm ich ein Glasrörchen von etwas größerer Dicke als der Kiel einer Schwanenfeder, gab einen Teil der schon öfter erwähnten trockenen Materie hinein, die ich der Bleirinne entnommen hatte und goß Regenwasser aus meiner Zisterne hinzu. Dieses Rörchen, am Mikroskop befestigt, gab ich dem Zeichner in die Hand, damit er solch ein Kleinstlebewesen nach bestem Vermögen so präzis wie möglich abbilden konnte.

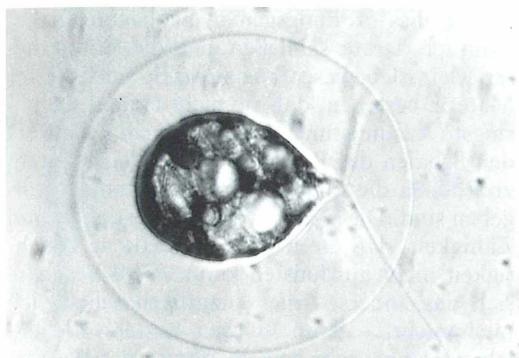


Abb. 1: *Haematococcus*: „Diese Kleinstlebewesen waren zumeist rund, die grünen hatten eine gelbliche Körpermitte. Deren Körper erschienen aus Teilchen von ovaler Gestalt zusammengesetzt, außerdem waren sie mit zarten, kurzen Organen ausgestattet, die ein Stückchen aus dem runden Körper hervorragten.“

Die Figur 1 zeigt zwischen den Buchstaben ABCDEFG ein solches Kleinstlebewesen, das sich mit Hilfe der Organe, die mit dem Buchstaben A bezeichnet sind, am Glas festhielt.

Das länglichrunde Teilchen, das zwischen den Buchstaben B und G abgebildet ist, stellt meiner Meinung nach jene Materie dar, aus der die Nährstoffe in den Körper übergegangen sind, und die sich jetzt in Richtung des Afters bewegt, um ausgestoßen zu werden.

Das, was in der Mitte liegt, stellt die Nahrung im //387 Magen und in den Eingeweiden dar. Vier runde und längliche Teilchen, von denen die Eingeweide gewissermaßen umgeben erscheinen, zeigen Kleinstlebewesen, die derzeit noch in der Gebärmutter eingeschlossen sind.

Zwischen den Buchstaben D und E kann man zwei Körperteile mit radförmigen Scheibchen sehen, auf denen eine Art spitze, nach oben gerichtete kleine Nadeln sitzt. Die <Scheibchen> drehen sich im Kreise mit großer Geschwindigkeit vom Punkt D, mit dem ich den Westen bezeichne, über den Süden auf den Punkt E zu, der dem Osten entspricht.

Sofort aber ein solches Kleinstlebewesen, das am Glas haftet, sich weiter zu bewegen sucht, verwindet und verdreht es sich in diesem Fall in verschiedene und so erstaunliche Gestalten, daß wir uns mehr als einmal über solch ein Schauspiel verwunderten, obwohl wir es lange genug beobachtet haben.“ (...)

Die Probe enthält auch andere Organismen, vor allem den Ciliaten Coleps, den Leeuwenhoek kurz beschreibt und von seinem Zeichner abbilden läßt. Dann wendet er sich wieder den Rädertieren zu:

387 „... Ich habe ziemlich oft Kleinstlebewesen dieser Art aus dem Wasser genommen und so präpariert, daß das Wasser, welches um sie herum verblieben war, nicht einmal der Masse eines Spinnenfadens gleichkam. So wollte ich beobachten, ob diese Kleinstlebewesen platzen würden, sobald das gesamte Wasser um sie herum verdunstet war und sie keine andere Materie mehr umgab als Luft. //388 Mehr als einmal hatte ich festgestellt, daß gerade das bei anderen Kleinstlebewesen geschieht. Nun aber brachte ich in Erfahrung, daß sich das Kleinstlebewesen zu ovaler Gestalt zusammenzog und in diesem Zustand blieb, sobald fast alles Wasser soweit verdunstet war, daß das Kleinstlebewesen nicht mehr darin eintauchen und rotieren konnte. Ich konnte auch nicht bemerken, daß die Flüssigkeit aus dem Körper eines solchen Kleinstlebewesens ausdünstet, denn es bewahrte unverändert seine ovale und runde Gestalt.

Um bei dieser Untersuchung noch ein übriges zu leisten, nahm ich erneut am 3. September etwa um die siebte Morgenstunde etwas von jenem trockenen Schmutz aus der bleiernen Regenrinne, die nunmehr fast zwei Tage lang in meinem Arbeitszimmer aufbewahrt gewesen war: eine kleine Menge dieser Materie gab ich in zwei verschiedene und voneinander getrennte Gläserchen und goß abgekochtes Regenwasser dazu, das nach dem Kochen jedoch wieder abgekühlt war.

Diese Materie bestand aus einem geringen Anteil an Erde, außerdem aus Sand; zudem aus solchen Kalkbröckchen, die mit Haaren vermischt sind; Wollteilchen von verschiedener Farbe und auch aus Strohteilchen: also Materialien, von denen man sich vorstellen kann, daß sie zumeist von starken Winden in die Höhe getragen werden. Die Oberfläche dieser Materie bildeten jedoch die toten roten und grünen Kleinstlebewesen.

Sobald ich diese Materie in das abgekochte Wasser gegeben hatte, schwenkte ich sie zusammen mit dem Wasser, damit sie sich desto schneller damit vermischen konnte, denn sie war aufgrund der Haare praktisch zu einem festen Körper verbacken. Kaum aber war die

Materie zum Teil auf den Glasboden abgesunken, da untersuchte ich schon das Wasser und bemerkte einige dieser Kleinstlebewesen, die bewegungslos dalagen und ihre Körper in eine kugelige Form zusammengezogen hatten. Nach kurzer Zeit begannen diese jedoch ihre Körper zu strecken, und nach Verlauf einer halben Stunde schwammen sicherlich hundert Kleinstlebewesen durch //389 das Glasröhrenchen.“ (...)

Nach Bemerkungen über das Gewicht der Proben, kleinste Wasserorganismen und eine Wiederholung der Experimente am 4. September zieht Leeuwenhoek erste Schlüsse:

389 „... Man kann sehen, daß diese Kleinstlebewesen ihre Körper zu eiförmiger Gestalt zusammenziehen, sobald das Wasser vertrocknet ist und in größter Hitze und Trockenheit eine ganz beträchtliche Zeit dieselbe eiförmige Gestalt beibehalten; sobald aber ihnen Wasser zur Verfügung steht, entfalten und strecken sie nach kurzer Zeit ihre Körperteile und verwenden die Organe des Körpers zu denselben Verrichtungen und Bewegungen, die sie innehatten, bevor sie diese aus Wassermangel auf die beschriebene Weise zusammenzogen. Ich bemerkte aber nicht nur Kleinstlebewesen von ausgewachsenem Körperbau, die zunächst kugelförmig im Wasser trieben und nach kurzer Zeit sich durch eigene Körperkraft schwimmend vorwärtsbewegten, sondern stellte daselbe sogar an den winzigsten dieser Kleinstlebewesen fest.

Da ich dies ordnungsgemäß beobachtet habe, kann ich daraus schließen, daß die Häute dieser Kleinstlebewesen aus so stark verdichteter Materie bestehen, daß sie nicht einmal die geringste Ausdünzung zulassen. Darin ähneln sie den Schalen der Raupeneier und den Häuten, von denen die Puppen derselben Raupen umgeben sind. Die sind von solcher Festigkeit und Zähigkeit, daß die in ihnen enthaltene Feuchtigkeit nicht ausdünnen kann. //390 Verhielte sich das anders – dies anzufügen scheue ich mich nicht, – dann müßten letztere Kleinstlebewesen bei sehr heißem Wetter, des Wassers beraubt, notwendigerweise allesamt sterben. Was aber bei diesen Kleinstlebewesen richtig ist, wird auch dieselbe Geltung bei denjenigen Kleinstlebewesen haben, die einige tausend Male kleiner sind.

Auf diese Weise erscheint nun erneut in ganzer Klarheit die unbegreifliche Vollkommenheit, die gesetzesmäßigste Ordnung und die unerforschliche Voraussicht, womit der weiseste Schöpfer dieser ganzen Welt und zugleich ihr Herr, die Körper dieser Kleinstlebewesen, die unseren Augen verborgen sind, erschaffen hat, damit ihre Art nicht vollständig vernichtet werden kann.

Aus den bisher beschriebenen Entdeckungen ist leicht zu schließen, daß man in jedem Regenwasser, das man durch Rinnen in Zisternen zu leiten pflegt, Kleinstlebewesen finden kann, und daß in jede Wasseransammlung, die der freien Luft ausgesetzt ist, Kleinstlebewesen hineingetragen werden können. Die Kleinstlebewesen können nämlich von den Winden



Abb.2: Massenentwicklung von *Philodina* in einer Dachrinne: „Nie hätte ich geglaubt, das stelle ich nicht in Abrede, daß in einer so durchgetrockneten Materie irgend ein lebendiges Kleinstlebewesen enthalten sein könnte. Doch ich täuschte mich. Denn kaum war eine Stunde vorüber, da sah ich hundert Kleinstlebewesen der beschriebenen Art zusammen mit den bereits vorhandenen.“

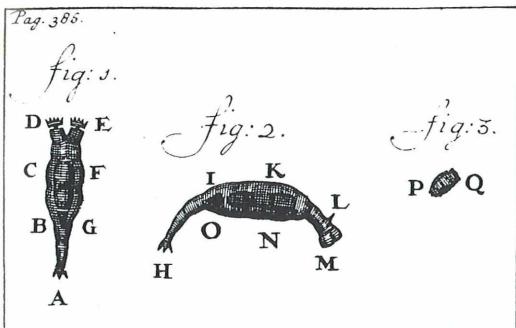


Abb. 3: Kupferstich zum Brief Nr. 122: "Dieses Röhrchen, am Mikroskop befestigt, gab ich dem Zeichner in die Hand, damit er solch ein Kleinstlebewesen nach bestem Vermögen so präzis wie möglich abbilden konnte."

zusammen mit dem überall aufgewirbelten feinen Staub durch die Luft transportiert werden. Außerdem können Kleinstlebewesen, die einige hunderttausend Mal kleiner als Sand sind, zusammen mit den Wasserteilchen hochgerissen werden; wenn nicht eben bis zu den Wolken, so doch wenigstens zu ziemlicher Höhe. Bei Sonnenuntergang sinken sie zusammen mit der

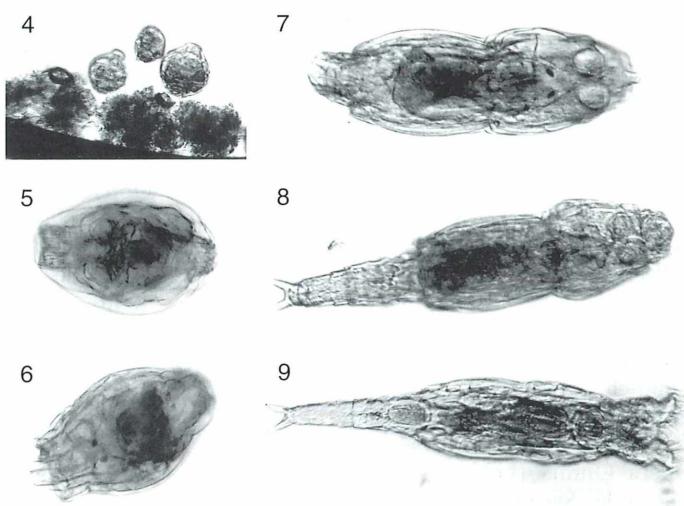
Materie, die wir Tau zu nennen pflegen, herab oder werden auch durch die Winde zur Erde getrieben und verteilen sich überall hin. Das erscheint weniger unglaublich, wenn wir bedenken, daß Meerwasser häufig durch heftige Stürme mit solcher Gewalt an die Küsten geschleudert wird, daß an den Stämmen von Bäumen, die mehr als eine halbe Stunde Wegs vom Meer entfernt wachsen, Wassertröpfchen herabrinnen, die salzig schmecken. Dieses Salzwasser hält man gemeinhin (obwohl zu Unrecht) für Salz, das von der Ausdünnung des warmen Meerwassers herstammt.“ (...)

Die Experimente in den folgenden Septembertagen ergeben nichts Neues. Beharrlich setzt Leeuwenhoek seine Untersuchungen in den Monaten Oktober bis Februar fort und stellt dabei fest, daß auch Frost den Philodinen in Trockenstarre nichts anhaben kann. Am 9. Februar 1702 faßt er seine Aufschreibungen schließlich zusammen und zieht ein Fazit:

393 „... Da nach so vielen Experimenten für mich nun feststeht, daß jene winzigsten Kleinstlebewesen so lange Zeit, wie das vorhin berichtet wurde, in trockene Materie eingeschlossen bleiben können, und daß sie ihre Körper entfalten und zu schwimmen pflegen,

Abb. 4–9: Verschiedene Stadien von Philodinen zwischen Kryptobiose und aktivem Leben: „Man kann sehen, daß diese Kleinstlebewesen ihre Körper zu eiförmiger Gestalt zusammenziehen, sobald das Wasser vertrocknet ist und in größter Hitze und Trockenheit eine ganz beträchtliche Zeit dieselbe eiförmige Gestalt behalten; sobald aber ihnen Wasser zur Verfügung steht, entfalten und strecken sie nach kurzer Zeit ihre Körperteile und verwenden die

Organe des Körpers zu denselben Verrichtungen und Bewegungen, die sie innehatten, bevor sie diese aus Wassermangel auf die beschriebene Weise zusammenzogen.“



sobald ihnen erneut Wasser zugegeben wird, kann man daraus mit Bestimmtheit schließen, daß in allen Teichen und sumpfigen Stellen, die zur Winterszeit mit stehendem Wasser bedeckt sind, die aber in der Sommmerhitze austrocknen, die verschiedensten Arten von Kleinstlebewesen gefunden werden können. Wären sie aber in diesen Gewässern nicht enthalten, dann würden sie von Wasservögeln eingeschleppt, und zwar mittels des ihren Füßen und ihrem Gefieder anhaftenden Wassers oder Schlammes.

Haben wir diese höchst bewunderungswürdige Anlage //394 der Kleinstlebewesen recht bedacht, die sie von Natur aus besitzen, um ihre Art zu erhalten: wer wird dann nicht staunen und sagen, daß man in der Zukunft keine Menschen mehr wird antreffen können, die den Vorurteilen und Irrtümern der Alten anhängen und daher zu behaupten wagen, daß Lebewesen aus Fäulnis oder Schmutz entstehen können?“ (...)

Zur Übersetzung

Leeuwenhoeks Entdeckungen findet man zwar häufig in der Literatur über die Geschichte der Mikroskopie genannt, doch längere Passagen seiner Briefe werden selten zitiert. Dabei war ihm selbst sehr an deren Verbreitung gelegen; deshalb erschienen sie auch parallel zu den holländischen Editionen in der universalen Wissenschaftssprache der Zeit: auf Lateinisch. Dobell listet neun lateinische Ausgaben auf, die zwischen 1685 und 1722 erschienen und zum Teil mehrere Auflagen erreichten.

Was vor drei Jahrhunderten Leeuwenhoeks europäischen Ruhm sicherte, ist nun zum Hindernis geworden. Wer sich heute für die Geschichte der Mikroskopie interessiert, beherrscht das Lateinische kaum noch so gut, daß er Texte aus dem späten 17. und frühen 18. Jahrhundert flüssig lesen könnte, dabei sind Leeuwenhoeks Briefe seit einigen Jahren als reprografischer Nachdruck bequem zugänglich.

Meiner Übersetzung liegt dieser Nachdruck der lateinischen Ausgabe von Band 3 der *Opera Omnia* (Leiden 1719, Seite 380–394) zugrunde. Sie gibt wieder, wie ein gebildeter, wissenschaftlich interessierter Leser des 18. Jahrhunderts die Entdeckungen Leeuwenhoeks rezipierte. Eine Annäherung an das hollän-

dischen Original wurde nicht angestrebt. Um die Eigenarten des Textes zu erhalten, habe ich selbst dort keine modernen Fachausdrücke verwendet, wo das möglich gewesen wäre.

Ich habe mich auf die Aussagen beschränkt, die von dem Rädertier *Philodina* handeln. Bei Dobell kann man auf den Seiten 263–270 in englischer Übersetzung diejenigen Teile des Briefes nachlesen, die ich ausgelassen habe, weil sie sich auf andere Funde in den Proben beziehen.

Leeuwenhoeks Darstellungsweise

Der lateinische und der deutsche Text transportieren auch in der Übersetzung eine Reihe von Charakteristika der Darstellungsweise Leeuwenhoeks. Zu nennen sind:

- *die penible Genauigkeit bei unerheblichen Details.* Der Fundort wird z. B. immer wieder angesprochen oder ein Auffanggefäß für Regenwasser als „indische Tonschüssel“ präzisiert.
- *die Analogien und Modelle aus dem Makrokosmos.* Der Cilienschlag von *Philodina* wird z. B. mit Rädchen verglichen, ihre Dichte der Haut mit der von Schmetterlingspuppen gleichgesetzt.
- *die undifferenzierte Benennung der Untersuchungsobjekte.* Den Begriff „Kleinstlebewesen“ (holländisch dierkens) verwendet Leeuwenhoek für Schmetterlingsraupen und Bakterien gleichermaßen
- *Der Aufbau seiner Briefe in chronologischer Ordnung.* Er ist charakterisiert durch Wiederholungen, Binnenfazits und sprunghafte Übergänge zwischen Beschreibungen verschiedener Objekte.

Die Eigenheiten in der Diktion lassen sich nicht einfach als Mängel abtun, wie sie für den Text eines Autodidakten typisch sind. Ein 70jähriger Mann, der seit Jahrzehnten mit den größten Geistern seiner Zeit korrespondiert und diskutiert, dürfte seine wissenschaftlich-methodischen Defizite mittlerweile aufgeholt haben. Die Darstellungsweise Leeuwenhoeks steht vielmehr in engstem Zusammenhang mit seinen Untersuchungsobjekten, seinen Methoden und seinen Forschungsergebnissen. Um sie zu verstehen, muß man außerdem eine Größe in den Blick nehmen, die in wissenschaftlichen

Texten gerne übersehen wird: den Bezug des Autors zum Leser.

Der Autor bewegt sich auf wissenschaftlichem Neuland. Die Welt seiner Untersuchungsobjekte ist der Vorstellungskraft seiner Leser fremd, sie müssen also als erstes davon überzeugt werden, daß die Untersuchung exakt, ohne Geheimniskrämerei und in vernunftgemäßer Weise vor sich geht. Die vertrauten Dinge sollen eine sichere Ausgangsbasis für die folgenden Entdeckungen bieten. Deshalb notiert Leeuwenhoek auch periphere Details, da sie dem Kreis des Bekannten zugehören und analysiert im vorliegenden Brief den Schmutz, in dem sich der unerhörte, neue Vorgang der Kryptobiose abspielt, als ein Gemengsel alltäglicher Materialien.

Leeuwenhoek schreibt für Leser, die nicht über die optischen Hilfsmittel des Forschers verfügen. Was für ihn das Auge leistet, muß für den Leser die Erzählung bewirken. Sie hat eine präzise Vorstellung zu erzeugen, muß Staunen erregen und Erklärungen für das scheinbar Unerklärliche bieten. Deshalb koppelt der Text das Sichtbare an das Unsichtbare, den Makrokosmos an den Mikrokosmos, um über Modelle und Analogieschlüsse zu erläutern, daß im Kleinsten dieselben Ordnungen und Gesetze gelten wie im Größten. Leeuwenhoek ordnet damit sein Bild des Mikrokosmos fugenlos in das bestehende Weltbild ein. Das ist auch nötig, denn er weiß sich in krassem Gegensatz zu einer breit akzeptierten Theorie über die Entstehung des Lebens: der Epigenesis- oder Urzeugungslehre. Doch er hat mit seinen Mikroskopen beobachtet, daß Leben nicht aus unbelebter Materie entsteht. Es ist vielmehr in allen Größenstufen bereits in ihr vorhanden und wird stets bestimmt von Geburt und Tod. Hieraus erklärt sich der scheinbare Gegensatz zwischen den prägnanten Beschreibungen und der undifferenzierten Benennung der Objekte. Es geht dem Naturforscher nicht darum, Namen für die Lebewesen zu erfinden, die er sieht. Deren Existenz ist ihm wichtiger als die Nomenklatur. Der Überbegriff „dierkens“ ist für ihn sprachlicher Ausdruck und gedanklicher Nucleus einer größeren Idee: nämlich, daß der Kosmos als Ganzes eine harmonische

Schöpfung ist, wo Gott allem Leben seinen Platz zugewiesen und es so strukturiert hat, daß es sich an diesem Platz erhalten kann. Jedes neu entdeckte „dierken“ liefert ihm einen weiteren Beweis für seine These.

Die Wiederholung des Zentralbegriffes „animalculum / dierken“ (pro Druckseite verwendet Leeuwenhoek das Wort im Durchschnitt fünfmal) bildet die Dichte des Lebens sprachlich ab, das im Mikrokosmos vorhanden ist und nur des Entdeckers harrt. Wie Brugnaro nachweist, wird sich Darwin anderthalb Jahrhunderte später derselben rhetorischen Technik bedienen, um seine Theorie vom Ursprung der Arten durch seine Beobachtung der „slightest deviations“ zu belegen. Es gibt eben keine stärkere Redefigur als die Repetitio; sie enthält stets das, was dem Autor am wichtigsten ist. Der Aufbau der Briefe Leeuwenhoeks folgt dem beschriebenen ganzheitlichen Konzept. Der Leser dringt parallel und im selben Tempo mit dem Forscher aus der vertrauten Welt in den Mikrokosmos ein. Wie sein Lehrer erfährt er die Vielfalt der Lebewesen, mit ihm zusammen beobachtet er, daß die gültige Weltordnung auch hier Bestand hat. Am Ende des Textes wird er nicht umhin können, der Conclusio des Autors beizupflchten.

Literaturhinweise

- Brugnaro, Stefano: Darwin come narratore. Nuovi Argomenti (Quarta Serie) 10, 78–87 (1997).
- Dobell, Clifford: *Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals"*. Dover Publications, New York 1960.
- Hendel, Rainer: Ein Preisgedicht auf Leeuwenhoek. *Mikrokosmos* 85, 159–169 (1996).
- Leeuwenhoek, Antoni van: *Opera omnia*. Reprographischer Nachdruck der Bände: Leiden 1722 (Bd. I und II), Leiden 1719 (Bd. III), Delft 1719 (Bd. IV). G. Olms Verlag, Hildesheim/ New York 1971/72.
- Walz, Bernd: Bärtierchen: Überlebenskünstler aus dem Moospolster. *Mikrokosmos* 86, 57–61 (1997).
- Verfasser: Rainer Hendel, OStD i. K., Christian-von-Bomhard-Schule Uffenheim, Im Krämersgarten 10, 97215 Uffenheim (Text), und Erich Saake, Marthastr. 21, 44791 Bochum (Fotos).

Der Kreislauf der Gesteine

Paul Gangloff

Eine kleine Darstellung zur Mikroskopie der Sedimentgesteine und einer weiteren über metamorphe Gesteine setzt die früheren Aufsätze über Granite, vulkanische Gesteine und Sand fort. Auch hier gibt es wieder zahlreiche Tips für die praktische Arbeit.

Sediment- und metamorphe Gesteine entstammen der Umwandlung der früher beschriebenen Plutonite und Vulkanite. Diese „Magmatite“ resultieren aus dem Magma, einer Schmelze aus den tieferen Schichten der Erdkruste oder des Erdmantels (Abb. 1). Sie kristallisieren entweder in geologischen Zeitspannen in der Tiefe zu Plutoniten aus (Abb. 3) oder ergießen sich an der Oberfläche der Erde in Form von Vulkaniten (Abb. 4). Zu den ersten

gehören Gesteine wie Granite, Syenite, Diorite und Gabbro; zu den zweiten unter anderem Rhyolite, Trachyte, Dazite, Andesite, Basalte und Tephrite. Alle diese Gesteine sind an der Erdoberfläche nicht stabil und verwittern. Wind und Wasser zerstören nach und nach mechanisch das feste mineralische Gefüge der Gesteine und transportieren den feinen Grus und die bröckelige Masse zum Teil in weite Fernen. Hinzu kommt, daß das Wasser chemische Sub-

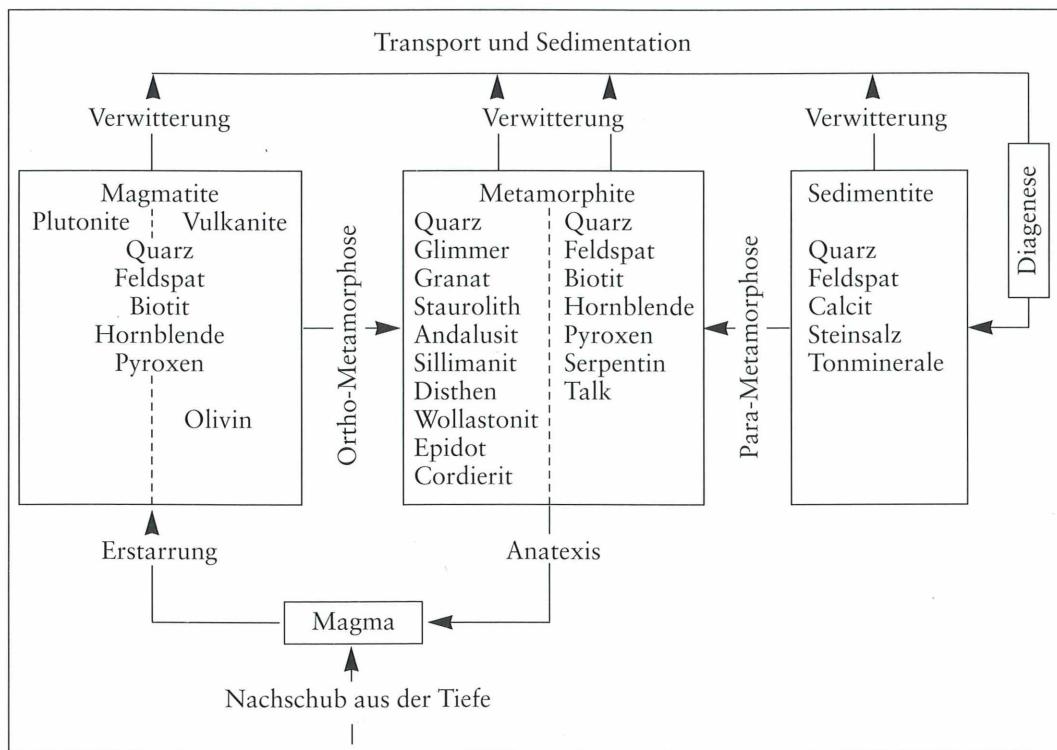
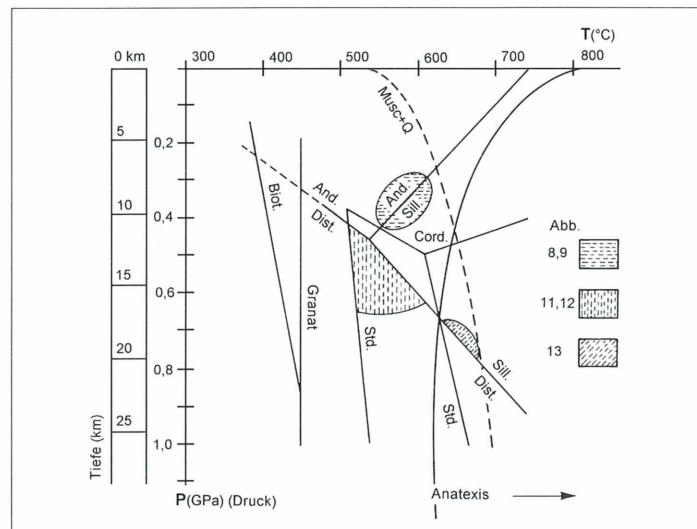


Abb. 1: Der Kreislauf der Gesteine mit Angabe der entsprechenden Mineralvergesellschaftungen (Paragenesen).

Abb. 2: Stabilitätsbereich im P/T-Diagramm der heteromorphen Al-Silikate Andesin (And), Disthen (Dist) und Sillimanit (Sill). Außerdem von Staurolith (Std), Cordierit (Cord), Quarz (Q), Granat und den Glimmern Biotit (Biot) und Muscovit (Musc). Die Anatexis-Kurve grenzt den Beginn des Schmelzvorganges der Gesteine ab. Schraffiert sind Stabilitätsbereiche bei der Bildung der Gesteine der Abbildungen 8, 9, 11, 12 und 13. Grafik: Cornelia Falk, Recklinghausen



stanzen aus den Bestandteilen der Gesteine, den Mineralien, löst. So entstehen Sand und Tonablagerungen. Dieser Vorgang erfaßt fortlaufend auch die Tiefengesteine, so daß sie im Laufe der Zeiten freigelegt werden. Gelöste Anteile wandern in die Meere oder Seen und bilden Kalkstein und in den ausgetrockneten Randmeeren Salzlager. Gelöste Kieselsäure scheidet sich in Form von Kieselgesteinen ab. Früher oder später führen Verdichtung und mineralische Umwandlungen dieser Relikte zur Bildung von neuen festen Gesteinen, den Sedimentiten wie

etwa Sandsteine (Abb. 5 und 6) und Tonschiefer (Abb. 6).

Unsere Erde ist ein unruhiger Geselle. Erdbeben und Vulkanausbrüche zeigen uns dies zur Genüge. Die Plattentektonik und die Bewegung der einzelnen Erdplatten führen zur Heraushebung von Gebirgen (Orogenese), zu gewaltigen Faltungen und zur Unterwanderung von Plattenrändern auf Hunderte bis Tausende von Quadratkilometern (Subduktion). Sowohl Tiefen- wie Sedimentgesteine durchwandern im Laufe von geologischen Zeitspannen immer

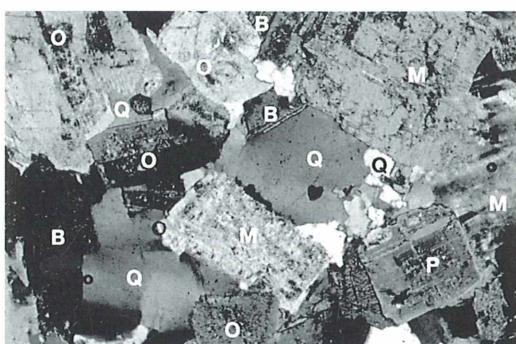


Abb. 3: Plutonit, Granit. Vogesen am „Weißen See“. (+Pol.). (40×). Q Quarz; Feldspat; O Orthoklas; M Mikroklin; P Plagioklas. Die unregelmäßige Auslösung des Quarzes Mitte links unten zeigt starke frühere tektonische Streßbeanspruchung (Deformierung des Kristallgitters).

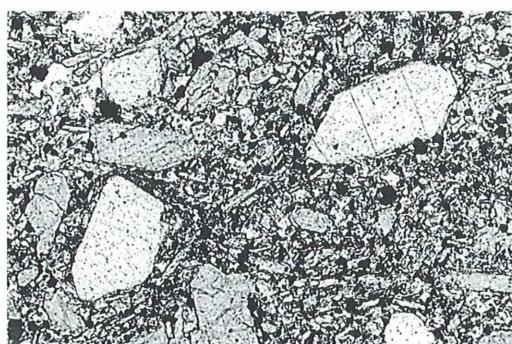
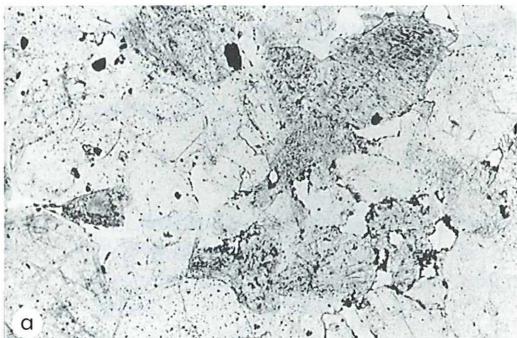
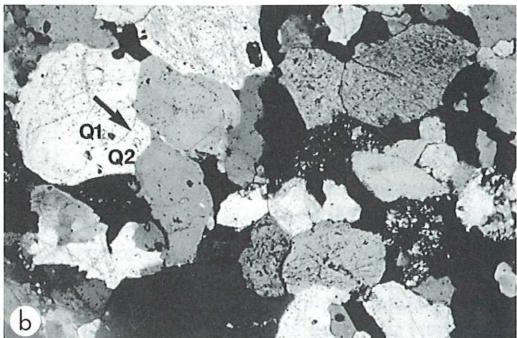


Abb. 4: Vulkanit: Basanit, Eifel/Horngraben. (-Pol.). (100×). Porphyrische Struktur mit großen auto- und subautomorphen Augit-Kristallen (Pyroxene) in einer feinkörnigen Grundmasse aus Olivin, Leuzit und Nephelinkristallen.



a



b

Abb. 5: Sedimentit: Sandstein. Elsaß bei Gueberschwier. (40×). Die klaren Kristalle in Abb. a) (-Pol) sind Quarzkörner mit zahlreichen Gas- und Flüssigkeitsbläschen und deutlichen Zuwachszonen (Pfeil). Kristalle mit Trübungen durch Umwandlung: Feldspate, St, Komplexe Gesteinsrelikte. Abb. b) (+Pol). Q1 Ursprungs-, Q2 sekundärer Quarz.

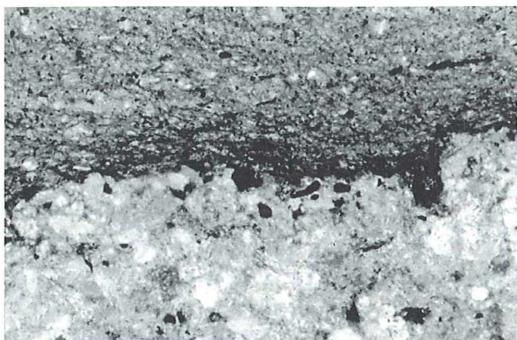


Abb. 6: Sedimentit und Diagenese: (-Pol). (100×). Untere Schicht feinkörnige Grauwacke, (*sensu stricto*-Sandstein), diagenetisch stark verfestigt, körniger unregelmäßiger Abtragungsschutt aus Verwitterungsprodukten, die in steile Geosynklinalen im Meer abgestürzt sind. Minerale: Quarz, Calcit, Ton, Muskovit, Feldspat, darüber Tonschiefer mit beginnender Diagenese, wie Abplattungen, Einregelungen und Umwandlungen von Tonmineralien in Illit und Chlorit.

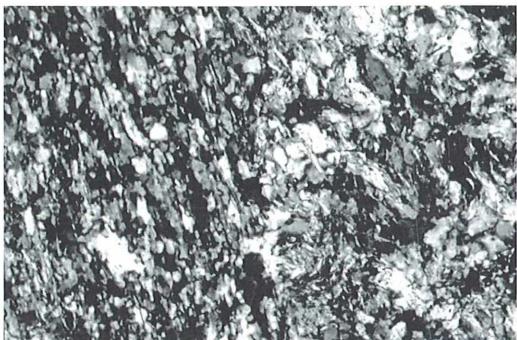


Abb. 7: Kontaktmetamorphose (Außenhof): Phyllit genannter Schiefer von Villé, Vogesen, Andlau. (+Pol). (100×). Niedrig temperierte Schieferung in der Außenzone. Blättriges Gefüge aus umkristallisierten verzahnten Quarzzeilen und feinen Lagen aus Serizit (feiner Muscovit-Glimmer), und Chlorit. Die rechte Zone wurde zusätzlich stark gefaltet.

wieder veränderte Druckbereiche und dies eventuell bei sehr stark wechselnden Temperaturverhältnissen. Die Bestandteile der Gesteine, die Mineralien, sind sehr empfindlich gegen solche Veränderungen. Es entstehen Strukturveränderungen im Gestein, gekoppelt mit Umkristallisationen. Aus dieser zweiten

Stufe der Umwandlungen entstehen die „Metamorphe“ wie etwa kristalline Schiefer, (Abb. 7, 10, 11, 12), Gneis, (Abb. 13), Amphibolit, Hornfels, (Abb. 8 und 9) und Granulit. Bei einer weiteren Erhöhung der Druck/Temperatur-Verhältnisse schmelzen die Gesteine partiell oder ganz zu Magma auf. Im ersten Falle

entstehen „Migmatite“, eine Mischung von bestehendem Gestein durchsetzt mit Adern neuen Gesteins, im zweiten Falle entwickeln sich einfach wieder neue magmatische Gesteine. Man nennt diesen Vorgang Anatexis. Der Kreislauf, in Abb. 1 schematisiert, ist geschlossen. Es ist leicht ersichtlich, daß er nicht als Einbahn abläuft. Metamorphite, die direkt aus den Magmatiten entstehen, werden mit der Vorsilbe „Ortho-“ gekennzeichnet. Diejenigen, die von Sedimentiten oder auch ehemaligen Metamorphen abstammen, entsprechend mit „Meta-“, zum Beispiel Orthogneis und Metagneis.

Die Kenntnis über diese Vorgänge verdankt die Wissenschaft vorwiegend der Verwendung des Polarisationsmikroskopes. Die erwähnten Umkristallisationen hängen von den mit P/T bezeichneten Druck/Temperatur-Verhältnissen ab. Sie sind aus zahlreichen Laborversuchen bekannt. Die Spezifität der Mineralarten in einem Gestein erlaubt uns, auf die Tiefe und Temperatur ihrer Entstehung in der Erdkruste oder im Mantel zu schließen (Abb. 2). Die Minerale mit ihren eventuellen Umwandlungsmerkmalen geben uns Auskunft über die Umgebungsbedingungen bei der Entstehung des jeweiligen Mineralverbandes. Verformungen, unregelmäßige Polarisationsbereiche (Abb. 3) zeugen von Druck, Zug oder Scherungen im Verlauf der Orogenese. Aber auch Faltungen und Schieferungen, die wir im mikroskopischen Bereich beobachten (Abb. 10), stehen in enger geometrischer Beziehung zu den eindrucksvollen Gebirgsfaltungen im großen Maßstab.

Voraussetzung für unsere Untersuchungen ist natürlich die Bestimmung der Minerale in Dünnschliffen mit Hilfe eines Polarisationsmikroskopes. An Hand der Haupt- und Nebengemengeanteile bestimmen wir die Gesteinsarten und -klassen. Als nächstes erfolgt die Beobachtung und Beurteilung des Gesamtverbandes.

Plutonite

Die Mosaikstruktur aus Quarz, Feldspaten und Glimmer (Abb. 3), die einer jahrtausendenlangen Abkühlung eines Magmas in großen Tiefen entspricht, verrät einen Plutoniten. Eine nähere Untersuchung der Feldspate und eine kleine Auszählung des Quarzanteiles bestimmt diesen als Granit.

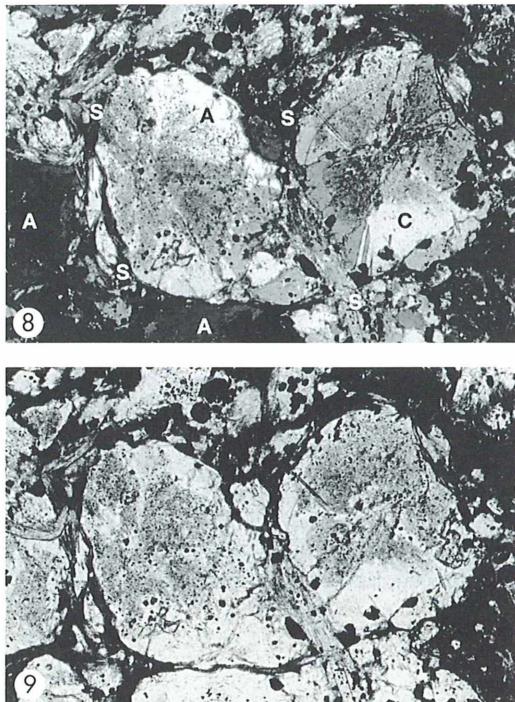


Abb. 8 und 9: Kontaktmetamorphose Innenhof in der Nähe vom Kontakt mit Diorit (Intrusionsplutonit): Vogesen, Andlau, Hornfels. Abb. 8 (+Pol), Abb. 9 (-Pol) (40×). Der große Cordieritkristall (C) mit einer schönen Durchkreuzungsdrillingsbildung. Andalusit (A) umrandet mit Sillimanitbüscheln (Fibrolith) (S). Nicht im Bild: Biotit, Muscovit, Korund. Stabilität: P/T-Bereich in Abb. 2 schraffiert unter 8 und 9.

Vulkanite

Ganz anders stellt sich das wechselkörnige (porphyrische) Gefüge des vulkanischen Gesteins (Abb. 4) dar, bestehend aus größeren Kristallen in einer sehr feinkörnigen Grundmasse mit vielen kleinen Feldspatstäbchen (Mikroliten). Ich möchte hier kurz einschalten, daß dem Mikroskopiker eine umfangreiche illustrierte Literatur zur Unterscheidung und Beurteilung dieser Gefüge und Texturen zur Verfügung steht, darunter die Arbeiten von MacKenzie (s. Literaturverzeichnis).



Abb. 10: Regionalmetamorphose, Mesozone: Glimmerschiefer, Queyras, französische Alpen. (+Pol) (40×). Paragenese, Quarz, Muskovit, Biotit, Granat. (Nur bei stärkerer Vergrößerung unterscheidbar). Die ursprüngliche Schieferung wurde durch mehrere spätere Faltungen, bei Bildungstemperaturen von mindestens 450 °C überlagert (vgl. Stabilitätsbereich von Granat in Abb. 2).

Sedimentite (Diagenese)

Unverwechselbar sind Trümmerstrukturen von Sedimentiten, also Verwitterungsprodukten aller Arten von Gesteinen (Abb. 5 und 6). Diese losen Ablagerungsprodukte werden durch Kompaktion (Verringerung des Porenraumes) und gewissermaßen durch Verkittung mit kalkigem, tonigen oder kieseligen Zement verfestigt. Dies geschieht über die Ausfällung aus zirkulierenden Lösungen. Das Lösungsmaterial kann von außen oder auch von der teilweisen Selbstauflösung der vorhandenen Mineraleien stammen (Abb. 5). Kalksteine entstehen insgesamt durch chemische Ausfällung oder auch biogen. Alle diese Gesteine bilden nur eine dünne Umlagerungsschicht auf der kristallinen Basis, allerdings auf über 2/3 der Erdfläche, wobei Tonablagerungen mengenmäßig die wichtigsten sind. Schon jetzt zeigen sich Umwandlungen, wie die Abplattung vorhandener und Bildung neuer toniger und anderer Mineralien. Wir sind im Bereich der Diagenese, die durch Temperaturen unter 200 °C und mäßigen Drucken charakterisiert ist. Paragenesen sensu stricto wie bei den Plutoniten und den Metamorphiten finden wir hier nicht, da die Sedimentite naturgemäß bunt zusammengewürfelten Produkten entstammen. Paragenesen sind per Definition Assoziationen von Mineralien eines gemeinsamen Ursprungs in einem Gestein, die bestimmten geologischen und geochemischen Prozessen entsprechen.

Metamorphe

Bei den Metamorphiten spricht man von Paragenesen bei Mineralassoziationen, die bei gewissen P/T-Bedingungen stabil sind und außerdem den Gesamtchemismus, die „metamorphe Fazies“, eines Gesteinsverbandes charakterisieren. Sie entstehen durch Umwandlungen im Bereich von Temperaturen zwischen 200 °C bis etwa 600 °C und relativ hohen Drucken. Dem aufmerksamen Leser wird wohl (in Abb. 1) auffallen, daß gewisse Minerale wie etwa Quarz, Biotit, Pyroxene und Hornblenden sowohl bei den Magmatiten als auch bei den Metamorphiten erscheinen. Staurolith, Sillimanit, Disthen, Andalusit zum Beispiel finden wir nur bei der letzten Gruppe. Solche metamorphen Neubildungen können dementsprechend als „Leitminerale“ bezeichnet werden.

Abb. 2 zeigt die Stabilitätsbereiche einiger solcher Minerale in Abhängigkeit der P/T-Bedingungen. Drei Al-Silikate haben hier einen besonderen Stellenwert, da sie die gleiche Summenformel $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$ aufweisen, jedoch in drei verschiedenen kristallinen Phasen, nämlich Andalusit (Abb. 8), Disthen (Kyanit) (Abb. 12), und Sillimanit (Abb. 13), auftreten. Staurolith (Abb. 11) entspricht chemisch Disthen + Fe + OH und Cordierit (Abb. 8 und 9) ist ein weiteres Al-Silikat mit Mg verbunden. Granat (Abb. 11) ist eines der bekanntesten Minerale in Metamorphiten. Biotit und Muskovit gehören der Glimmerfamilie an und damit gewissermaßen den Ubiquisten in der Gesteinswelt.

Kontaktmetamorphose

Bei Intrusionen von heißem Magma im Umkreis von einigen Kilometern, wie etwa in den Vögeln bei Andlau, wurden vorhandene Sedimente bei Temperaturen von 700 °C und mehr buchstäblich gefrittet. Die Pelite, tonige Schiefer, wandelten sich vom äußeren bis zum inneren Kontaktloch zu Knoten-, dann zu Fruchtschiefern und zuletzt zu Hornfels, einem äußerst harten Gestein. Der Stabilitätsbereich der Paragenese Andalusit → Cordierit → Sillimanit liegt

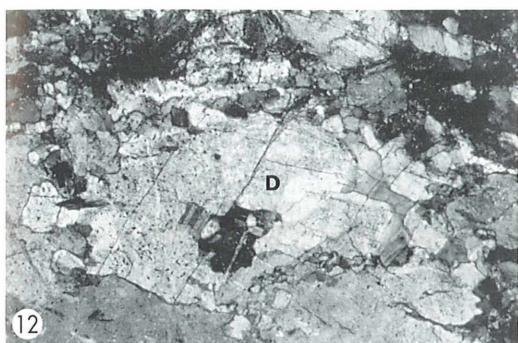
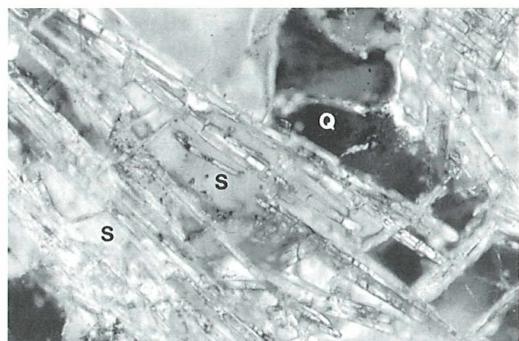
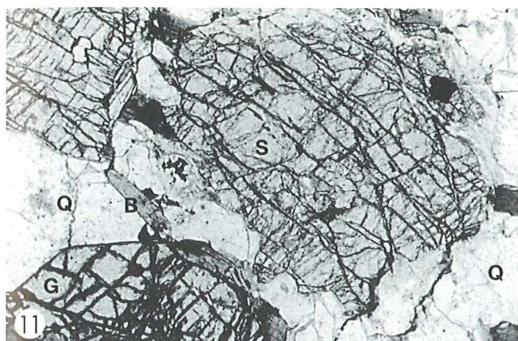


Abb. 11 und 12: Regionalmetamorphose, Meso-zone. Staurolith-Granat-Schiefer. Mittelmeer, Ile du Levant. Abb. 11 (-Pol), Abb. 12 (+Pol), aus demselben Dünnschliff. (40×). Quarz (Q), Biotit (B), Granat (G), Staurolit (S), Disthen (Kyanit) (D). P/T-Bereich in Abb. 2 schraffiert unter 11 und 12 eingetragen.

im Bereich von relativ schwachen Drucken, aber hohen Temperaturen, wie leicht aus Abb. 2 zu erkennen ist. Das Vorkommen von Korund entspricht einem an Kieselsäure untersättigten Gestein. Die unzähligen staubfeinen Körnchen aus Graphit, Magnetit und Hämatit im Cordierit sind ein Beweis für frühere biogene Anteile. Das Vorhandensein von Biotit charakterisiert einen calciumarmen Hornfels. Die Paragenese im Dünnschliff ist auf diese Weise ein offenes Buch über die Vorgeschichte des Gesteines, wenn auch deren Aufschlüsselung manchmal der Entzifferung von Hieroglyphen gleichkommt. Das gleichzeitige Vorhandensein von Andesit, Sillimanit, Cordierit, Muskovit und Quarz schränkt die Entstehungshypothesen des Gesteines auf den in Abb. 2 eingezeichneten Bereich zwischen 520 °C und 630 °C bei Maximaldrücken von 0,42 GPa (entspricht etwa

Abb. 13: Regionalmetamorphose, Grenzbereich Meso-Katazone. Sillimanitgneis, Vogesen, bei Liepvre: (400×) (+Pol). Außer den total gelöschten Quarzen Q nur Sillimanit S, langäulig, und links unten haarförmig (Fibrolith). Weitere Paragenese (außerhalb Bild): Biotit, wenig Quarz, Granat, Rutile, Spinel, Zircon, Graphit. P/T-Bereich Abb. 2, schraffiert unter 13.

12 km Tiefe) ein. Die Temperaturen sind einleuchtend, da die Kontaktzone mit dem eingedrungenen Dioritmagma im Gelände relativ nahe der Gesteinsentnahme liegt.

Regionalmetamorphose

Die Gesteinsmetamorphose im allgemeinen erfolgt zwischen 200 °C und 700 °C. Darüber hinaus beginnt der Schmelzvorgang. Die Gesteinsumwandlungen im Bereich großer Areale ist im wesentlichen an tektonische Vorgänge gebunden wie etwa an die Subduktion von Erdplatten. Ein Beispiel dafür ist das allmähliche Vordringen und Unterwandern unseres europäischen Kontinentes durch die Afrikanische Platte um jährlich etwa 1 cm. Damit ist übrigens auch die Orogenese der Alpen verbunden. Man unterscheidet drei Stufen der Metamorphose, die Epi-, Meso- und Katazone (oben, tiefer und unten im Gebirge).

In der Epizone entwickelt sich infolge seitlichem Druck und mäßigen Temperaturen eine starke Schieferung. Tonschiefer (Abb. 6) wandelt sich zum Beispiel in Phyllit um, ein grünlich-graues Gestein aus mehr oder weniger umkristallisiertem verzahnten Quarz und äußerst feinen Muskovit-Chlorit-Lagen. Der Glimmer

Muskovit resultiert hierbei aus der chemischen Umwandlung der Tone. Die Schieferung entsteht einmal durch die Konzentration von druckgelösten Mineralien (vor allem Eisenoxide) in feinen Schichten. Außerdem regeln sich Glimmerminerale meist wegen ihres platten Habitus mit der Fläche 001 senkrecht zu der Hauptdruckrichtung ein. In der Abb. 7 sind sie quer zu dieser Fläche geschnitten. Die Schieferung ist unabhängig von der Richtung der Ablagerungsschichten. Sie erfolgt senkrecht zur Druckrichtung und kann durch weitere Faltung äußerst komplexe Formen annehmen (Abb. 10). Dies ist grundlegend für das Verständnis der Strukturen von Gesteinen. Im Dünnschliff der Abb. 10 befinden sich, im Bild nicht sichtbar, Granate. Das lässt, entsprechend dem Schema in Abb. 2, darauf schließen, daß die Entstehung des Gesteines bei Temperaturen über etwa 460 °C stattgefunden hat.

Der kristalline Schiefer (Abb. 11 und 12) enthält schöne Granat-, Staurolith- und Disthen-(Kyanit-)Kristalle, aber kein Sillimanit. Daraus resultiert der in Abb. 2 unter (13) eingetragene mögliche Stabilitätsbereich des Gesteines. Die Insel Levant im Mittelmeer gehört zum Orogenesegebiet des Massiv des Maures (Maurengebirge an der Côte d'Azur), ein klassisches geologisches Beispiel für eine Regionalmetamorphose.

Aus dem untersten Bereich der Mesozone stammt das Gestein in Abb. 13. Es handelt sich um einen durch sehr hohe Drucke teils mylonitierten (zerdrückten) Sillimanitgneis, dessen Kristalle bei der Doppelbrechung von 0,021 in herrlichen blauen und rötlichen Farben hervorstechen. Der Stabilitätsbereich ist in Abb. 2 unter (13) eingetragen.

Literaturhinweise

- Adams, A. E., MacKenzie et Guilford, C.: *Atlas des roches sédimentaires*. Masson. Paris 1995.
- Gangloff, P.: Bestimmung von Gesteinen unter dem Mikroskop. *Mikroskopos* 73, 105–110 (1984); 73, 238–245 (1984); 74, 298–302 (1985); 74, 358–366 (1985); 75, 135–140 (1986); 75, 200–207 (1986); 75, 331–334 (1986); 83, 45–51 (1994).
- Gangloff, P.: Feldspate und ihre Bestimmung. *Mikroskopos* 77, 200–206 (1988).
- Gangloff, P.: Granit unter dem Mikroskop. *Mikroskopos* 78, 343–347 (1989).
- Gangloff, P.: Vulkangesteine. *Mikroskopos* 80, 232–237 (1991).
- Gangloff, P.: Sand unter dem Mikroskop. *Mikroskopos* 82, 151–155 (1993); 83, 45–51 (1994); 84, 219–224 (1995); 85, 173–179 (1996).
- Jubelt, Schreiber: *Gesteinsbestimmungsbuch*. VEB Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1972.
- MacKenzie, W. S. und Guilford, C.: *Atlas gesteinbildender Minerale in Dünnschliffen*. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart 1981.
- MacKenzie, W. S., Donaldson, C. H. et Guilford, C.: *Atlas des roches magmatiques*. Masson. Paris 1995.
- Nickel, E.: *Grundwissen in der Mineralogie*. Band 1, 2 und 3, Ott-Verlag Thun, Schweiz 1983.
- Rouault, M.: *Détermination des minéraux des roches*. Edition Lamarre-Pointal. Paris 1963.
- Tröger, W. E.: *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*. Verlag der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Stuttgart 1969.
- Tröger, W. E.: *Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale*, Band 1 und 2. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1969, 1971.
- Wolley, A. R., Bishop, A. C., Hamilton, W.: *Der Kosmos-Steinführer*. Franckh'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1977.
- Yardley, B. W. D., MacKenzie, W. C. et Guilford C.: *Atlas des roches métamorphiques*. Masson Paris 1995.

Verfasser: Paul Gangloff,
13, Chemin du Griesberg,
F-67200 Strasbourg

Nachricht

Albert Mahler – 30 Jahre Präsident der Mikroskopischen Gesellschaft Zürich

Albert Mahler hat sein Präsidium anlässlich der 50. Generalversammlung abgegeben. Juan Roca, neuer Präsident der Mikroskopischen Gesellschaft Zürich, verabschiedete und würdigte seinen Vorgänger mit schlachten und sehr freundschaftlichen Worten. Ein denkwürdiger Tag, so empfanden wohl alle Beteiligten diesen 5. April 1997. Aus dieser Stimmung heraus blätterte ich in den Mikroskopischen

Nachrichten, dem Mitteilungsblatt unserer Gesellschaft. Meine Sammlung beginnt mit dem Jahrgang 1973. In diesem Jahrgang stellt Albert Mahler – zu der Zeit seit fünf Jahren Präsident der Mikroskopischen Gesellschaft – die neue Aufmachung unseres Mitteilungsblattes vor. Die Art, wie dies geschieht, widerspiegelt eine seiner wesentlichen Eigenschaften. Unaufdringlich, mit einem liebenswürdigen



Margreth und Albert Mahler-Lee, das langjährige „Präsidentenehepaar“ der Mikroskopischen Gesellschaft Zürich.

Selbstbewußtsein, öffnet er uns die Augen, was für einen nützlichen Vorteil uns diese Veränderung bringt: Mit dem kleineren und handlicheren A5-Format, in farbigen Plastik-Ringbüchern aufbewahrt, erwerben wir mit der Zeit ein nettes Nachschlagwerk. Das stimmt und ich weiß es zu schätzen. Eingeschreut in den Protokollen, Ankündigungen, Fachartikeln, Verdankungen, Würdigungen ist vieles über den Präsidenten zu erfahren, über seine Persönlichkeit und sein Schaffen. Es sei mir erlaubt, aus dem reichlichen Angebot an guten Formulierungen und treffenden Ausdrücken zu schöpfen.

Seine gewinnende Art, auf Menschen zu wirken, sie zu stimulieren, sich spontan an ihre besten Fähigkeiten zu erinnern, hat charismatische Züge. Diese Weisensart wird immer wieder hervorgehoben.

„Man muß erlebt haben, wie unser Präsident mit seiner ihm eigenen charmanten und eleganten Art die Ereignisse zu interpretieren versteht. Da verwundert es nicht, wenn er im Schnellverfahren mitsamt dem übrigen Vorstand in globo wiedergewählt wird.“

Weiter sind seine gute Führungsfähigkeit der Mikroskopischen Gesellschaft und die viel geleistete Arbeit unbestritten. „Förderung der Mikroskopie“ so heißt es in den Statuten. Um dieses Leitbild zu verwirklichen, setzte er gleichwertig verschiedene Instrumente ein: Die wöchentlichen Abendkurse, die Mikroskopischen Nachrichten und die Kontaktplege. Die Kontaktplege mit Gleichgesinnten auf breiterster Ebene war ihm eine Freude und ein großes Anliegen. Daß ihm das gelungen ist, bezeugt die lange Liste der korrespondierenden ausländischen Gesellschaften und Institute und die große Anzahl „grenzüberschreitender“ Mitglieder unserer Gesellschaft. Es gehört zu seinem Einsatz, daß Mikroskopiertage

organisiert oder mit einer großen Teilnehmerzahl unserer Gesellschaft besucht wurden. Das Fluidum, dieser Tagungen und der Kurse ist eine Mischung aus wissenschaftlichen Erfahrungen, hohem Niveau an Fachwissen und – ganz wesentlich – den freundschaftlichen menschlichen Beziehungen. Das gilt auch für die mehrtägigen Exkursionen und für die großen Reisen, die uns fast jährlich geboten wurden. Jeweils alternativ zum mikroskopischen Teil gab es ein interessantes kulturelles Programm. Der Sinn war, lehrreiche, frohe und gesellige Tage zu verbringen, wo alle auf irgendeinem Lieblingsgebiet auf ihre Kosten kamen.

Hier soll nicht mehr auf Albert Mahlers perfektes Organisationstalent eingegangen werden, es ist legendär.

„Das Jahresprogramm steht an erster Stelle, notieren sie die Daten in Ihre Agenda.“ The Master's Voice! Es war sein Vorteil, neben sich kompetente Kollegen wirken zu lassen. So war es möglich, für die wöchentlichen Aktivitäten wie Praktika, Vorträge, Kurse und Exkursionen hervorragende Referenten zu engagieren.

„Die Arbeitsabende waren sehr gut besucht, oft mußten weitere Stühle herbeigeschafft werden. Es scheint, daß wir auf dem richtigen Weg sind.“ Wir, das ist das Ehepaar Mahler-Lee. Die erfolgreiche Zeit unserer Gesellschaft haben der Präsident und seine Gattin gemeinsam erschaffen. Auch darüber sollen keine Worte hinzugefügt werden, diese Zusammenarbeit hat ebenfalls Legendäres an sich.

Die Redaktion der Mikroskopischen Nachrichten, Mitteilungsblatt der Mikroskopischen Gesellschaft Zürich, lag bis zum heutigen Tag in den Händen des Ehepaars Albert und Margreth Mahler. Es braucht viel Zeitaufwand, um das Mitteilungsblatt auf einem qualitativen hohen informativen Niveau zu halten. Das dürfte bestätigt sein durch die Aussage eines prominenten Mikroskopikers: Zuerst wird mit Freude das „Zürcher Blatt“ gelesen, bevorzugt vor dem Stapel anderer wichtiger Post.

Durch die Rückschau auf die vielen Ereignisse in unserer Gesellschaft kann ich nachvollziehen, daß es bedrückend traurig ist, von solch einem geschlossenen erfolgreichen Werk Abschied zu nehmen, und daß es viel Zeit braucht, bis man zulassen kann, mit Freude und Stolz an das gelungene Werk zu denken. Und das Werk ist solid gestaltet, wie ein breit angelegter gut gangbarer Weg, in dem viele Nebenstraßen münden und der weit über die Grenzen führt. Ein solch gut ausgebautes Wegenetz zerfällt ja nicht so leicht. Tatsache ist, daß heute ein Präsident aus dem bewährten Mitarbeiterstab der Mikroskopischen Gesellschaft vorsteht. Wenn die Wege gut unterhalten werden, sollte eine ersprießliche Förderung der Mikroskopie möglich sein. Und wir hoffen, das Ehepaar Mahler-Lee oft an einem Wegabschnitt anzutreffen im Gespräch mit Freunden. Vielleicht haben sie auch diese und jene Verbesserung vorzuschlagen.

Annette Meier, Zürich

Sklereiden in der Baumrinde

Michaël Trockenbrodt

Obwohl Holz und Rinde eines Baumes gleichen kambialen Ursprungs sind, unterscheiden sich beide Gewebe stark hinsichtlich ihrer Struktur und Funktionen. Ein fundamentaler Unterschied – neben vielen anderen – besteht darin, daß die Rinde im Verlauf ihrer Entwicklung vielfältigen strukturellen Veränderungen unterliegt, während sich das Holz nach seiner Differenzierung strukturell nicht mehr verändert. Diese Veränderungen des Rindengewebes sind durch die Umfangserweiterung des Stammes aufgrund der Kambialaktivität bedingt. Das in der Mikroskopie wohl bekannteste Phänomen dieser Anpassung ist die Dilatation der Rindenstrahlen. Die Bildung von Sklereiden ist ein weiterer, ebenso wichtiger Vorgang der Gewebeanpassung. Der vorliegende Aufsatz berichtet über einige Aspekte der Entwicklung und Bedeutung der Sklereiden der Baumrinde.

Eine präzise Definition von Sklereiden bereitet gegenwärtig noch Schwierigkeiten, da eine Abgrenzung dieses Terminus von ähnlichen und parallel verwendeten Bezeichnungen, wie z. B. Sklerenchym, Steinzelle, Brachyskleride, sklerotische Zelle oder Fasersklereide, auf rein morphologisch-struktureller Basis nicht möglich ist. Die Einbeziehung ontogenetischer und funktioneller Aspekte in eine Definition erscheint notwendig, erfordert aber weitere detaillierte Untersuchungen (cf. Trockenbrodt 1990). Bis dahin können als Arbeitsgrundlage dickwandige Zellen mit meist polylamellatem Wandaufbau als Sklereiden bezeichnet werden, wenn sie sekundär aus Zellen gebildet werden, die funktionell schon einmal festgelegt waren. Dies können in der Baumrinde axiale Phloemparenchymzellen und Phloemstrahlzellen sein, aber auch Cortexparenchymzellen, Phelldermzellen oder Geleitzellen.

Entwicklung von Sklereiden

Der erste im Mikroskop sichtbare Schritt der Sklereidenbildung ist zumeist eine Dilatation (Vergrößerung) der betroffenen Zellen (Abb. 1). Das Ausmaß und die Form der Dilatation variieren stark. Diesbezügliche Gesetzmäßigkeiten sind bisher nicht bekannt. Allgemein läßt sich sagen, daß die größten Sklereiden

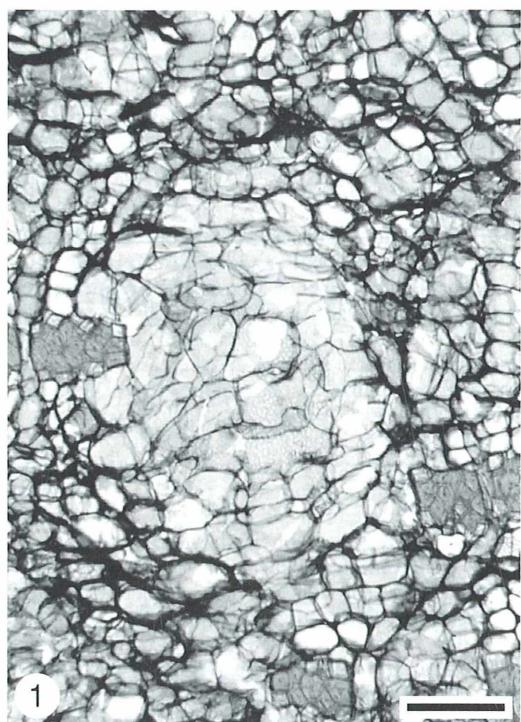


Abb. 1: Stiel-Eiche (*Quercus robur*): Rindenquerschnitt. Isodiametrische Vergrößerung axialer Phloemparenchymzellen zu Beginn der Sklereidenbildung. Durchlicht-Hellfeld.
Maßstab 80 µm.

meist aus axialen Phloemparenchymzellen im sekundären Phloem entstehen. Die Zellen vervielfachen z. T. ihr Volumen bei der Umformung zu Sklereiden. Stark vergrößerte Sklereiden können jedoch auch aus Phloemstrahlzellen hervorgehen (Abb. 2). Dies geschieht jedoch im allgemeinen seltener. Nur geringfügig vergrößerte Sklereiden sind häufig im Cortex, im Grenzbereich von Cortex und sekundärem Phloem und in den Phloemstrahlen vorhanden (Abb. 3). Während sich axiale Phloemparenchymzellen meist isodiametrisch oder unregelmäßig (Abb. 4), zuweilen sogar verzweigt vergrößern, strecken sich Phloemstrahlzellen im Bereich der Rindendilatation vorwiegend in tangentialer Richtung (Abb. 2). All diese Beobachtungen sind jedoch nicht als Gesetzmäßigkeiten zu betrachten. Es ist zu vermuten, daß das Ausmaß und die Form der Dilatation der Zellen nicht in erster Linie durch die 'Her-

kunft' der Zelle, sondern durch andere Faktoren wie die durch Umfangserweiterung hervorgerufenen tangentialen Gewebespannungen beeinflußt werden.

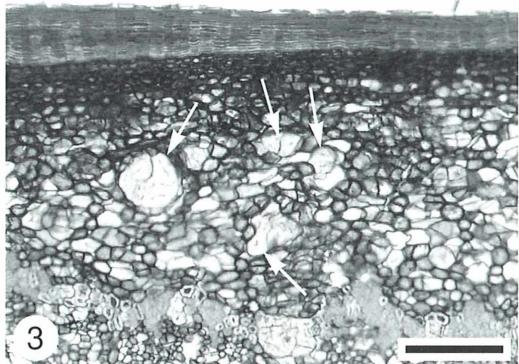


Abb. 3: *Quercus robur*, Rindenquerschnitt. Sklereiden (Pfeile) in Cortex. Durchlicht-Hellfeld. Maßstab 200 µm.

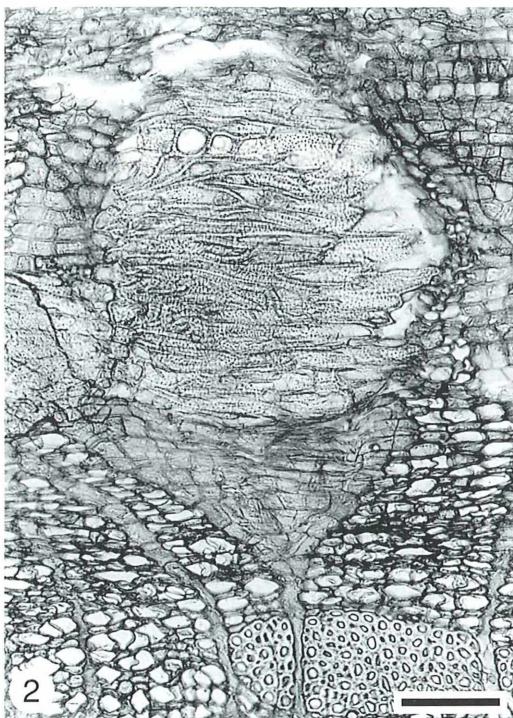


Abb. 2: *Quercus robur*, Rindenquerschnitt. Tangential Vergrößerung von Phloemstrahlzellen zu Beginn der Sklereidenbildung. Durchlicht-Hellfeld. Maßstab 160 µm.

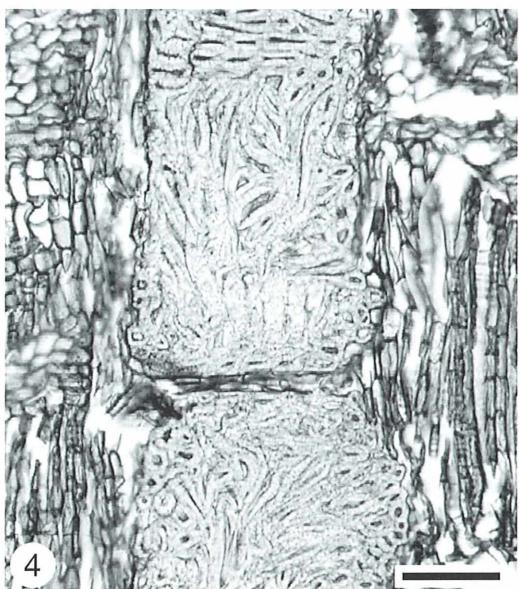


Abb. 4: Zitter-Pappel (*Populus tremula*): Rindenradialschnitt. Isodiametrisch und unregelmäßig vergrößerte Sklereiden aus axialem Phloemparenchym. Durchlicht-Hellfeld. Maßstab 140 µm.

Zum Zeitpunkt ihrer Dilatation weisen die Zellen häufig vergrößerte Zellkerne auf (Abb. 5). Im Verlauf der Sklereidenbildung folgt der Zelldilatation eine Sekundärwandentwicklung. Diese ist meist so ausgeprägt, daß die ausdifferenzierten Sklereiden sehr dickwandig sind (Abb. 6). Ihre Wände weisen dann eine polylamellate Struktur auf, die auf einen Richtungswechsel der Fibrillenrichtung zurückzuführen ist (Parameswaran 1975).

Es scheint mehrere Entwicklungsmuster bei der Sklereidenbildung zu geben. So kann sie z. B. mit einer Ursprungszelle beginnen, von der aus sie zentrifugal fortschreitet. Die am weitesten umgeformten Zellen befinden sich also im Zentrum einer Gruppe von zukünftigen Sklereiden (Abb. 7). Die Sklereidenbildung kann jedoch auch in einer Reihe von Zellen, die sich mehr oder weniger im gleichen Abstand zum Kambium befinden, relativ zeitgleich beginnen. Sie schreitet dann in radialer Richtung fort, bis zuvor gebildete Sklereiden erreicht werden (Abb. 8). Die Sklereidenbildung scheint sich hier z. B. an der Jahrring- bzw. Zuwachsstruktur der Rinde zu orientieren. Beobachtungen an einer Vielzahl verschiedener Rinden (vergl. z. B. Roth 1981) lassen vermuten, daß es weitere Entwicklungsmuster gibt.

Auffällig ist, daß die Ursprungszellen häufig in direktem Kontakt mit lignifizierten Zellen, d.h. sekundären Phloemfasern oder primären Rindenfasern stehen (Abb. 9). Dies ist jedoch keine Bedingung für die Entstehung von Sklereiden, da diese auch im sekundären Phloem von Baumrinden gebildet werden, die keine sekundären Phloemfasern aufweisen.

Die ersten Sklereiden können sich schon beim Übergang zum sekundären Dickenwachstum bilden. Im primären Sproß vieler Bäume sind die primären Phloemfasergruppen ringförmig angeordnet. Sofort beim Einsetzen des Dickenwachstums bilden sich zwischen den primären Phloemfaserbündeln liegende Parenchymzellen (Interfazikuläres Parenchym, Cortexparenchym) zu Sklereiden um. Die Zellen vergrößern sich jedoch meist nicht stark. Ihre Er-

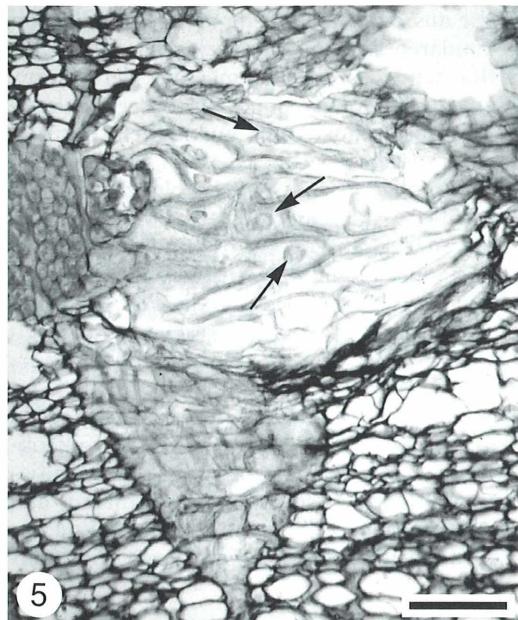


Abb. 5: *Populus tremula*, Rindenquerschnitt. Vergrößerte Zellkerne (Pfeile) in dilatierenden Phloemstrahlzellen zu Beginn ihrer Umwandlung in Sklereiden. Durchlicht-Helffeld. Maßstab 80 µm.



Abb. 6: Weiß-Birke (*Betula pendula*): Rindenquerschnitt. Dickwandige Sklereiden im sekundären Phloem. Durchlicht-Helffeld. Maßstab 150 µm.

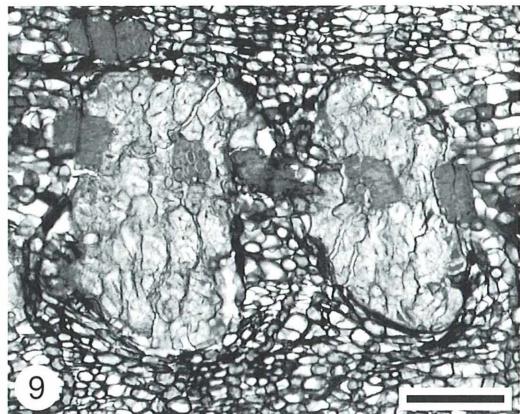
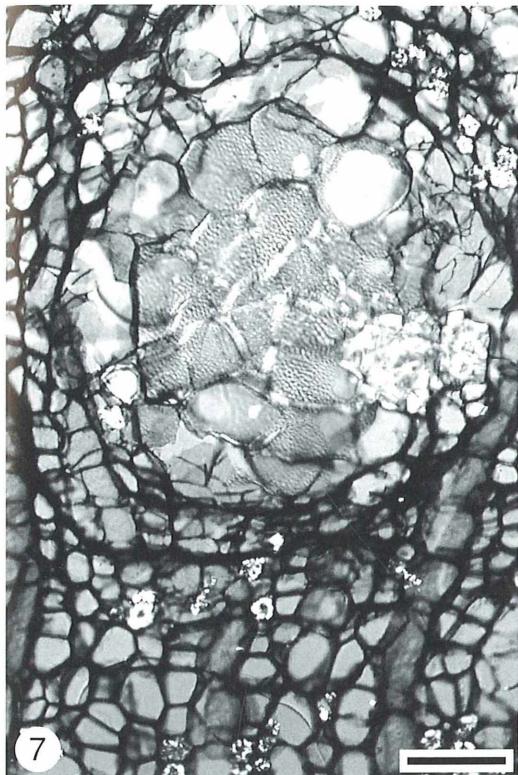


Abb. 7: *Quercus robur*, Rindenquerschnitt. Zen-trifugal gerichtete Sklereidenbildung; die am weitesten umgeformten Zellen mit fortgeschritte-ner Sekundärwandbildung liegen im Zentrum der Gruppe. Polarisiertes Licht. Maßstab 70 µm.

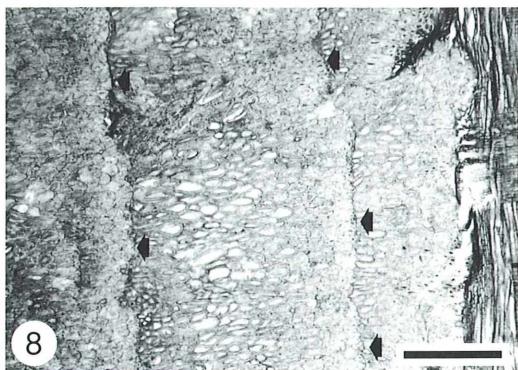
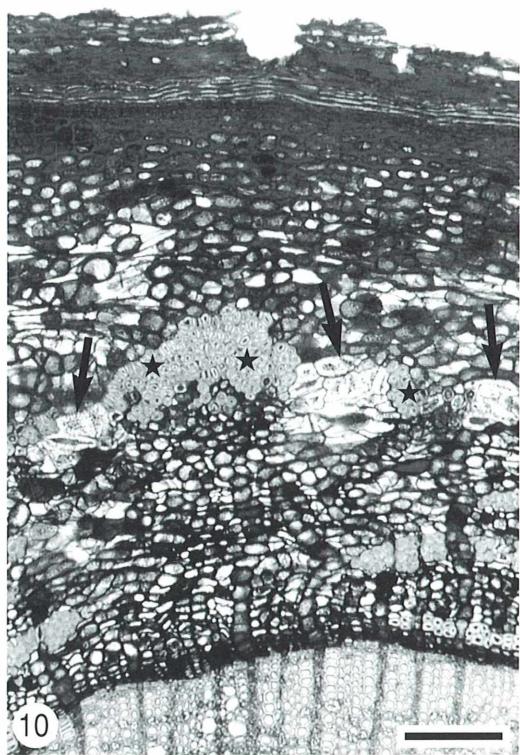


Abb. 8: *Betula pendula*, Rindenradialschnitt. Ra-dial gerichtete Sklereidenbildung im sekundären Phloem; Pfeile markieren Zuwachszenen des se-kundären Phloems. Durchlicht-Hellfeld. Maßstab 650 µm.



weiterung erfolgt häufig nur leicht in tangentialer Richtung. Es entsteht ein kontinuierlicher gemischter Faser-/Sklereidenring (Abb. 10). Dieser reißt jedoch im Verlauf der weiteren Umfangs- und Gewebeerweiterungen der Rinde meist wieder auf. Auch im Cortex entstehen häufig Sklereiden, die jedoch ebenfalls nicht stark vergrößert sind. Für einige Zeit ist die Sklereidenbildung auf diesen Bereich der Rinde beschränkt. Erst später, häufig nach mehreren Jahren, setzt eine Sklereidenentwicklung im sekundären Phloem ein. Das Ausmaß der Sklereidenbildung ist sehr variabel, kann jedoch so ausgeprägt sein, daß altes Rindengewebe zum großen Teil aus Sklereiden besteht (vergl. Abb. 6 und 8).

Funktionelle Bedeutung der Sklereiden

Durch die Umfangserweiterung des Stammes infolge des Dickenwachstums entstehen im älteren Rindengewebe tangentiale Gewebespannungen. Neben dem Siebröhrenkollaps, der reinen Gewebedilatation, die am deutlichsten bei der Phloemstrahldilatation wird, und der Rhytidombildung, bei der älteres Gewebe abgestoßen wird, ist die Sklereidenbildung eine weitere Veränderung des Rindengewebes, die eine Reduzierung dieser Spannungen zur Folge hat. Die Sklereidenbildung trägt somit zur Stabilität und Festigkeit des Rindengewebes bei. Wegen ihrer Härte und ihres zum Teil massenhaften Auftretens wird den Sklereiden eine mechanische Schutzfunktion zugesprochen. Unser Wissen über die funktionelle Anatomie der Rinde ist in dieser Hinsicht jedoch noch sehr unvollständig.

Sklereiden und Taxonomie

In vielen Fällen ist das Vorhandensein oder Fehlen von Sklereiden ein konstantes Merkmal

innerhalb einer taxonomischen Gruppe. So können einige Gattungen durch dieses Merkmal eindeutig unterschieden werden. Auch Größe, Form und Wandaufbau der Sklereiden in Relation zu ihren Ursprungszellen, Differenzierungsmuster und die Anordnung der Sklereiden können Anhaltspunkte für die Zugehörigkeit zu einer Gruppe sein (vgl. z. B. Richter 1981; Archer und Van Wyk 1993; Donghua und Xinzeng 1993). Es ist dabei jedoch zu beachten, daß Sklereiden häufig erst in 'älterer' Rinde zu einem charakteristischen Bestandteil des Gewebes werden. Dies muß bei der anatomischen Beschreibung von Baumrinden berücksichtigt werden. Beim Vergleich von Baumrinden müssen daher Rindenproben vergleichbarer Entwicklungsstufen herangezogen werden. Dies ist in der Vergangenheit nicht immer in ausreichendem Maße geschehen. Die Auswertung der vorhandenen Literatur ist dadurch erheblich eingeschränkt.

Literaturhinweise

- Archer, R. H., van Wyk, A. E.: Bark structure and intergeneric relationships of some Southern African Cassinoideae (Celastraceae). IAWA J. 14, 35–53 (1993).
- Donghua, L., Xinzeng, G.: Comparative anatomy of the secondary phloem of ten species of Rosaceae. IAWA J. 14, 289–298 (1993).
- Parameswaran, N.: Zur Wandstruktur von Sklereiden in einigen Baumrinden. Protoplasma 85, 305–314 (1975).
- Richter, H. G.: Anatomie des sekundären Xylems und der Rinde der Lauraceae. Sonderbände des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg 5. P. Parey, Hamburg-Berlin 1981.
- Roth, I.: Structural patterns of tropical barks. Handbuch der Pflanzenanatomie, Vol. IX/3. Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart 1981.
- Trockenbrodt, M.: Survey and discussion of the terminology used in bark anatomy. IAWA Bulletin new series 11, 141–166 (1990).

Mikro-Einsteiger

Beerenauslese Einladung zur Mikroskopie herbstlicher Früchte

Bruno P. Kremer

Von den Frühreifen des Hochsummers bis zur Nachlese des Spätherbstes bieten Garten und Natur eine beachtliche Bandbreite verführerischer Früchte. Auch wenn sie nicht alle für den Obstsalat geeignet sind, versprechen sie immerhin mancherlei optische Genüsse. Hier bieten wir Ihnen ein kleines Potpourri einladender Appetithäppchen in Form einfacher Zell- und Gewebepräparate.

Zweimal im Jahr nehmen viele Pflanzen sehr gerne den größeren Aktionsradius von Tieren in Anspruch – im Frühjahr und Sommer bei der zielgenauen Pollenspedition von Blüte zu Blüte und später im Jahr noch einmal, um als Samen oder Frucht mit einem tierischen Taxi das Weite zu suchen. Wie beim betriebsamen Flugverkehr zwischen den Blüten buntblumiger Arten spielt auch in der Verbreitungsbiologie der Früchte die klassische Zuckerbrotmethode eine bedeutende Rolle: Saftige Steinfrüchte und Beeren mit reizvollem, farblich besonders auffallendem Make-up locken wie die Äpfel im Paradies. Während die einladende und tatsächlich verzehrte Frucht den üblichen Weg allen Fleisches geht, überstehen die meisten der damit gleichzeitig konsumierten Samen den Ferntransport während der Magen-Darm-Passage unbeschadet. Von den Kräutern setzen vor allem die Stauden diese auf den ersten Blick etwas aufwendige, aber sehr raumwirksame Verbreitungsbiologie ein. Unter den Gehölzen findet man die gleiche Strategie bei zahlreichen Sträucher und kleinen Baumarten.

Das verbreitungstechnisch höchst trickreiche und nach statistischen Kriterien auch sehr wirksame Verfahren funktioniert allerdings nicht nur mit fruchtsammelnden Vögeln und Säugetieren. Auch Ameisen, die sich im Bestäubungsgeschäft der Pflanzen bezeichnenderweise nur wenig engagieren, sind eine bemerkenswert raumwirksame Schlepperbande, wenn es um den Ferntransport von Samen

geht. Eigens als nahrhafte Ameisenmahlzeit vorgesehen, sitzt an den Samen mancher Pflanzen ein ölhaltiges Anhängsel (Elaiosom genannt), welches die Tiere sehr gerne verzehren und deshalb entsprechende Samen eifrig einsammeln. Dabei betätigen sie sich sozusagen als Gärtner, denn die vergraben, liegenbleibenden oder sonstwie vergessenen Samen keimen bei nächster Gelegenheit aus. Das erklärt die rasche Verbreitung beispielsweise von Ginster-Arten, Veilchen, Wolfsmilch und vielen anderen Ödlandpionieren.

Andere Pflanzen setzen in ihrer Verbreitungsbiologie mehr auf feder-, haar- und kleidertragende Wirbeltiere. Ihre Früchte oder Samen arbeiten nach dem Häkelnadel- oder Enterhakenprinzip und lassen sich somit gleichsam als blinde Passagiere verschleppen. Kletten-Labkraut, Waldmeister, Wilde Möhre und Odermennig erreichen auf diese Weise eine sehr besondere Anhänglichkeit und mit diesem Mittel zum Zweck auch ganz beachtliche Reichweiten.

Besonders interessant sind natürlich auch pflanzlichen Luftakrobaten, die federleicht oder samtig als Segler, Fliegende Teppiche oder Fallschirmspringer durch die Lüfte eilen. Die Betrachtung mit der Lupe zeigt, daß sie ihre Luftfahrt durch besondere Oberflächenvergrößerung erreichen – entweder durch lange Schwebehaare wie die Pappeln und Weiden, mit haarfeinen Schirmchen wie Löwenzahn und Weidenröschen oder breite Gleitsäume wie die Birken. Nur wenige dieser Basiskon-

struktionen hat unsere Technik übernommen und weiterentwickelt.

Ein schönes Früchtchen

Uns interessieren hier von den vielseitig durchkonstruierten pflanzlichen Verbreitungseinheiten vor allem diejenigen spätsommerlichen oder herbstlichen Früchte, deren Verbreitungsbioologie gerade nicht auf zeitweilige Luft- oder Seefahrt setzt, sondern mit augenfälliger Farbe und anregendem Geschmack auf den Appetit hungriger Konsumenten abzielt. Farbigkeit ist – der Vergleich mit den ausgeklügelten Verführungskampagnen moderner Werbestrategien drängt sich geradezu auf – auch bei den Früchten vor allem eine Sache der Verpackung, zusagende geschmackliche Qualitäten dagegen eher eine Angelegenheit der inneren Gewebe-schichten, die sich während der Reifezeit unter Vergrößerung, Umgestaltung und funktioneller Spezialisierung im allgemeinen aus der Wand des Fruchtknotens entwickeln.

Nur selten setzt die Natur zu dieser Standardroute der Fruchtausformung gewebe- und entwicklungstechnische Alternativen ein. So entsteht die optisch (im Blick auf die Konsumenten sicher nicht von ungefähr) wie eine konventionelle Beerenfrucht aussehende, dazu sehr saftige und ausgesprochen vitaminreiche Verbreitungseinheit beispielsweise des Sanddorns ausnahmsweise aus dem verwachsenblättrigen Kelch der Blüte und eben nicht aus dem Fruchtknoten. Auch die schwarzrote, saftreiche und sehr wohl schmeckende Maul „beere“ entsteht beim Reifevorgang aus Teilen der ehemaligen Blütenhülle. Eine ganze Reihe sehr ungewöhnlicher Mechanismen zur Bildung von attraktiven Scheinfrüchten kommt bei vielen Vertretern der Rosengewächse vor: So kann man Äpfel, Birnen, Erdbeeren oder Hagebutten entwicklungsbiologisch überhaupt nicht mit Kirschen oder Pflaumen vergleichen, denn ihr „Frucht“fleisch entsteht aus Achsenge-webe. Auch wenn sich die Form- und Gestaltbildungswege fallweise sehr verschieden zeigen, sind die Werbemittel fast immer die gleichen: Mit prallen Formen und grellen Farben adressieren die Pflanzen ihre lecker verpackten Samen zunächst einmal an die Augen poten-tieller Fruchtkonsumenten. Allerdings sehen die Saftfrüchte mancher Sträucher nach unse-rer Einschätzung nicht unbedingt wie der letzte

Schrei aus. Die blaubereiften Steinfrüchte der Schlehen oder die glänzend schwarzen Beeren des Ligusters empfinden wir im Gegensatz zur Kirsche aus Nachbars Garten oder zum rot-backigen Apfel nicht als besonders einladend. Vogelaugen registrieren deren Erscheinungsbild jedoch völlig anders: Fast alle tiefdunkel-blau, blauschwarz bereift oder sonstwie tarn-farbig erscheinenden Früchte reflektieren in hohem Maße kurzwellige Strahlung und er-scheinen daher den UV-tüchtigen Konsumenten-augen sogar besonders grell.

Menge und Mischung

Wie die Blüten setzen auch die Früchte in ihren Zellen im wesentlichen nur zwei verschiedene Farbgebungsverfahren ein: Entweder sind gelbliche oder kräftiger rötliche, wasserlösliche Farbstoffe in den Vakuolen der Fruchtschalen (Oberhaut- oder Epidermiszellen) enthalten, oder die Farbwirkung geht auf besondere, meist kräftig orangegelb pigmentierte Plasti-den zurück. Nicht selten sind auch beide Ver-fahren im gleichen Gewebe am Erscheinungs-bild einer bunten Frucht beteiligt.

Beobachtungsanregung

Brauchbare Präparat zur mikroskopischen Kontrolle, welche die Unterschiede sofort zeigen, sind denkbar einfach herzustellen:

- Man zieht mit einer spitzen Pinzette von Beeren oder beerenähnlichen Früchten (Heidelbeere, Liguster, Feuerdorn, Stechplame, Schneeball, Tomate) ein Stückchen Fruchtschale (Epidermis, etwa 2 × 2 mm groß) ab.
- Von Äpfeln, Birnen oder anderen Früchten mit schlecht ablösbarer Epidermis fertigt man einen möglichst dünnen Flächen-schnitt an.
- Auf der Rückseite eventuell noch anhaftendes Fruchtfleisch wird zur Verbesserung der Beobachtungs- und Bildqualität mit der Präpariernadel oder der Deckglaskante vor-sichtig weggeschabt.
- Die Materialprobe legt man mit der Wundseite nach unten in einen Tropfen Wasser auf den Objekträger, legt ein Deck-glas auf und betrachtet sie bei kleiner bis mittlerer Vergrößerung.

In den Fruchtepidermen von Liguster, Schlehe, Sauerdorn (Berberitz), Mahonie, oder Roter

Weinbeere erkennt man sofort, daß mit Farbe einheitlich angefüllte Vakuolen die Epidermiszellen komplett ausfüllen. Meist sind die Epidermiszellen relativ klein bemessen und ziemlich dickwandig, so daß sie in der Flächenansicht ein vergleichsweise engmaschiges und meist sehr formschönes Netzwerk bilden. Zu bedenken ist immerhin, daß die meist nur eine Zellschicht dicke Epidermis den gesamten Turgordruck der prallen, sonst nicht weiter mit tragenden Elementen versehenen Fruchtfüllung (= Mesokarp) aushalten und für das gesamte Fruchtgebilde die Form wahren muß. Sofern die Epidermiszellen einigermaßen dickwandig sind, lassen sich hier sehr schön Tüpfelkanäle erkennen, über die benachbarte Zellen miteinander in direkter plasmatischer Verbindung stehen. Häufig sind die Zellen mit Vakuolenpigmenten relativ uneinheitlich ausge-

färbt - neben einzelnen, völlig pigmentfreien Zellen gruppieren sich solche mit stärkerer bis sehr dichter Farbstoffkonzentration (Abb. 1-4). Über die Reaktionsfähigkeit solcher gefärbter Vakuolen in den Epidermiszellen orientiert ein kleiner osmotischer Zusatzversuch: Legt man das Epidermispräparat in eine stärker konzentrierte Zucker- oder Kochsalz-Lösung, verkleinert sich der Vakuolenraum, und die ursprüngliche Farbdichte nimmt noch einmal beträchtlich zu (Abb. 3b).

Beim Beobachten der Farbwerte fällt außerdem auf, daß sich die Vakuolenfärbung im mikroskopischen Bild völlig anders darstellen

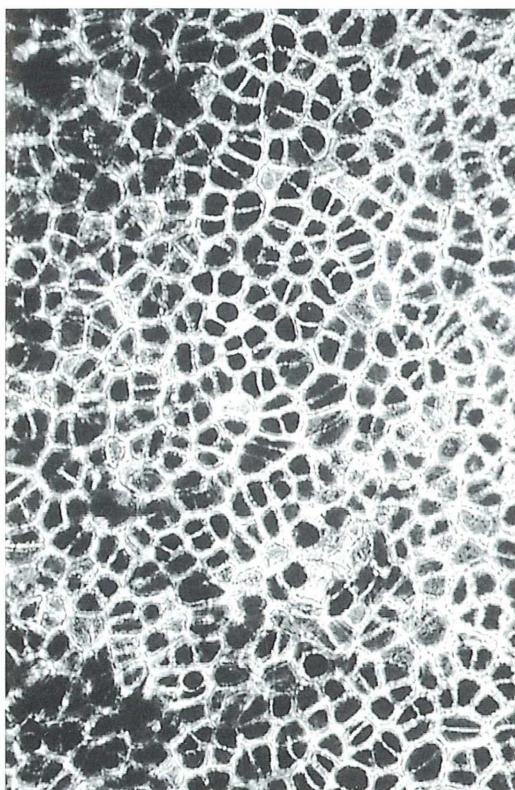


Abb. 1: Schlehe (*Prunus spinosa*), Epidermis der Steinfrucht. Die Zellen sind uneinheitlich groß und offensichtlich mit sehr unterschiedlichem Farbstoffmengen ausgestattet.

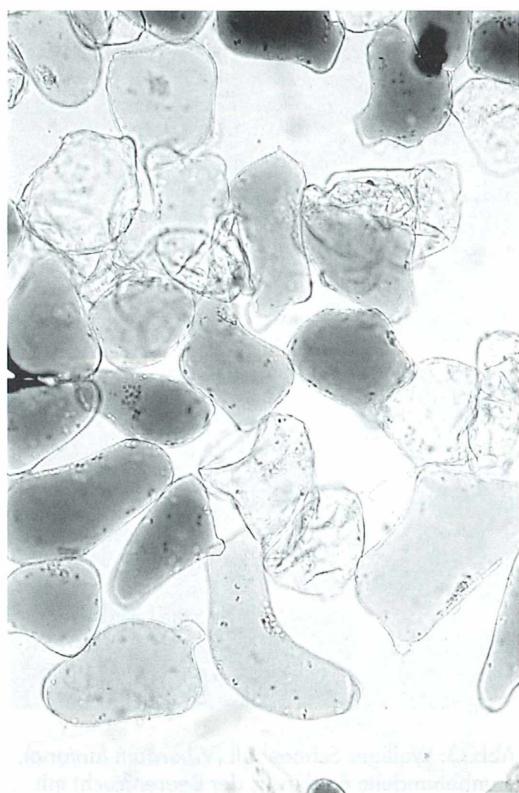
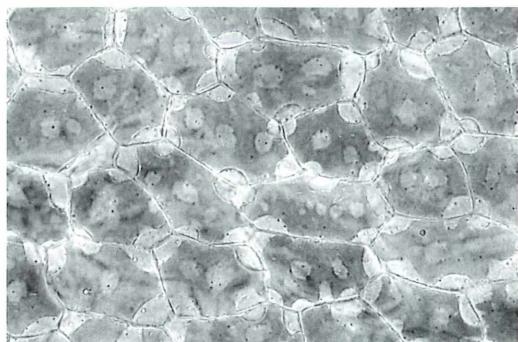


Abb. 2: Liguster (*Ligustrum vulgare*), Zellen aus dem Fruchtfleisch (Mesokarp) der Beerenfrucht. Im Zustand fortgeschrittener Fruchtreife lösen sich die einzelnen Zellen an den Mittellamellen ihrer Zellwände sehr leicht voneinander. Gut erkennbar ist die große, mit wässriger Farbstofflösung gefüllte Zentralvakuole und der farblose Plasmawandbelag, der noch Chloroplasten enthält.



a



b

Abb. 3: Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), a unbehandelte Epidermis der Beerenfrucht mit relativ dünnwandigen, aber getüpfelten Zellen und Partikeln (meist ungefärbte Plastiden) im Plasmawandbelag; b nach Behandlung mit 0,7 molarer Kaliumchlorid-Lösung und osmotischer Veränderung der Vakuolenräume.

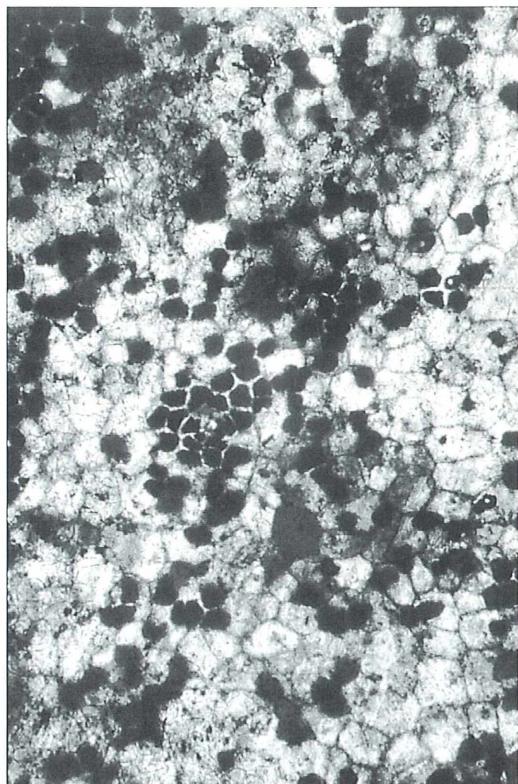


Abb. 4: Stechpalme (*Ilex aquifolium*), Fruchtepidermis. Die Rottfärbung geht auf Anthocyane in den Vakuolen und auf Chromoplasten zurück. Die Epidermiszellen gruppieren sich um Spaltöffnungsapparate (Stomata).

kann als im makroskopischen Erscheinungsbild einer Frucht. Die blauschwarze Schale der Schlehen-Steinfrucht erweist sich im Präparat allenfalls als sehr betont purpur, und auch bei der Mahonie (*Mahonia aquifolium*) sieht man in den Epidermen der wachsig graublau bereiften Beeren eher rot. Die zusätzliche Oberflächenausstattung dieser Früchte mit einem wachsigen Belag ist offenbar mitbestimmend für die andersartige Gesamtwirkung. Bei vielen anderen Früchten ist die Vakuole der Epidermiszellen ganz normal wasserhell, aber das Cytoplasma der Zellen enthält anstelle normal grüner Chloroplasten eine größere Anzahl chromgelb bis orangefarbt gefärbter Plastiden, die man als Chromoplasten bezeichnet. Schöne Beispiele bieten unter anderem die ap-

felartigen Früchte des Feuerdorns (*Pyracantha coccinea*), die pergamentartige Fruchthülle der in Gärten angepflanzten Lampionpflanze (*Physalis alkekengi*), sämtliche Hagebutten (*Rosa spec.*) oder Rote Paprika (*Capsicum annuum*) und Tomate (*Lycopersicum esculentum*). Nach feinstrukturellen Kriterien lassen sich mindestens drei verschiedene Chromoplasten-Typen unterscheiden. Im Lichtmikroskop erkennt man davon zumindest die weit verbreiteten kristallösen Ausgaben, deren farbintensive Carotenoïd-Ladung zu einem plattigen oder spindelförmigen Gebilde von kristallähnlicher Beschaffenheit zusammengeballt ist. Schöne Chromoplasten findet man natürlich auch im Fruchtfleisch gelber oder roter (Schein-)Früchte, vor allem in den besonders großen Hagebutten der Runzel-Rose (*Rosa rugosa*) oder in Tomaten. Auch hiervon lassen sich auf sehr einfache Weise brauchbare Präparate herstellen, indem man mit der Präparier-nadel ein wenig Material aus dem (im Reifezustand ohnehin mehliger-mazerierten) Fruchtfleisch entnimmt und in einem Tropfen Wasser ausstreicht. Für die Untersuchung von Chromoplasten eignen sich unter anderem auch Weißdorn- und Feuerdornfrüchte sowie die knallroten Samenmäntel (Arillen) der Eiben, die als einzige Teile dieser Pflanzen ausnahmsweise nicht giftig sind. Die Präparation wird in letzterem Fall allerdings kaum einmal intakte Zellen liefern, denn das fleischige Gewebe zerfließt beim Öffnen der Epidermis sofort zäh-schleimig. Das Vorkommen von Chromoplasten gerade in diesem Verwandtschaftskreis ist ungewöhnlich und eher eine erwähnenswerte Ausnahme. Normalerweise sind gelb gefärbte, ausschließlich carotenoïdführende Plastiden fast immer eine Sache der bedecktsamigen Pflanzen. Bezeichnend ist bei der Eibe fernerhin, daß der Wind als Verbreitungshilfe den Pollentransport zwischen den Blüten erledigt, die Samenverbreitung über hungrige Mägen jedoch den Vögeln anvertraut wird und damit völlig andere Vektoren am Werk sind.

gelben Seite von Äpfeln, wozu man wiederum nur kleine, gegebenenfalls durch Wegschaben anhaftender Reste vom Nachbargewebe etwas transparentere Schalenstückchen (Epidermen) untersucht. Hier fällt die fenstersprossenartige Unterteilung der größeren Epidermiszellen auf (Abb. 5). Noch eindrucksvoller zeigt sich die Sprossenfensterarchitektur in den Epidermiszellen der Birne, die botanisch ebenfalls eine Apfelfrucht darstellt (Abb. 6). Im Fruchtfleisch der Birne findet man, die für ihren leicht knirschend-sandigen Beigeschmack verantwortlichen Steinzellnester (Abb. 7). Man kann sie mit Nachweisreagenzien für Holzsubstanz (Lignin), beispielsweise Phloroglucin-Salzsäure, noch ein wenig kosmetisch nachbehandeln und gegenüber ihrer Umgebung kontrastreich darstellen. Leichtes Klopfen mit der Bleistifträcksseite auf das Deckglas zerlegt die ziemlich

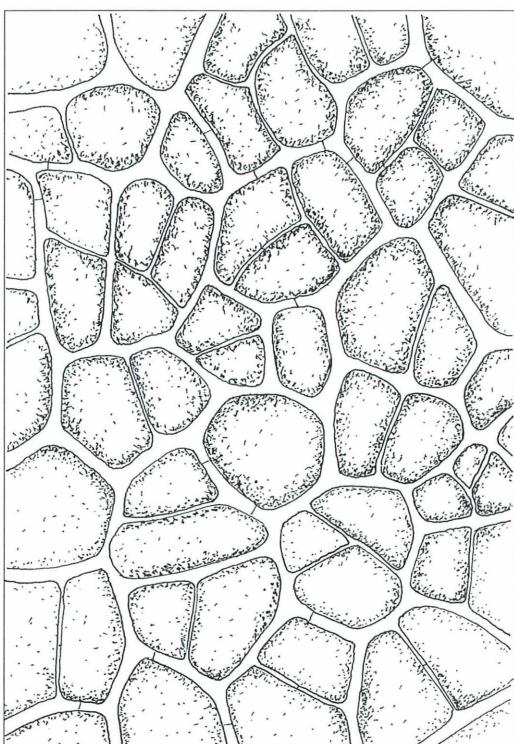


Abb. 5: Apfel (*Malus domestica*), Epidermis der Apfelfrucht. Die schwach getüpfelten Zellwände sind sehr unterschiedlich dick, so daß der Eindruck von „Fenstersprossen“ entsteht.

Präparate zum Reinbeissen

Die mikroskopische Untersuchung von Fruchtfarben und deren zellulärer Farbtechnologie bietet genügend Stoff für viele Stunden Beobachten und Dokumentieren. Aufschlußreich ist beispielsweise der Vergleich der roten mit der

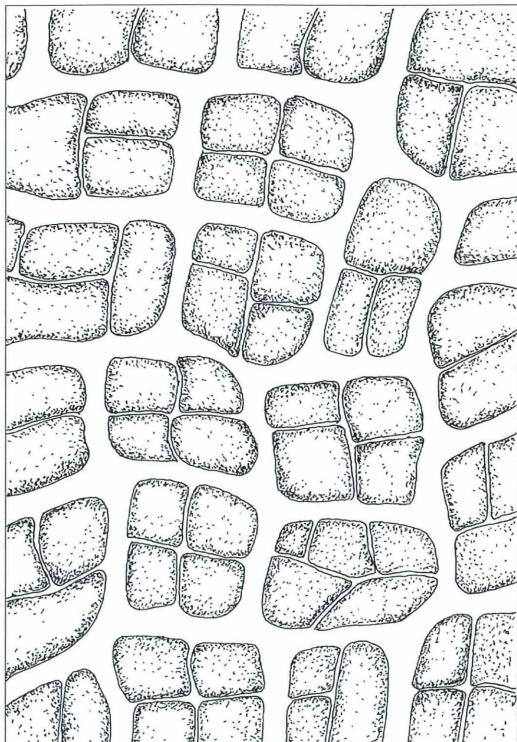


Abb. 6: Birne (*Pyrus communis*), Epidermis der Birnenfrucht. Die Zellwände sind wenig oder gar nicht getüpfelt. Das relativ kleinzelige Gewebe ist stärker gefenstert als beim Apfel.

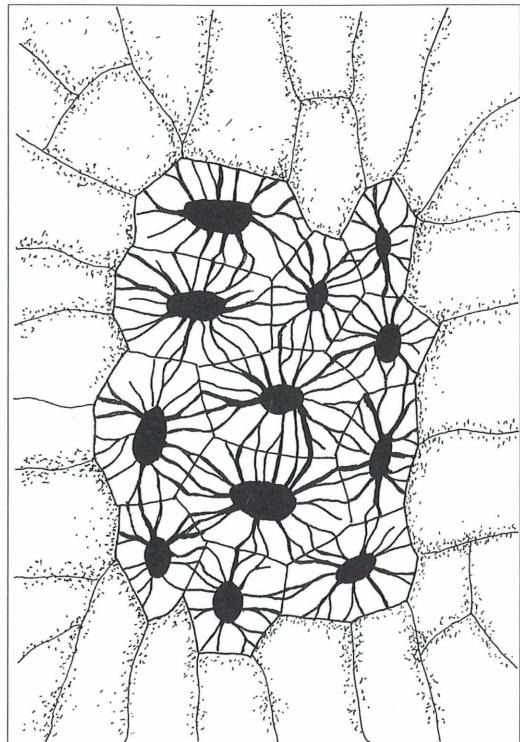


Abb. 7: Birne (*Pyrus communis*), Steinzellnest aus dem Fruchtfleisch. Solche Steinzellen, deren stark verdickte und verholzte Wände verzweigte Tüpfelkanäle zeigen, sind für die „sandige Körnigkeit“ des Fruchtfleisches verantwortlich.

dicht eingestreuten, zunächst als grauschwarze Klumpen in den Blick tretenden Steinzellenester und lässt die verzweigten Tüpfelkanäle besser hervortreten.

Spannend kann sich die Suche nach eventuell vorhandenen Spaltöffnungen oder sonstigen Hilfsmitteln gestalten, die den Gasaustausch der tieferen Fruchtgewebe mit der freien Atmosphäre übernehmen. Mitunter bestimmen sie nachhaltig die Zellmusterbildung innerhalb der Epidermen, wie man sie auch von gewöhnlichen Laubblättern her kennt. Auch exotische Früchte, die wie Litschi, Mango, Maracuja oder Khaki heute in fast jedem Supermarkt erhältlich sind, bieten mancherlei überraschenden Einblick in die Zellbiologie der Signalwirkung ihrer konsumentenorientierten Fassaden. Bemerkenswert formschön und eine echte Herausforderung an genaues Beobachten

sind beispielsweise die Steinzellenester in der Innenflanken-Epidermis der Paprikafrucht (Abb. 8).

Weil sich in vielen reifen Früchten die Zellen des Fruchtfleisches (Mesokarp) unter Auflösung der Zellwand-Mittellamellen sehr leicht voneinander trennen (das Fruchtfleisch wird „mehlig“), bieten sie hochwillkommene Gelegenheit, isolierte pflanzliche Zellen überhaupt genauer zu beobachten. Ein schönes und unbedingt empfehlenswertes Beispiel sind die unterhalb der Epidermis gelegenen Mesokarpzellen der (ansonsten ungenießbaren!) Ligusterbeeren (*Ligustrum vulgare*). Die meisten Zellen, die man leicht mit der Spitze einer Präpariernadel von den großen Samen abstreifen kann, führen eine sehr große Zentralvakuole mit kräftig violettroter Farbstoffbeladung aus Anthocyanaen. Somit kann man sehr klar die fadendünne

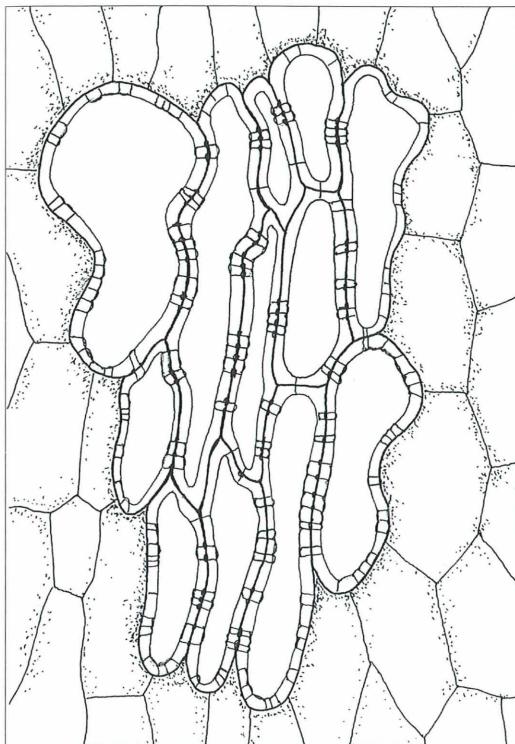


Abb. 8: Gemüse-Paprika (*Capsicum annuum*), Ausschnitt aus der inneren Epidermis der Beerenfrucht mit einem Nest stark getüpfelter Steinzelten.

Grenze der Vakuolenmembran (Tonoplast) gegen das Cytoplasma erkennen und dessen Unterbringung als zellwandüberkleidender Plasmawandbelag verfolgen. Im Cytoplasma selbst zeigen sich auch noch einzelne Chloroplasten und Amyloplasten sowie eine in einzelnen Bahnen oder Fahrspuren verlaufende Plasmaströmung. Weinbeeren oder die Früchte der nahe verwandten Jungfernreben sind ebenfalls recht ergiebige Untersuchungsobjekte.

Bei der aus Nordamerika stammenden, in fast jedem größeren Park angepflanzten (und leicht toxischen) Schneebere (*Symporicarpos rivularis*) sind die ziemlich großen, außerordentlich dünnwandig, in diesem Fall jedoch völlig pigmentfreien Fruchtfleischzellen besonders leicht zu präparieren. Bei starker Abblendung oder unter schiefer Beleuchtung, die in diesem Beispiel besonders zu empfehlen ist, zeichnen sich

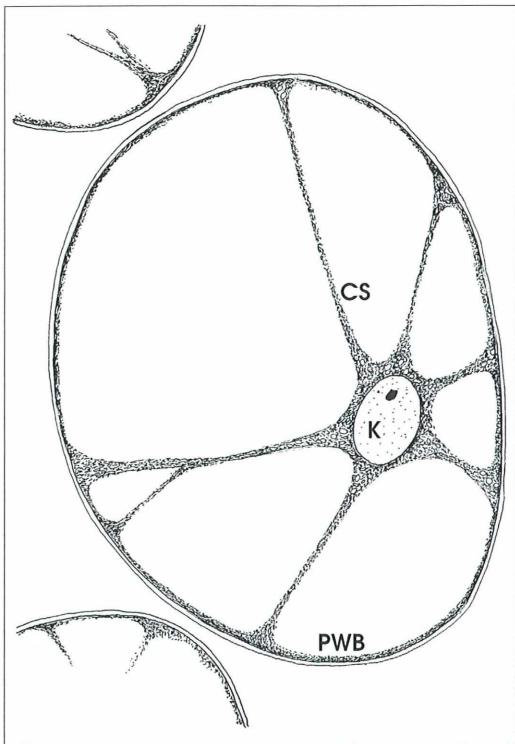


Abb. 9: Schneebere (*Symporicarpos rivularis*), einzelne Zelle aus dem Fruchtfleisch. Gut erkennbar sind bei den Zellen dieses Objektes die gelegentlich verzweigten Cytoplasmastränge (CS) zwischen Zellkern (K, mit Kernkörperchen = Nucleolus) und peripherem Plasmawandbelag (PWB). Im Cytoplasma zeichnen sich zahlreiche Einschlußkörperchen ab, deren größte Proplastiiden und Mitochondrien sind

eindrucksvoll die schmalen Cytoplasmastränge ab, die vom Plasmawandbelag zum meist zentralständigen Zellkern (oft mit Kernkörperchen) führen und gegebenenfalls wiederum lebhafte, in Bahnen verlaufende Plasmaströmung zeigen (Abb. 9). Natürlich wäre auch Phasen- oder Interferenzkontrast für dieses Präparat ein sehr hilfreiches Beobachtungsverfahren. Eindrucksvoller kann das Bild einer lebenden Pflanzenzelle, der man sozusagen bei ihren Betriebsabläufen zuschauen kann, kaum sein. Für die Präparation wäre darauf zu achten, daß man nur solche Früchte verwendet, die im Reiferprozeß noch nicht ganz bis zum Endpunkt fortgeschrittenen sind. In stärker gealterten

Fruchtfleischzellen findet nämlich ein allmählicher Abbau von Zellkern und Zellorganellen statt, und der Rest bietet keine allzu anregenden Einsichten mehr.

Die Sache auf den Kern bringen

Bei der Präparation von Zellen oder Gewebe-proben aus den Weichteilen einer Frucht (Epidermis, Exokarp, Mesokarp) fallen je nach Materialwahl auch die „versteinerten“ Teile der inneren Fruchtwand (Endokarp der Steinfrüchte) und gegebenenfalls die fast immer recht derbschaligen Samen an. Deren Verpackungskünste, die sie bei einer etwaigen Magen-Darm-Passage gegen die heftigen Attacken von Verdauungsflüssigkeiten schützt, sind natürlich ebenfalls ein sehr spannendes Kapitel für die Mikroskopie. Fasern, Horn- und Steinzellen mit wunderschönen Musterbildungen kommen hier vor. Legen Sie die nahezu unbegrenzt lagerfähigen Steinkerne von Kirschen und Schlehen, die harten Schalen von Wal- und Haselnüssen oder die Samen aus Apfel, Kürbis, Tomate, Paprika und beliebigen weiteren küchengängigen Früchten vorsorglich in Ihren Materialvorrat. Wir werden sie bei späterer Gelegenheit vorholen und für mikroskopische Zwecke aufbereiten.

Literaturhinweise

- Bell, A. D.: *Illustrierte Morphologie der Blütenpflanzen*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1994.
Eschrich, W.: *Funktionelle Pflanzenanatomie*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1995.
Eschrich, W.: *Strasburger's Kleines Botanisches Praktikum für Anfänger*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1976.
Gassner, G., Hohmann, B., Deutschmann, F.: *Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Lebensmittel*. 5. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989.
Hahn, H., Michaelsen, I.: *Mikroskopische Diagnostik pflanzlicher Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, einschließlich Gewürze*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1996.
Harborne, J. B.: *Ökologische Biochemie. Eine Einführung*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1995.
Kremer, B. P.: *Mikroskopieren leichtgemacht*. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 1996.
Kremer, B. P.: *Sträucher in Natur und Garten*. Gräfe & Unzer, München 1995.
Pijl, L. van der: *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1982.
Rauh, W.: *Morphologie der Nutzpflanzen*. Reprint der 2. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden 1994.

Verfasser: Dr. Bruno P. Kremer,
Redaktion MIKROKOSMOS.

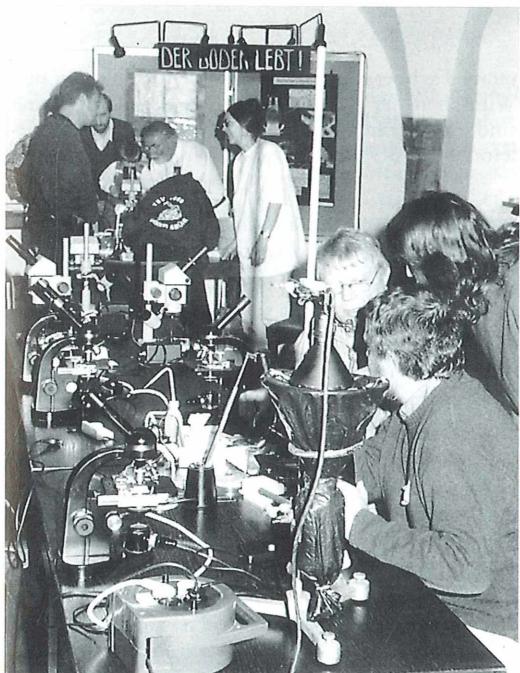
Nachricht

Erlebnistag Bodenleben: Die Mikrobiologische Vereinigung München e. V. in Dinkelsbühl

Die Dinkelsbühler Tagespresse kündigte an und ein Veranstaltungsplakat erläuterte: Streifzüge durch den Boden – Ausstellung und Aktionen rund um das Wirken des Naturforschers Raoul Heinrich Francé, im Kunstgewölbe Dinkelsbühl, 25. April bis 4. Mai 1997. Veranstalter waren die Gesellschaft für Boden, Technik, Qualität e. V., die Mikrobiologische Vereinigung München e. V. (MVM), der Historischer Verein „Alt-Dinkelsbühl“ e. V., die Stadt Dinkelsbühl und der Bund Naturschutz Dinkelsbühl e. V. Während der Ausstellungseröffnung, auf der die Veranstalter Grußworte sprachen, betonte Klaus Henkel von der MVM, daß es ein besonderes Anliegen von Francé war, durch das Fördern der Naturkunde mit dem Mikroskop die Erkenntnis zu verbreiten, daß alles Lebendige eng wesensverwandt und die Natur nicht teilbar sei in eine pflanzliche, tierische und menschliche. Der Mensch habe als nur

gleichberechtigter Mitbewohner störungsanfälliger Ökosysteme gegenüber Gänseblümchen, Pantoffeltieren, Vögeln, Fischen, kurz, seinen „Brüdern in Busch und Wald“, Pflichten zu erfüllen, Rücksichten zu nehmen, Grenzen zu beachten.

Am Sonntag, dem 27. April, war dann „Erlebnistag Bodenleben“. Die Ausstellungsbesucher konnten das Bodenleben im Mikroskop selbst beobachten; Anleitung und Erläuterungen gaben Experten. Das waren für die Makrolebewesen Frau Dr. Ursula Bassemir von der Universität Landau, der Öko-Landwirt Norbert Kussel aus Wörstadt in der Pfalz und für die Mikroorganismen Klaus Henkel und Siegfried Hoc von der MVM. Etliche einführende Plakatwände boten Informationen für solche Besucher, die zuerst lieber etwas lesen wollten, bevor sie Fragen stellten. Francé war darauf zitiert: „Ein mäßig gutes Mikroskop, eine kleine Batterie Chemi-



Mikroskopier- und Diskutieraktivitäten im Kunstgewölbe Dinkelsbühl. Foto: Siegfried Hoc, MVM.

kalien, einige Bestimmungswerke und die allgemeinen biologischen Kenntnisse genügen schon zum dauernden Genuss an einer Welt, die an Merkwürdigkeit und Schönheit den Wäldern und Fluren in nichts nachsteht. ... Die großen Geheimnisse der Natur verbergen sich im Unscheinbaren, im Unästhetischen, im Schlamm, in der faulenden Infusion, im Mist. Es ist wie eine Mahnung, daran zu denken, was wir eigentlich sind.“ (Das Leben der Pflanze, Bd. 3, Seiten 3 und 12, 1908).

Auf einer langen Tischreihe waren 6 Mikroskope und 6 Stereoluppen aufgebaut. Frische Bodenproben in Petrischalen dampften griff- und sichtbereit, und in einem großen Bottich, den Siegfried Hoc vom Hof des Landwirts Schmidt aus Puchheim herangeschafft hatte, stanken Euglenen und Ciliaten vor sich hin. Klaus Henkel hatte Proben aus seiner Zucht von *Paramecium bursaria* mitgebracht. Die Bodenproben zeigten kleine Schnecken, Hundertfüßer, Springschwänze, Käfer und ihre Larven, Nematoden, Pilzmycel und noch vieles andere. Die Erwähnung von Euglenen und Paramecien deutet an, daß die Mikro-Leute doch ein wenig „getürkt“ hatten. Denn Mikroalgen, Ciliaten, Amöben, Rädertiere und weiteres aus dem Boden zu einer bestimmten Stunde zeigen zu wollen, kann riskant sein. Eine befeuchtete Bodenprobe läßt erst nach etwa 48 Stunden erkennen, ob die erwarteten Organismen überhaupt darin sind. Da ist es sicherer, wenn man Wasserorganismen nimmt, die in ähnlichen Arten und Formen auch im Boden vorkommen.

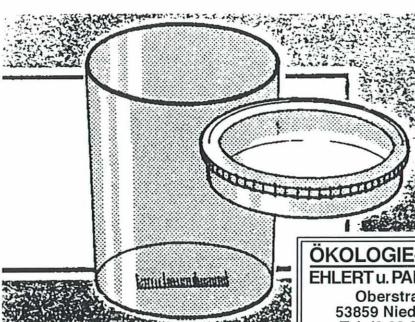
Die Besucher, ein buntes Gemisch aus noch ganz Ahnungslosen, Laien mit Vorkenntnissen, Jung und Alt, kamen und gingen in regelrechten Schüben: Nach Kirchgang, Mittagessen oder Spaziergang schaute man in die „Francé-Ausstellung“. Die Veranstalter mußten mitunter flexibel reagieren und improvisieren, um möglichst alle Besucher irgendwie in ein Gespräch zu verwickeln und sie durchs Mikroskop schauen zu lassen. Manche staunten über die Lebewesen aus dem Boden, auch darüber, daß sie nicht nur als unsere „Brüder in Busch und Wald“ schützenswert sind, sondern auch, weil sie als die Produzenten des Humus, den die Pflanzen brauchen, die Grundlage unserer gesamten Ernährung sind. Eine solche Veranstaltung macht in etwas erschreckender Weise klar, wie wenigen Menschen unseres „Bildungszeitalters“ diese Zusammenhänge bekannt sind. Auf diesem Hintergrund sind Aktivitäten wie der Erlebnistag Bodenleben notwendig.

Klaus Henkel, Dachau

Aus der Industrie

Becherlupen

Diese Gefäße sind ideal zur schonenden Betrachtung, Bestimmung und Demonstration lebender Insekten und anderer kleiner Tiere und Pflanzen. Sie sind auch für Untersuchungen von Wasserproben geeignet. Gefertigt sind die Becherlupen aus Kunststoff. Die Linse hat einen Durchmesser von 42 mm und vergrößert ca. 5fach. Im Becherboden befindet sich eine 30 mm lange Maßskala. Preis pro Stück: 17,50 DM (inkl. MwSt.), ab 10 Stück 14,80 DM. Bezug über: Ökologie-Service, Ehler und Partner, Oberstraße 18, 53859 Niederkassel.

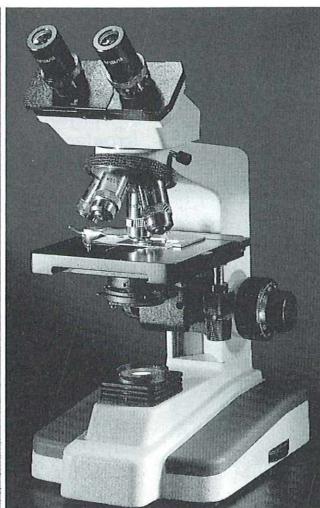
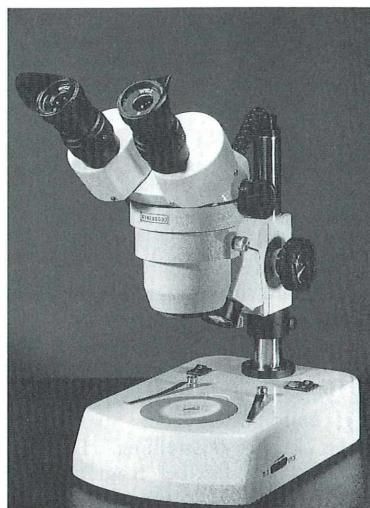


**ÖKOLOGIE-SERVICE
EHLERT u. PARTNER GbR**
Oberstraße 18
53859 Niederkassel
Tel. (0 22 08) 51 18
Fax (0 22 08) 51 19

Optische Geräte made in China

Die Firma Speed Fair GmbH mit Sitz in Leun (nahe Wetzlar) lässt seit Anfang 1996 ihre Mikroskope und Stereolupen in China herstellen, um sie dann weltweit unter dem Markennamen MIOTIC zu vertreiben. Mit einem umfangreichen Lager sowie kompe-

tenter Fachberatung kommt sie den Problemen und Wünschen der Kunden entgegen. Ansprechpartner sind die Herren N. v. Oesterreich und L. Paliga, Telefon 0 64 73/9 10 99; Fax 0 64 73/9 10 98.



Stereolupe (links) und Kursmikroskop (rechts) der Marke MIOTIC.

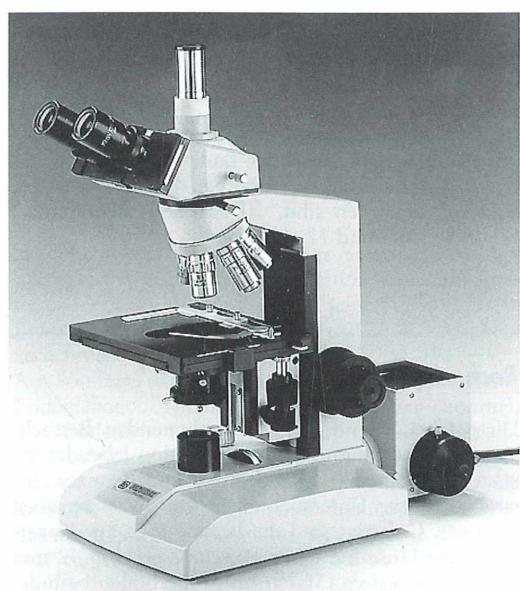
Neue Serie von Euromex-Mikroskopen

Euromex-Mikroskope führt eine neue Reihe von Routine- und Forschungsmikroskopen ein, die in höheren Schulen, in Wissenschaft und in biologischen, medizinischen und industriellen Labors eingesetzt werden.

Die F-Reihe ist mit einer 30 Watt Köhler-Halogenbeleuchtung und DIN Semiplan- oder Planobjektiven ausgestattet. Die G-Reihe verfügt über eine 50 Watt Köhler-Halogenbeleuchtung und einen umgekehrten 5fachen kugelgelagerten Revolver mit DIN-Plan-Objektiv. Beide Typen sind mit HWF 10×/18 oder KHWF 10×/20-Okularen ausgestattet.

Die F- und G-Reihe kennt verschiedene biologische Mikroskope, wie zum Beispiel mit Dunkelfeld und Phasenkontrast-Beleuchtung und Heiztisch bis 50 °C regelbar. FI-Typen sind Umkehrmikroskope und lieferbar mit Infinity-Objektiven und können mit Phasenkontrast und Mikro-Manipulator ausgestattet werden. Die Polarisationsmikroskope – mit durchfallender Beleuchtung – werden in Bereichen wie Mineralografie, Petrografie und Kristallografie gebraucht.

Die Typen für Metallurgie und Werkstoffe sind mit Koaxial 30 Watt-Köhler-Halogenbeleuchtung für Helffeld und Polarisation ausgestattet. Die Infinity-Typ-Objektive – korrigiert für Nutzung ohne Deckglas – haben einen sehr großen Arbeitsabstand.



Euromex-Mikroskop aus der G-Reihe.

Buchbesprechungen

Stryer, L.: Biochemie. 4. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1996, 1125 Seiten, zahlreiche Abbildungen, gebunden, DM 148,00, ISBN 3-86025-46-8.

Kleinste Strukturen sichtbar zu machen, ist nur eine Seite der Mikroskopie, die Handlung hinter diesen winzigen Szenarien zu sehen oder Geschichten zu verfolgen, eine andere und sicher nicht weniger spannende. Immerhin eroberte sich die Biologie in den letzten Jahren immer mehr eine Bühne, auf der die grundlegenden Abläufe und Eigenschaften lebender Systeme bis hinunter zu atomarer Auflösung zu betrachten sind. Zellproteine etwa sind heute in vielen erstaunlichen Einzelheiten genau bekannte molekulare Maschinen, die Energie, Information und Materie umsetzen und denen man gleichsam bei der Arbeit zuschauen kann – Mikrokosmos in kleinstmöglichen Zuschnitt.

Die immense Fülle an gesicherten Wissen und interessanten Fakten, welche die biochemische Forschung zusammengetragen hat, erfordert eine ordnende, bewertende, klar nachvollziehbare und gut verständliche Gesamtübersicht. Solche Anforderungen erfüllt das vorliegende Werk in geradezu idealer Weise. Die in der neuen Auflage vorgenommene Umstellung der Kapitelfolge, die Aktualisierung und inhaltliche Abstimmung der Einzelabschnitte führen zu allen wichtigen Themenfeldern der modernen Biochemie und vermitteln – flankiert von hilfreichen, überwiegend farbigen Diagrammen, Modellen und Schemata – ein höchst dynamisches Bild vom stofflichen Geschehen in den Zellen. So ist auch der neueste „Stryer“ als biowissenschaftliches Grundlagenwerk nach wie vor eine der besten Lehrbücher.

darstellungen überhaupt. Für (Selbst-)Studium, für Lehrer und auch für Oberstufenschüler zum Nachschlagen oder anregenden Lesen und Lernen vorbehaltlos zu empfehlen.

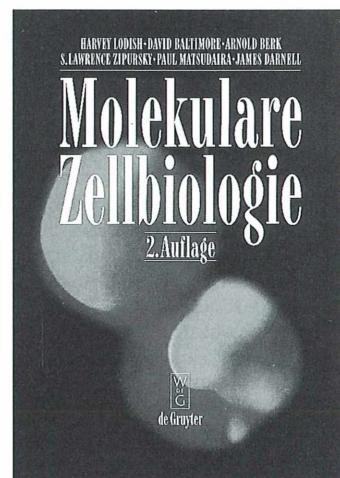
Bruno P. Kremer, Köln

Autorenkollektiv: Lexikon der Naturwissenschaftler. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1996, 505 Seiten, zahlreiche Abbildungen, gebunden, DM 98,00, ISBN 3-8274-0045-7.

Abbe, Binnig, Cohn, Dolland, Ehrenberg – viele bekannte und weniger bekannte Entdecker, Forscher und Techniker bis Zeiss und Zernicke haben sich in besonderer Weise, beispielsweise um die Mikroskopie, verdient gemacht. Über Leben und Leistung solcher bedeutender Persönlichkeiten und über 3000 weiterer aus allen Teilbereichen der Naturwissenschaften kann man nun in einem neuen biographischen Lexikon nachlesen. Auf über 500 Seiten, formatgleich mit der gebundenen Ausgabe des unterdessen als Standardwerk anerkannten „Lexikon der Biologie“ sowie des „Lexikon der Biochemie und Molekularbiologie“, informiert das Werk nicht nur über die Vita herausragender Forschergestalten von der Antike bis zur Gegenwart, sondern erläutert von der Abderhalden-Reaktion bis zum Zöllnerschen Photometer auch wichtige von Eigennamen abgeleitete Effekte, Strukturen, Gesetze, Einheiten, Apparaturen oder sonstige Phänomene. Eine komplette Auflistung aller Nobelpreisträger (bis 1995) und ein zusätzliches Begriffsregister mit Querverweisen zu den jeweiligen biographischen Artikeln ergänzen das ausgesprochen informative und nützliche Werk, das keiner naturkundlichen Bibliothek fehlen sollte.

Thomas Waßmann, Bonn

Lodish, H., Baltimore, D., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudeira, P., Darnell, J.: Molekulare Zellbiologie. 2. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin 1996, Weinheim 1994, 1448 Seiten, mehr als 1147 meist farbige Abbildungen, 96 Tabelle, gebunden, DM 128,00, ISBN 3-11-014460-3.



Die besondere, im Mikroskop erlebbare Faszination einer lebenden Zelle beschränkt sich gewiß nicht nur auf ihre mitunter besonders schöne Gestalt oder ausgewählte Herkunft. Zellbiologie ist vielmehr auch unglaubliche stoffliche Dynamik mit raffinierter Prozeßsteuerung und Regulation. Vieles, was man in der lichtmikroskopischen Dimension als elementare Lebensäußerungen einer Zelle oder eines Zellverbündes wahrnehmen kann, erweist sich so bei buchstäblich näherer Betrachtung als fein eingefädelt. Regie der Moleküle, deren Summenwirkungen sich bis auf die in jedem Präparat darstellbaren Strukturen abbilden. Diese hinter bzw. unterhalb der rein strukturellen Ebene ablaufenden Vorgänge sind der eigentliche Gegenstand dieses Buches, das alle klas-

sischen Arbeitsgebiete der Biologie (Cytologie, Physiologie, Entwicklungsbiologie, Genetik) auf der Betrachtungsebene Zelle zusammenführt.

Schon die erste deutschsprachige Auflage (1994) dieses exzellenten und gerade wegen seiner nachvollziehbaren Verständlichkeit hervorzuhebenden Grundlagenwerkes wurde in dieser Zeitschrift empfehlend vorgestellt. Die darstellende Handhabung des gewiß umfangreichen Stoffes ist auch in der vorliegenden zweiten Auflage nahezu uneingeschränkt vorbildlich. Vieles in der Binnengliederung hat sich dabei völlig geändert: Drei neue Mitautoren sind daran beteiligt. Ein neues Kapitel 1 führt in die Biologie der Zelle ein und erläutert von den Molekülen bis zu den Organismen die gesamte Hierarchie biologischer Strukturen. Kapitel 2 behandelt – für Einsteiger in diese Materie besonders ergiebig und gut mitvollziehbar – die chemischen Grundlagen der Lebensvorgänge, und Kapitel 3 widmet sich jetzt dem Aufbau und den wichtigen Aufgabenfeldern der Proteine. Die weitere Kapitelfolge befasst sich dann schwerpunktmäßig unter anderem mit Nucleinsäuren, Zellteilung, Zellkultur, Rekombinationstechnologie, Genanalyse, Chromosomenaufbau, Membranstruktur und -transport, Photosynthese, Organellenbiogenese, Signalübertragung, Nervenzellen, Zellbewegungen, Zellzyklus oder Immunität – 27 kenntnisreich geschriebene, in der Stoffdarbietung aktuelle und klar illustrierte Kapitel jeweils mit Hinweisen auf die wichtigste Originalliteratur sind es insgesamt. Ein Glossar im Anhang erläutert häufig vorkommende Fachbegriffe, und ein fast 50seitiges Register erschließt die beachtliche stoffliche Fülle über Suchbegriffe. Um fast 200 Seiten ist der Umfang gegenüber der deutschen Erstaufgabe angewachsen, und der Preis ging sogar um eine Mark herunter: Ein Lehr- und Nachschlagewerk jenseits

der Hundertmarkschwelle mag zwar immer noch recht teuer erscheinen, aber der daraus zu schöpfende Kenntnisgewinn gerade für das vertiefende Verständnis der Vorgänge in der mikroskopischen Dimension ist nahezu unbezahltbar.

Thomas Waßmann, Bonn

fügt, die vielfach einfach untergeht.

Das didaktisch sehr geschickt angelegte Buch ist so konzipiert und aufgebaut, daß auch ein Einsteiger in die Materie sich zurechtfinden und sich nach und nach das aktuelle Wissen zur Chemie aneignen kann. Damit ist es auch für unsere Leser geeignet, die sich vielfach doch aus Berufsfeldern rekrutieren, die der Chemie sehr fernstehen.

Klaus Hausmann, Berlin

Mortimer, Ch. E. (übersetzt und bearbeitet von U. Müller): Chemie – Das Basiswissen der Chemie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1996, 744 Seiten, 336 (vielfach farbige) Abbildungen, 521 Formelbilder und Schemata sowie 123 Tabellen, kartonierte, DM 98,00, ISBN 3-13-484306-4.

Dieses Buch ist seit 1973 fester Bestandteil der chemisch orientierten Unterrichtsliteratur. Das nun in der 6. Auflage verfügbare Werk ist rein äußerlich neu konzipiert, vom inhaltlichen aber im wesentlichen in seiner bewährten Art beibehalten worden. Natürlich wurde es, wie man es bei einer Neuauflage erwartet, korrigiert und ergänzt, kurzum aktualisiert.

Die Gestaltung des Buches mit zwei unterschiedlich breiten Spalten ist unterdessen auch in anderen Fachbüchern realisiert und von der Leserschaft sehr positiv aufgenommen worden, gestattet sie doch zwischen Haupttext und erklärenden Zusätzen zu differenzieren. Im vorliegenden Fall finden sich im Randbereich vorwiegend Reaktionsgleichungen, Formelschemata, besondere Hinweise und ergänzende Bemerkungen. Mir persönlich gefällt sehr gut, daß dieser Raum auch dafür genutzt wurde, zahlreiche Porträts von Chemikern wiederzugeben, die im Verlaufe ihrer Forschung maßgeblich Entdeckungen machten. Damit wird dem Fachgebiet Chemie in diesem Buch eine historische und zugleich menschliche Facette beige-

Engelhardt, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? 14. Auflage, Franckh-Kosmos-Verlag, Stuttgart 1996, 312 Seiten, 437 Einzelbilder auf 69 Farbtafeln sowie 91 Farbfotos, meist farbige Abbildungen, 96 Tabellen, gebunden, DM 49,80 ISBN 3-440-06638-X.

Natürlich suchen und finden „Tümpler“ bei ihren Streifzügen durch die heimischen Still- und Fließgewässer vor allem die mikroskopisch kleinen Vertreter der limnischen Flora und Fauna. Außer dem sprichwörtlichen „Leben im Wassertropfen“ gibt es in den Binnengewässern unter anderem auch eine Menge anderer Organismen zu entdecken, die sich auch für die genauere mikroskopische Untersuchung anbieten – von den Süßwasserschwämmen über die zahlreichen Kleinkrebse bis zu den wasserlebenden Larven verschiedener Insektenordnungen. Für die Bestimmung bzw. Zuordnung solcher Wasserbewohner und für die auffällenderen makroskopischen Arten ist das vorliegende, 1954 erstmals erschienene Werk ein bewährter und erfolgreicher Klassiker. In der jetzt vorliegenden erweiterten Neubearbeitung sind alle Abbildungen (wie seit der 11. Auflage) farbig und die Seitengestaltung ansprechend modern. Die bisherige Artenauswahl wurde unter anderem durch einige Vertreter

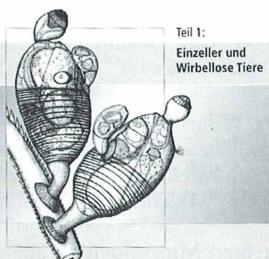
der Wirbeltiere ergänzt. Neu ist ein eigenes Kapitel zur Beurteilung der Wassergüte. Text- und Bildmaterial erleichtern damit eine sichere Bestimmung wichtiger Arten oder doch zumindest eine Zuordnung des Fundmaterials in die zutreffenden Verwandtschaftsgruppe, und außerdem ist viel Wissenswertes über die Lebensweise der behandelten Artenauswahl zu erfahren. Ein sehr sympathischer und auch in der vorliegenden Neuausgabe unbedingt empfehlenswerter Naturführer zu besonders interessanten Lebensräumen und zum besseren Verstehen von deren Organismenbesatz, den man vor Ort einfach dabei haben muß.

Bruno P. Kremer, Köln

Westheide, W., Rieger, R., (Hrsg.): Spezielle Zoologie. Erster Teil: Einzeller und Wirbellose. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 1996, XXII + 909 Seiten, 1167 Abbildungen, 5 Tabellen, DM 148,-, ISBN 3-437-20515-3.

Wilfried Westheide Reinhard Rieger (Hrsg.)

Spezielle Zoologie



Mit dem die Einzeller und Wirbellosen umfassenden ersten Teil der von Wilfried Westheide und Reinhard Rieger herausgegebenen „Speziellen Zoologie“ liegt der erste Band eines modernen

Nachfolgewerkes des bekannten Lehrbuches von Wurmbach/Siewing vor. Die Wirbeltiere sollen in einem zweiten Band behandelt werden. Das Besondere an diesem Werk, in dem die verschiedenen Taxa von insgesamt 25 Spezialisten bearbeitet worden sind, ist der Versuch der Gliederung tierischer Vielfalt nach den Prinzipien der phylogenetischen Systematik unter Weglassung der klassischen Kategorien des LINNÉSchen Systems. Die auffälligsten Unterschiede zu traditionell ausgerichteten Lehrbüchern betreffen dabei die Einteilung der ehemaligen „Protozoa“ und deren Einbeziehung in ein aktuelles System der einzelligen Eukaryota. Dieses moderne systematische Konzept, das vor allem auf der Basis neuer ultrastruktureller und molekularbiologischer Erkenntnisse entwickelt wurde, gibt auch die bislang vielfach übliche Einteilung in tierische und pflanzliche Einzeller auf, eine Untergliederung, die wohl von jeher eher die Trennung der Fachdisziplinen Botanik und Zoologie denn phylogenetische Zusammenhänge widerspiegeln.

Für die Metazoa erfolgt die Gliederung in die Organisationsstufen Parazoa, Diploblastische Eumetazoa und Tribloblastische Eumetazoa (Bilateria). Im Rahmen der Bilateria werden die Großgruppen der Spiralia, Nemathelminthes, Tentaculata und Deuterostomia unterschieden. Innerhalb dieser Großgruppen werden dann jeweils Subtaxa mit charakteristischem und deutlich eigenständigem Bauplan, d. h. die „Stämme“ des traditionellen Systems hintereinander abgehendt.

Wie die Herausgeber im Vorwort selber betonen, liegt hier also kein „phylogenetisches Kampfbuch“, sondern ein Werk vor, das dem Benutzer den Übergang von einer traditionell ausgerichteten zu einer auf den Prinzipien der phylogenetischen Systematik beruhenden Gliederung organischer Vielfalt ermöglichen soll. Dieser Praxis entspricht sowohl

die Tatsache, daß nicht alle als Paraphyla erkannte Gruppierungen (z. B. Coelenterata, Turbellaria) eliminiert wurden, als auch die vorgesehene Behandlung der Vertebrata in einem eigenen Band. Dort wo die Stellung bestimmter Taxa noch kontrovers ist, wird dies dem Leser durch die Präsentation alternativer Stammbäume vor Augen geführt. Auf diese Weise wird deutlich, daß Morphologie und Systematik keineswegs abgeschlossene Disziplinen, sondern vielmehr lebendige und spannende Felder moderner zoologischer Forschung darstellen.

Hervorzuheben ist die ausführliche Berücksichtigung histologischer, ultrastruktureller sowie funktionsmorphologischer und ökologischer Aspekte bei der Besprechung der verschiedenen Taxa. Die große Bedeutung, die insbesondere ultrastrukturellen Befunden für die Rekonstruktion phylogenetischer Zusammenhänge zukommt, spiegelt sich in der Vielzahl der durchweg guten elektronenmikroskopischen Abbildungen wider, mit denen das Werk illustriert ist. Auch die Qualität der zahlreichen Schemazeichnungen und insbesondere deren einheitliche und übersichtliche Beschriftung sind als Positiva zu werten. Die Strukturen sind dabei direkt in den Abbildungen bezeichnet, eine Tatsache, die, im Vergleich mit den sonst vielfach üblichen Zahlencodes oder Buchstaben-Kürzeln, eine deutlich schnellere Orientierung ermöglicht.

Insgesamt ist ein Werk entstanden, das trotz der Vielzahl der Bearbeiter ein einheitliches und leserfreundliches Erscheinungsbild bietet.

Herausgeber und Verlag legen hier ein modernes, zuverlässiges und gut lesbares Lehrbuch der Speziellen Zoologie vor, das sowohl Studenten als auch Dozenten als Einführung in diesen grundlegenden Teilbereich der Zoologie wärmstens empfohlen werden kann.

Horst Kierdorf, Köln

Aus den Arbeitsgemeinschaften

Berliner Mikroskopische Gesellschaft

Programm

September 1997 bis Februar 1998



- 5. 9. 1997: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Berlin: Symbiosen in Einzellern
- 19. 9. 1997: Rudolf Drews, Berlin: Anpassung der Pflanzen an die Umwelt
- 3. 10. 1997: Tag der Deutschen Einheit
- 17. 10. 1997: Wolfgang Jahr, Dieter Reinicke, Berlin: Belebtschlamm, biologische Abwasseraufbereitung
- 31. 10. 1997: James Bond, Berlin: Dauerpräparate von mazeriertem Holz
- 14. 11. 1997: Dr. Michael Zölfel, Berlin: *Dimorphpha mutans*: Ein Wanderer zwischen zwei Welten
- 28. 11. 1997: Günther Zahrt, Berlin: Stereo-Mikroskopie
- 12. 12. 1997: Weihnachtsfeier
- 16. 1. 1998: Günter Beyer-Meklenburg, Berlin: Knochenschliffe
- 30. 1. 1998: James Bond, Berlin: Kristalle in Pflanzen
- 13. 2. 1998: Jahreshauptversammlung
- 27. 2. 1998: geplant: Besichtigung des Instituts für Medizinische Diagnostik

Die Übungsabende beginnen jeweils um 19.30 Uhr im Institut für Zoologie (Kursraum A) der FU Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3 (Eingang Haderslebener Straße 1–3), 14195 Berlin.

Mikroskopische Gesellschaft Wien



Programm

Oktober bis Dezember 1997

- 7. 10.: Herbert Csadek: La Metéorite de Rochechourt (über die französische Impaktstruktur) und diverse astronomische Filme
- 14. 10.: Herbert Fidi: Histologie (Präparationsabend)
- 21. 10.: Peter Pavlicek, Herbert Palme: Dünnschliffe, Mikrofossilien, Teil I (Präparationsabend)
- 28. 10.: Peter Pavlicek, Herbert Palme: Dünnschliffe, Mikrofossilien, Teil II (Präparationsabend)
- 4. 10.: Univ.-Lektor Dr. Ing. Wilhelm Bauer: Die Thermolumineszenz-Analyse zur Datierung archäologischer Keramik (Video-Film und Dias)

- 11. 11.: Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Foissner (Universität Salzburg): Die elektronenmikroskopische Feinstruktur der Ciliaten (mit Dias)
- 25. 11.: Friedrich Posch: Mineralogie (Präparationsabend)
- 2. 12.: Prof. Erich Steiner: Mineralogie (Präparationsabend)
- 9. 12.: Weihnachfeier

Alle Vorträge und Kurse finden in den Räumen der Gesellschaft in Wien 2, Marinelligasse 10a, an Diensttagen statt und beginnen um 19.15 Uhr. Gäste sind willkommen. Vorstandssitzung ist an jedem ersten Dienstag im Monat.

Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken

Es ergeht hiermit die Einladung zum nächsten Treffen am

27. September 1997

im BIO-Zentrum der Universität Würzburg in Gerbrunn. Die Veranstaltung beginnt pünktlich um

10.00 Uhr und endet um ca. 16.00 Uhr. Es sind wieder verschiedene Vorträge angemeldet bzw. werden noch angenommen. Treffpunkt ist der letzte Parkplatz im rückwärtigen Teil des BIO-Zentrums. Interessenten melden sich bitte bei: K. H. Orlishausen, Sonderschulrektor, Friedhofstr. 5, 96215 Lichtenfels, Tel. 0 95 71/34 77.

Mikro-Markt

Rubrikanzeigen im MIKRO-MARKT kosten DM 2,- pro mm, Spaltenbreite 65 mm.

Chiffregebühr DM 5,-. Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an den: GUSTAV FISCHER VERLAG,

Anzeigenleitung, Postfach 10 05 37, 07705 Jena

Anzeigenschluß für die nächste Ausgabe ist der 7. 9. 1997

Mikroskopische Präparate aus Zoologie und Botanik in **bester Qualität direkt vom Hersteller**. Wir liefern auch **Semi-Dünn schnitte** (1 µm). Bitte Liste anfordern. Labor f. mikroskop. Technik u. mikroskop. Fotografie. Ingrid Neureuther, Brentanostr. 7a, 85055 Ingolstadt, Tel.: 0841/5 43 98, Fax: 0841/5 68 53

Probleme beim Ausbau des Mikroskops? In unserer Liste M 19 finden Sie Objektive, Okulare, Kondensoren, Lichtfilter, Abgleichringe, Objektträger, Deckgläser, Präparattekästen und -mappen. R. Göke – Mikroskopie, Bahnhofstr. 27, 58095 Hagen, Tel.+Fax: 02331/3 17 54

Original Histor. Messing-Mikroskope zu verk. Informative Fotoliste auf Anfrage.
Björn Kambeck, Tel.: 05121/87 80 76, Fax: 05121/87 80 77

Suche G. Stehli „**Mikroskopie für Jeder mann**“ oder ein ähnliches, aktuelles Grundlagenbuch. W. Ruf, Tel. 0 70 51/48 46

ZEISS Photomikroskop I, sehr guter Zustand. Komplett mit DIK, Auflicht-Fluoreszenz und Interferenzkontrast nach Jamin-Lebedeff. Inkl. Sonderbeleuchtung, Photoautomatik und Projektionsansatz. Komplettpreis 16500,-. Chiffre 597/1

Mikroskopierbedarf und Fachliteratur erhalten Sie bei **Biologie-Bedarf-Thorns**, Helvesanger 1, 37081 Göttingen, Tel.: 05 51/9 71 07, Fax: 9 27 44. Bitte kostenlosen Katalog Mi97 anfordern!

Suche Leitz PL oder NPL-Fluotare Phaco 2 40x u. 25x Hellfeld 63x oder Achromat EF oder Zeiss. und Periplan-Okulare 10x20. Dröge, Baststr. 36, 44265 Dortmund

Verkaufe binokul. Mikroskop **hund** Vb 365 mit Köhler-Beleuchtung, Objektiven 4x, 10x, 40x, Okularen 10x, 8x; abs. neuwertig, deutlich unter Neupreis; umständehalber; Tel.: 08 41/ 95 65 69 (abends).

Verkaufe Abbe-Zeichenapparat, OPAK-Illuminator, Fotoaufsatz MIKAS u. a. antiquar. Mikr.zubehör sowie histor. Mikroskope. Liste anfordern. Tel. 0 30/4 31 59 09

Verkaufe Stereomikrosk. **Wild-Leitz M3Z-S**, Hell-/Dunkelf.-Stativ, Beleucht. 12 V/100 W, F. Durchlicht, Trinokular-Fototubus, Okul.-Stutzen, Okular 10x, Gleittisch, Objektive 0,32, 1,0 u. 2,0, Brillentr.-Okulare 10x/21, Analys., Polaris. 80 mm; Zust. wie neu; DM 6.100,-; an Selbstabholer; Tel.: 0 80 34-45 06 Flintsbach/Inn

Verkaufe: C. Zeiss: **Luminare** 16, 25, 40, 63 mit Brillenglaskondensoren 1, 2, 3, 4, 5, Luminarkopf für Universal/Phomi, Photoschiebetubus, zusätzliche Mikrotar 20 (C. Zeiss Jena) VB 4200,-. Tel. 0 72 34/40 33

Gesucht: **Leitz:** Stereomikroskop „TS“ (Bauj. 70er Jahre). Tel. 07 11/45 42 06. Chiffre 597/2

Phasenkontrasteinr. CARL ZEISS JENA fabrikneu, kompl. 300 DM. Dr. G. Fricke, Hans-Sachs-Str. 48, 09126 Chemnitz, Tel.: 03 71/ 51 56 74

Verkaufe Zeiss Standard Pol Mikroskop komplett sowie einen Satz Planapochromate 10, 25, 40 Öl/Iris, 100 Öl. Suche Mikrokosmos Jg. 1-37. Tel. 0 70 73/39 98.

Mikroskop, Zeichen- u. Projektionseinrichtung „160“ (Zeiss-Jena), kpl., in Behältnis (plus monokul. Schrägtubus) f. Modelle Laboval, RME 5, RML 5 u. a. mit Jena-Ringschwalbe. Dazu Adapter f. Zeiss-West-Geräte. VB 1900 DM. Tel. 0 60 21-7 56 39 o. (ab 19 Uhr) 7 36 60

Verkaufe (-60% v. NP) Eppendorf Kolbenhubpipette, Fixvol.+Spitzenabw. 10, 20, 50, 1000 µl, Gilson 2 x 120 µl à DM 100,-, Brandt Fix Dispensette 0,5 u. 1 ml à 150,-, IKÄ Magnetrührer Mini MR regelb. 90,-, PH-Meter Hanna Piccolo 100,-, Mini pHEP 30,-. Tel./Fax: 0043/316-38 62 01

Mikroskope:

- Schul- und Forschungsmikroskope
- Mikroskop-Zubehör
- Präparate

Optische Systeme Göttker/Pietsch GmbH, 48155 Münster, Krögerweg 10, Tel.: 0251/62 61-100/101, Fax: 0251/62 61 102.

| | | | |
|---|--|---|---|
|  ① |  ② |  ③ | |
|  ④ |  ⑤ |  ⑥ |  ⑦ |
|  ⑧ |  ⑨ | Sonderoptiken • Astronomie • Mikroskopie ① Kometenjäger-Bausatz Semi-Apo-Triplet 100 • Hauptbus (ohne Brüderungen) 2x St.-Blende, 1x Objektivlinsen, 1x BF-Schlane, 1x Abschluserring 11x61, Abschlussdeckel komplett DM 350,- • Fokussierhebel 2", plus Verläng., und 2" / 1 1/4" A-Organ DM 280,- • Zielfernrohr 4x32 Bushmaster komplett m. Schiene und Holter DM 140,- • Sem-Apo-Triplet 100/600 plus Exzenterring DM 550,- ② Rubina-Spiegelteile 10/1000 Rubina-Spiegelteile 5,6/500 DM 470,- DM 390,- ③ BW-Bino LOMO III 1 1/4" DM 690,- ④ WW-Planokular F=30/88/Leitz/BW DM 1500,- ⑤ BW-Planspiegel M 44x1 DM 320,- DM 290,- ⑥ BW-Planspiegel M44x1 oder 1 1/4" DM 250,- ⑦ IF-WW-Planokular F=23,86/65/ geapert/ VEB-CZJ/BW Das Paar DM 1400,- ⑧ LOMO-103-S/Biol.-Foto-Mik/12 Vergrößerungen von 4.6 - 112fach/komplett DM 1350,- ⑨ MBS-10-S/Stereoz-Foto-Mik/10 Vergrößerungen von 4.6 - 112fach/komplett DM 950,- Angebote: 45° Amici Prisma 1 1/4" DM 120,-/90° Amici Prisma 1 1/4" DM 120,-/Long AF-Semir. Plössl F=25/40/1 1/4"-VEB-CZJ/BW DM 85,- | |

...170 Seiten Optik am laufenden Band
MICRO/MACRO Katalog - Schutzgebühr DM 10,-

BW OPTIK DIREKTVERSAND unschlagbar PREISWERT
Langner-Voss · Bussardweg 19/b · D-48683 Ahaus · Tel./FAX 02561/67269

Verlag: Gustav Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, PF 100 537, D - 07705 Jena; Telefon (03641)626-3, Fax (03641)62 65 00; e-mail: office.j@gfischer.de

Anzeigenannahme und -verwaltung: Gustav Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Anzeigenleitung: Sabine Schröter, PF 100 537, D - 07705 Jena; Telefon (03641)62 64 28, Fax (03641)62 64 21. Zur Zeit gilt die Anzeigen-Preisliste vom 1. 2. 1997.

Abbonnementsverwaltung und Vertrieb: SFG - Servicecenter Fachverlage GmbH, Zeitschriftenvertrieb: Barbara Dressler, Villengang 2, 07745 Jena, Telefon (03641)62 64 44, Fax (03641)62 64 43.

Bezugshinweise: Das Abonnement gilt bis auf Widerruf oder wird auf Wunsch befristet. Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 31. 10. eines Jahres abgestellt wird.

Erscheinungsweise (1997): 1 Jahrgang mit 6 Heften.

Abo-Preise (1997): 112,- DM / 817,60 ÖS / 107,52 SFr (zuzüglich Versandkosten); Einzelheftpreis 23,- DM / 167,90 ÖS / 22,08 SFr (zuzüglich Versandkosten); Vorzugspreis für Schüler und Studenten 79,- DM / 576,70 ÖS / 75,84 SFr.

Folgende Kreditkarten werden zur Zahlung akzeptiert: Visa / Eurocard / Mastercard / American Express (bitte Kartennummer und Gültigkeitsdauer angeben).

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Jena, Konto-Nr. 6 284 707, BLZ 820 700 00.

Copyright: Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in einer von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

Satz: SATZREPROSERVICE GmbH Jena, Talstraße 84, D - 07743 Jena.

Druck: Gulde-Druck GmbH, Tübingen.

Gedruckt auf Elementar Chlorfreiem Papier

Printed in Germany

© 1997 Gustav Fischer Verlag

Suche: a) Literatur: H. Beyer „Handbuch der Mikroskopie“, Verlag Technik Berlin, 2. Auflage 1977. **b) Zeiss Jena Mikroskope:** JENA-VERT, JENAVAL, JENAMED komplett sowie Zubehör, Tel. 0 89/3 08 22 11

Gesucht für C. ZEISS-Mikroskop Standard: Trinokularer Phototubus und Optovar. Tel. 0 83 68/3 59

Verk. Zeiss (West) Mikroskop, GFL, Binokul., Kpl. m. gehob. Optik, Hell-Dkl.-Phako, Optovar, Köhler-Bel., Kreuztisch, 32-1250 f. m. Kasten, Preis VS.

Tel. 040-80 09 03 53 oder 040-550 77 48

Verkaufe Abbeschen Zeichenapparat, Opak-Illuminator, MIKAS, Kardioidkondensor, alte Objektive u. Okulare u.v.a.m. Liste anfordern! Tel. 0 30/4 31 59 09

Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern.



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

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

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

4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos und druckfertig gezeichnete Strichzeichnungen (Graphiken, vorzugsweise in tiefschwarzer Zeichentusche angelegt). Bitte alle Materialien namentlich kennzeichnen. Beschriftungen nur mit Anreibebuchstaben (Endgröße nach Vergrößerung/Verkleinerung der jeweiligen Bildvorlage ca. 3 mm) anbringen. Die Bilder werden in drei verschiedenen Breiten (1spaltig, 1,5spaltig, 2spaltig) reproduziert. Es können mehrere Bilder zu Tafeln kombiniert werden.

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

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

Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:
Voß, H.-P., Saake, E.: Phasenkontrast, Interferenzkontrast und schiefe Beleuchtung – ein Vergleich mit protistologischen Beispielen. *Mikrokosmos* 85, 257–263 (1996).

Buchzitate:

Robenek, H. (Hrsg.): *Mikroskopie in Forschung und Praxis*. GIT Verlag, Darmstadt 1995.

Zitate von Buchbeiträgen:

Foissner, W.: Ciliaten des Bodens. In: Röttger, R. (Hrsg.): *Praktikum der Protozoologie*, S. 176–185. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1995.

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

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

9. Der Verlag honoriert jede Druckseite mit DM 50,- und Farbmikrofotos, die auf der Titelseite erscheinen, mit DM 100,-.

10. Manuskripte bitte einsenden an
Redaktion MIKROKOSMOS
Prof. Dr. Klaus Hausmann
Zoologisches Institut der Freien Universität
Königin-Luise-Straße 1–3
14195 Berlin
(Manuskripte zu zoologischen Themen)
oder an
Redaktion MIKROKOSMOS
Dr. Bruno P. Kremer
Johann-Henk-Straße 35a
53343 Wachtberg
(Manuskripte zu botanischen Themen).

Fakultät für Biologie und Geographie

dig, prägnant turiert

Mikrokosmos
Heft 5/1997

1. Bote (6)

300229

Bibliothek d. öö. Landesmuseums

Museumstraße 14
4020 Linz



Faszinierende Welt der
Insekten Mitteleuropas
- jetzt auf CD-ROM!

1996, CD-ROM
DM 98,-
ISBN 3-437-25020-5

Für dieses spannende Programm wurde das klassische Insektenlexikon von Jacobs/Renner völlig überarbeitet und aktualisiert. Brillante Farbbilder, Video- und Tonsequenzen machen die CD zu einem multimedialem Ereignis.

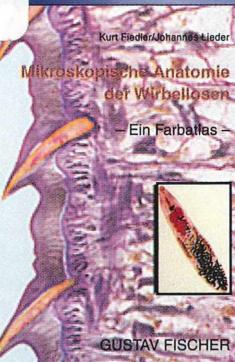
Systemvoraussetzungen:
Hardware: PC ab 386er mit 4 MB Arbeitsspeicher, 5 MB freie Festplattenkapazität, VGA-Karte mit 256 Farben oder True Color, Soundkarte, CD-ROM Laufwerk, MS-kompatible Maus.

Software: MS-Windows ab Version 3.1 bzw. Windows '95.

Ökologie der Vögel

Physiologische Ökologie - Populationsbiologie
Vogelgemeinschaften - Naturschutz

GUSTAV FISCHER



Mikroskopierhilfe und Farbatlas

1994, 233 S., 246 farb. Abb., kt.
DM 54,-
ISBN 3-437-20493-9

Farabbildungen zur mikroskopischen Anatomie der Wirbellosen erlauben den unmittelbaren Vergleich mit eingefärbten mikroskopischen Präparaten.

- Populationsbiologie
 - Physiologische Anpassungen
 - Stellung der Vögel im Gefüge der Lebensgemeinschaften
- Anhand vieler Beispiele, Zeichnungen und Schemata wird die Ökologie der Vögel von einem der renommieritesten Ornithologen Deutschlands beschrieben.

• Mit Standardobjekten zoologisch-mikroskopischer Praktika wie Ascaris, Lumbricus, Hirudo, Helix Astacus oder Branchiostoma

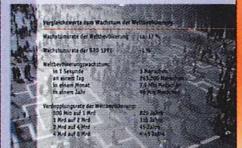
• Von jedem Objekt werden mehrere Organe behandelt

• Kurzbeschreibungen der Baupläne der entsprechenden Taxa erleichtern die Orientierung

Konrad Kusch

Der Mensch in Zahlen

Eine Datensammlung in Tabellen mit über 17.000 Einzelwerten



GUSTAV FISCHER

Guinness-Buch der Humanbiologie

1996, 344 S., zahlr. Tab. u. Abb., kt.
DM 48,-
ISBN 3-437-25200-3

Wie groß? Wie schwer? Wie schnell? Wie oft? ... Solchen und anderen Fragen können Sie mit rekordverdächtigen Antworten begegnen. Diese Sammlungen erfassen Zahlenwerte, Daten und Fakten des jeweiligen Themenbereiches in tabellarischer Form.

- Einzelwerte zu Bau und Funktion des menschlichen Körpers sowie zur Gesundheit und Evolution des Menschen
- Eine umfangreiche Informationsquelle für Studierende, Lehrer und Dozenten
- Ausführliche Register und Inhaltsverzeichnisse ermöglichen den schnellen Zugriff



Wissen, wo's langgeht.

GUSTAV
FISCHER