II 90372

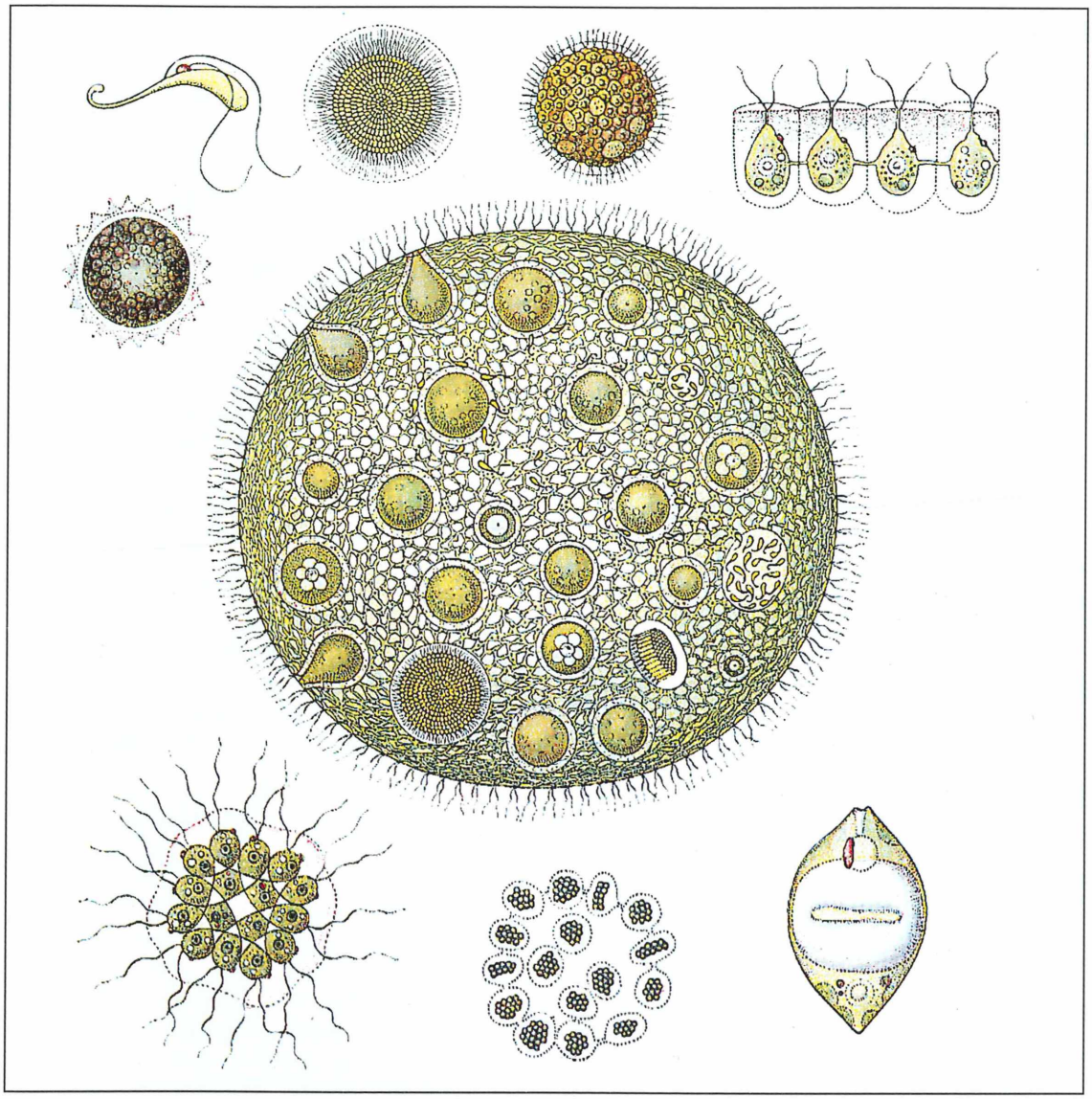
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

E 20582

MIKROKOSMOS

86. Jahrgang/Heft 1

Januar 1997



GUSTAV FISCHER

Jena
Stuttgart
Lübeck
Ulm

ISSN 0026-3680

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

BIBLIOTHEK

MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von Klaus Hausmann (Berlin)
und Bruno P. Kremer (Köln)
Redaktionsassistentin: Gundula Walz (Potsdam)

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

3 Die Renaissance des Raoul Heinrich Francé
Klaus Henkel

17 Entstehen giftige Algenblüten am Meeresboden?
Stefan Nehring

25 Neue Lichtquellen für die Fluoreszenzmikroskopie (Teil II)
Bruno Wiertz

33 Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an Pilzen
11. Phytopathogene Pilze, 2. Teil
Jürgen Reiß

39 Mikroskopie auf Kollisionskurs
Bruno P. Kremer

43 *Amoeba proteus* – ein klassisches Objekt der Zellbiologie (Teil I)
Hans Peter Klein und Wilhelm Stockem

53 Kieselalgen – hoch aufgelöst und kontrastreich fotografiert
Hans-Jörg Dethloff

Rubriken

1
Editorial

24, 52, 56
Nachrichten

29
Mikro-Galerie

31
Neue Medien

32, 37, 42
Kurze Mitteilungen

57
Mikro-Einsteiger

61
Aus der Industrie

62
Buchbesprechungen

63
Aus den Arbeitsgemeinschaften

63
Mikro-Markt

Umschlagabbildung: Bildtafel aus R. H. Francé: Das Leben der Pflanze. Siehe Artikel Henkel, Seite 3–16.

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

90 Jahre MIKROKOSMOS

Im Januarheft des letzten Jahrgangs haben wir an dieser Stelle den 85. Jahrgang des MIKROKOSMOS eingeläutet. Wir bleiben bei diesem Thema, denn heute vermerkt der Kalender schon wieder einen besonderen Geburtstag unserer Zeitschrift: Der MIKROKOSMOS wird tatsächlich 90 Jahre alt. Den Zeitsprung von fünf Jahren haben wir der konfliktreichen Geschichte unseres Jahrhunderts zu verdanken – in den Wirren des Zweiten Weltkriegs und der ersten Nachkriegsjahre konnte der MIKROKOSMOS aus einsehbaren Gründen nicht erscheinen. Er wurde erst mit Band 38 im Jahrgang 1948/49 (noch vor der Gründung der Bundesrepublik Deutschland) gleichsam wiederbelebt.

In den Zeiten heftigen und oftmals nur allzu kurzlebigen Blätterrauschens im Zeitschriftensortiment gerade des Bildungs- und Unterhaltungsbereichs ist eine neun komplette Jahrzehnte überspannende Gesamtbiographie für eine populärwissenschaftliche, dazu einem besonderen Hobby verpflichtete Zeitschrift gewiß eine respektable Größe. Ihre ungebrochene Vitalität schöpft sie aus ihrem Programm. Natur ist so umfassend und vielfältig, daß auch unterhalb der normalen Sichtbarkeitsgrenzen genügend Raum und Themen für viele weitere Jahrzehnte mikroskopischer Seh-Reisen bleiben. Außerdem lockt das Abenteuer Wissen und Wissenschaft auch im Kleinen immer wieder neu. Wie sonst wäre es zu deuten, daß eine große Kaffeehaus-Kette nun auch Mikroskope zum Schnupperpreis vertreibt.

(Natur-)Wissenschaft hat in der öffentlichen Einschätzung indessen immer noch oder schon wieder das Image des Abgehobenen, Fremdartigen oder schlicht Unverständlichen. Unbehagen, Skepsis oder gar Ablehnung und Verweigerung sind zu vernehmen, wenn es um Erkenntnisfortschritt oder Neuerungen geht. Gewiß befindet sich Wissenschaft wohl immer im Widerstreit, hat sie uns doch gerade in diesem Jahrhundert außer beispiellosen Erfolgen auch bedrückende Konsequenzen beschert. Viele empfinden die Kluft zwischen der Front der Forschung und dem noch gerade Mitvollziehbaren als besonders unerträglich. Es ist also weder falsch noch besonders neu, daß Brückenschläge sinnvoll und notwendig sind. Hier ist der MIKROKOSMOS ein sehr frühes und bis heute ungebrochen aktuelles Beispiel dafür, wie Wissenschaft zum Menschen finden kann, um besonders spannende, erlebnisreiche Erfahrungsbereiche zugänglich zu machen. Heute betreibt man Forschung üblicherweise nicht mehr (nur) mit Fieberthermometer oder Kartoffelwaage, sondern setzt weitaus empfindlichere Sonden ein, um auf alte Fragen gänzlich neue Antworten zu erhalten. Die Notwendigkeit und Zielsetzung, Interessantes erreichbar und Neues dennoch verständlich zu machen, bestimmte diese Zeitschrift von Anfang an.

Wir nehmen den 90. Geburtstag des MIKROKOSMOS zum Anlaß, einmal Motive und Umstände seiner Gründung im Jahre 1907 in Erinnerung zu rufen. Der erste Aufsatz im neuen Jahrgang 1997 beleuchtet daher auch kein mikroskopisches Thema im engeren Sinne. Er befaßt sich vielmehr mit Leben und Werk des Mannes, der diese Zeitschrift entworfen, gegründet, in ihren ersten Jahrgängen auch redigiert und herausgegeben hat: Für Raoul H. Francé war die Idee zu unserem MIKROKOSMOS wohl keineswegs die Schrulle eines Augenblicks oder der bloße Wunsch, unter neuen, verbesserten Voraussetzungen ein liebenswürdiges Steckenpferd zu reiten, sondern wirklich ein wichtiger Markstein seines schillernden Lebens und Schaffens. Sein Name ist heute nicht mehr ganz so häufig in der Diskussion, und nur wenige an Natur und Naturkunde Interessierte werden das Ausmaß seines schriftstellerischen Wirkens kennen. Die Weite und Tiefe seines Schaffens sind jedoch überraschend – und ausgesprochen folgenreich. Gibt es im deutschen Sprachraum eine andere Zeitschrift mit einer

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

nunmehr neunzigjährigen Geschichte, an der die meisten ihrer Leser fast ein ganzes Leben lang mit beachtlicher Zuneigung hängen? Natürlich ist in diesem Zusammenhang unbedingt der KOSMOS zu nennen, die nur wenige Jahre ältere Schwesterzeitschrift. Es ist gewiß kein Zufall, daß auch sie den gleichen Vater hat wie der MIKROKOSMOS. Die Lebensgeschichte und das umfängliche Wirken von Raoul Francé sind es wohl allemal wert, vor dem Vergessen bewahrt zu werden. Der würdigende Aufsatz von Klaus Henkel setzt ein angemessenes Denkmal.

Was den Gründer unserer Zeitschrift um 1907 bewegte, ist uns heute immer noch Wunsch und Programm. Zeitgemäß gewandelt und bemüht um interessante Beiträge von aktuell bis zuverlässig, wird der MIKROKOSMOS auch im weiteren Jahrzehnt seines Bestehens die Pfade zu Wissenswertem ebnen, dabei der Wissenschaftlichkeit verpflichtet bleiben, aber sicher keine reine Wissenschaft inszenieren. Neben anderem Bewährten setzen wir – nicht zuletzt ermutigt durch ein sehr positives Leserecho – die Aufsatzreihe Mikro-Einsteiger fort, die besonders den Neulingen unserer Zeitschrift Anregung und Hilfe bei der ersten praktischen Ausgestaltung ihres Hobbys geben soll. Lassen Sie uns bitte auch künftig wissen, welche Einzelthemen oder Problemfelder Sie gerne im MIKROKOSMOS behandelt sähen. Wir werden intensiv bemüht sein, Ihre Wünsche umzusetzen.

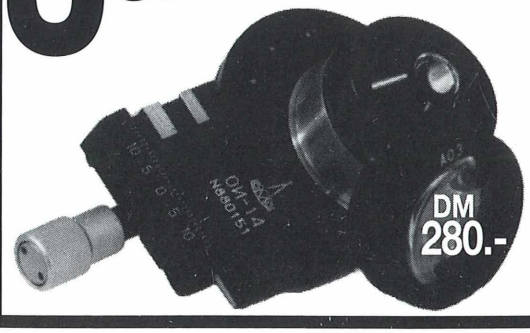
Wir leben in einer Zeit raschen Wechsels und Wandels. Daher gibt es auch beim MIKROKOSMOS wieder ein paar mitteilenswerte Neuerungen. So hat im vergangenen Jahr der Gustav Fischer Verlag eine betrieblich-organisatorische Neuordnung erfahren – neue Fachbücher werden jetzt hauptsächlich im Stuttgarter Verlagshaus betreut, während die Zeitschriften komplett ins Stammhaus nach Jena verlagert wurden. Zusammen mit z. Z. 43 weiteren Zeitschriften des Verlages ist der MIKROKOSMOS also nunmehr in Thüringen angesiedelt. Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit in dieser neuen Umgebung.

Eine weitere Neuerung betrifft unsere Autorinnen und Autoren: Ab sofort sollten Sie uns – soweit möglich – Ihre Manuskripte zusätzlich zur konventionellen Papierversion auch als 3,5"-Diskette zusenden. Alle modernen Dateiformate für DOS- oder Macintosh-Rechner sind willkommen. Das erleichtert die Arbeit von Redaktion und Herstellung beträchtlich.

Freuen Sie sich nun mit uns auf einen facettenreichen neuen Jahrgang des MIKROKOSMOS mit vielen interessanten Beiträgen. Das erklärte Bemühen um Nachvollziehbarkeit, Praxisnähe und Verständlichkeit bleibt. Insofern gilt selbst für den 90. Geburtstag des MIKROKOSMOS (wie immer zum Jahreswechsel) „the same procedure as every year".

Ihre MIKROKOSMOS-Redation

Ja es gibt ihn noch, den großen Kondensor nach ABBE von LOMO



Sonderoptiken • Astronomie • Mikroskopie

Kondensor nach ABBE
mit dreh-, u. denzentrierbare Kondensoraperturblende
(0,3-1,4 Aperturwechsellinse)

Testbericht Microkosmos 9/96
Schiefe Beleuchtung
v.: E. Saake u. H.J. Voß

Kostenloser Sonderprospekt
Stichwort: ABBE-Kondensor

ACHTUNG!
wieder neu eingetroffen
LOMO Apochromate:
70 x 1,23 Wasser DM 290,00
40 x 0,95 Trocken DM 280,00

Katalog! 130 Seiten Micro/Macro DM 10.00
BW OPTIK DIREKTVERSAND unschlagbar PREISWERT
Langner-Voss • Bussardweg 19/b • D-48683 Ahaus TEL. / FAX 02561 / 6 72 69

O.O. LANDESMUSEUM
BIBLIOTHEK
Anno-Nr. 423/1997

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

Die Renaissance des Raoul Heinrich Francé

Klaus Henkel

Vor 90 Jahren gründete Raoul Heinrich Francé die Zeitschrift MIKROKOSMOS und die erste Mikrobiologische Vereinigung mit mehr als 4000 Mitgliedern. Aber nicht nur in den heutigen Vereinigungen wirkt sein Geist fort. Auch in anderen Kreisen erinnert man sich seiner mit Verehrung. Denn seine Wegweisungen und Warnungen sind besonders für uns Heutige von beklemmender Aktualität.

Er ist in die Tiefe der Welt eingedrungen und hat sie unseren Augen darum weit gemacht, schreibt Stefan Zweig 1924 in einer Festschrift zum 50. Geburtstag von R. H. Francé. „Er hat mit fast religiöser Leidenschaft die Zusammenhänge gefühlt und ist aus einem bloß Gebildeten zum Bildner geworden. Vielfachste Anregung geht von seinem Werke und Wesen aus." Er war einer der herausragenden Köpfe seiner Zeit: Biologe, Botaniker, Erforscher des Boden- und Waldlebens, Begründer der Biotechnik als Wissenschaft (Bionik), Begründer der modernen Bodenbiologie, der Wissenschaft vom Humus, Pionier und einer der Väter des Natur- und Umweltschutzes, Alpinist, Kultur- und Lebensphilosoph, Volksbildner, Künstler, Erfinder. In der Tradition Alexander v. Humboldts hat er in seinem schriftstellerischen Werk ein Gesamtbild der uns umgebenden Natur dargestellt. In 60 Büchern und hunderten von Artikeln behandelte er vielfach Themen, die gerade heute von brennender Aktualität sind. Den orthodoxen Spezialisten der Wissenschaft war er als fachübergreifender Systemdenker und Ökologe ein Alptraum, seine Warnungen haben sie unter den Teppich gekehrt – vergebens, denn seine ängstigenden Visionen sind inzwischen greifbare Wirklichkeit geworden.

Das ist es, was man
an alle Mauern schreiben muß:
Wer das Gleichgewicht der Natur nicht achtet,
gegen den heben alle Dinge ihre Faust!
(Francé, 1924)

Der Schüler und Student

Raoul H. Francé ist am 21. Mai 1874 in Wien geboren. Dort und ab seinem neunten Lebensjahr in Budapest erlebte er eine glückliche Jugend. Künstlerisch veranlagt, zeichnete und malte er schon bald, hat später seine Bücher selbst illustriert und beachtliche Gemälde geschaffen. Auf Drängen des Vaters soll er Bankbeamter werden, entscheidet sich jedoch nach vielen familiären Auseinandersetzungen für das Studium der Naturwissenschaften. Mit 17 Jahren ist er jüngstes Mitglied der Königl. Ungar. Naturwissenschaftlichen Gesellschaft.
Nach acht Semestern Medizin wird er der Lieblingsschüler des berühmten Protozoenfor-

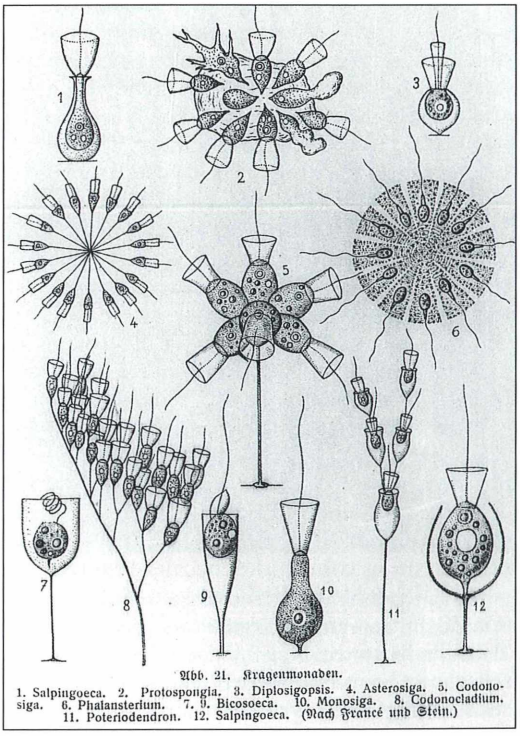


Abb. 1: Craspedomonaden. Francés vor 100 Jahren veröffentlichte Arbeit ist noch immer mustergültig. Aus: Francé, 1909.

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

schers Geza Entz, der ihm eine Assistentenstelle beim Botaniker Julius Klein verschafft, dessen Lehrstuhl Francé mit 21 Jahren fast ein ganzes Jahr während Kleins Gastprofessur in Neapel verwaltet (1895). Das Zusammenwirken von Medizin, Zoologie, Botanik prägt von da an seine Art zu denken und sein Bestreben, stets Überblick über die Zusammenhänge zu gewinnen.
Ab 1892 erhält er von verschiedenen ungarischen wissenschaftlichen Gesellschaften Forschungsaufträge auf Untersuchung der Protisten des Plattensees, der Craspedomonaden (farblose Kragengeißelalgen), der Torfmoore, der Infusorien der Adria.
Zehn Jahre später wird er sein Craspedomonadenwerk kommentieren: „Ich habe mich mit ihnen zwei Jahre lang beschäftigt und in einem mir heute unbegreiflich dickleibigen Buche einst ihr „Freßwerkzeug" genau beschrieben. Es besteht aus einer Düte, die so zart ist, daß, wenn man das ganze Zellchen als fast nichts bezeichnen darf, dieser Kragen ganz wesenlos erscheint. Bei 1000facher Vergrößerung, wobei alles schon so verschwommen und dunkel wird, daß man ganz verzweiflungsvoll tappt und Irrtümern ausgesetzt ist, wie in einem nächtlichen Wald, sieht man noch immer nicht viel mehr von diesem Kragen, als die zwei Linien, die seine Grenzen bezeichnen." (Francé, 1907a).
Leider holt sich Francé gleich zu Beginn der Feldarbeit in den ungarischen Sümpfen die Malaria, von der er sein Leben lang nicht mehr loskommt. In diesen Schüler- und Studienjahren erweitern 14 Forschungsreisen sein Blickfeld, und in 19 Artikeln beschreibt er die Ergebnisse. Seine Monografie über die Craspedomonaden erscheint 1897, wird in einem öffentlichen Preisausschreiben des Ausschusses der Königl. Ungar. Naturwissenschaftlichen Gesellschaft als beste Arbeit preisgekrönt und gilt noch heute als klassische, grundlegende Studie der Protistenkunde. Ihr internationaler Erfolg ist so groß, daß Prof. Chodat, Genf, 1898 eine neue Gattung von Chlorococcales Francéia benennt. Nebenbei ist Francé von 1893–98, also mit 20 Jahren stellvertretender Redakteur der Zeitschrift der Königl. Ungar. Naturwiss. Gesellschaft. Sein anschließender Promotionsversuch schlägt fehl, weil die beamtete Professorenschaft glaubt, dem jungen Senkrechtstarter die Lehre erteilen zu müssen, daß alles im Leben seine Zeit braucht. Raoul überwindet die Enttäuschung bald. Er ist 22 Jahre alt.

Der unzufriedene Wissenschaftler

Das Jahr 1896 verbringt Francé bei dem Botanik-Professor Ferdinand Cohn in Breslau, einem Großmeister der mikroskopischen Pflanzenkunde. Dieser Breslauer Aufenthalt ist mitentscheidend für Francés Entschluß, Deutschland zu seiner Wahlheimat zu machen. Vorerst aber steht er an einem Scheideweg, ist mit der reinen Wissenschaft um ihrer selbst willen, dem Ordnen und Beschreiben, dem Aufstapeln von getrockneten Pflanzen in Herbarien unzufrieden, fühlt, daß ihn Spezialistentum in Gefahr bringt, die Ganzheit der Natur aus dem Auge zu verlieren. Er muß Ruhe finden und geht 1898 zunächst sozusagen als Pflanzenarzt in die Provinz, als stellvertretender Leiter an die Landwirtschaftliche Akademie nach Ungarisch-Altenburg.
Nach der Tagesarbeit studiert er zwei Jahre intensiv die großen Philosophen, versenkt sich in die Kantische Gedankenwelt, sucht nach Antworten, findet sie nicht und rechnet mit einer von Metaphysik überfrachteten Philosophie

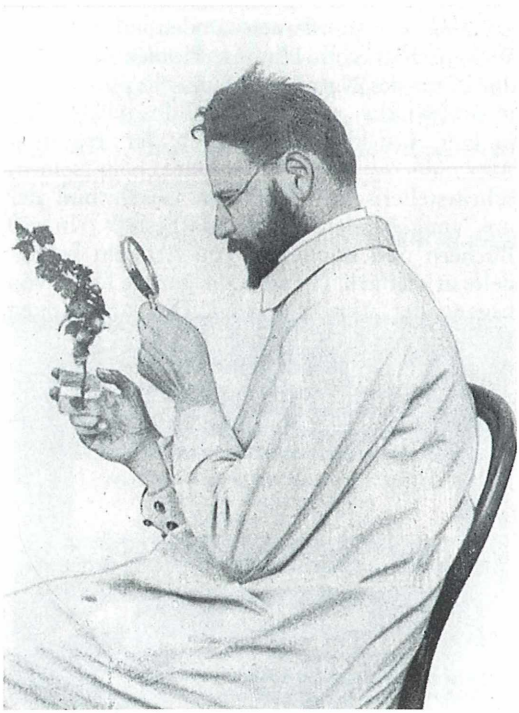


Abb. 2: Francé als Pflanzenarzt in Ungarisch-Altenburg. Nach einer Fotografie von 1899. Aus: Francé, 1927a.

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

ab, ihren Abstraktionen und ihrer Lebensferne. „Das metaphysische Problem existiert für mich nicht mehr angesichts dessen, was für Kräfte im Lebendigen schlummern." Wissenschaft an sich, die sich vom praktischen Leben loslöst und selbständig macht, findet er lebensfeindlich. So entsteht sein erstes philosophisch-sozialkritisches Werk „Der Werth der Wissenschaft" (1900; 1907). In ihm nimmt der junge Francé bereits alles vorweg, was er später, in reifen Jahren, als Naturphilosoph lehren wird. Es wird gelesen, weil da einer „ohne Rücksicht auf Staat, Kirche, Schule, Gesellschaft und die gelehrte Welt spricht" (Francé, 1927a). Briefe aus München, von seinem Leipziger Verleger, aus Braunschweig, fordern ihn auf, nach Deutschland zu kommen. Und Francé fühlt, daß seine eigentliche Bestimmung die Philosophie ist, und zwar einer, die in engster Verbindung mit der Natur bestrebt ist, Aufschlüsse über das Rätsel des Lebens zu finden. Vorbei ist seine Zeit als Nur-Naturwissenschaftler, er will die Tatsachenberge nicht um weitere Kieselsteine vermehren. Er erkennt sein Ziel, will von nun an Privatgelehrter und Schriftsteller sein, populär schreiben, um möglichst viele Menschen zu erreichen, sie aus der Lethargie reißen, sie lehren, was er erkannt hat, wie die Welt beschaffen ist und wie wir deshalb sinnvoll leben sollen. Das aber kann er nicht im Staatsdienst und beendet deshalb seine universitäre Laufbahn. Er beschreitet seine nächste Wegstrecke, die ihn im März 1902 über eine Zuckerrübenfabrik bei Braunschweig nach München führt, wo er aufblüht und eine rege Tätigkeit entfaltet. Er ist 27 Jahre alt.

Der Gründer und Stratege

Die Verleger der Franckh'schen Verlagshandlung in Stuttgart werden auf den jungen Wissenschaftler aufmerksam, und es kommt zu einer zunächst fruchtbaren Verbindung. Francé wird der Gründer der Kosmos-Gesellschaft der Naturfreunde und einer der ersten Autoren und Mitbegründer der Zeitschrift Kosmos, die wie wenige zur Allgemeinbildung des deutschen Volkes beigetragen hat und es noch immer tut. Seine Erkenntnis, daß sich auch in der Pflanze ein zweckmäßiges, sinnvolles Leben vollzieht, beschreibt er spontan im Kosmos-Bändchen Das Sinnesleben der Pflanzen, mit dem das Projekt Kosmos beginnt. Es wird ein großer Erfolg. Insgesamt hat er 24 solche volkstümlichen und erfolgreichen Bücher geschrieben, davon 12 Kosmos-Bändchen, deren Auflage alleine schon „gut und gern drei Millionen Exemplare" betrug (Francé-Harrar, 1962a). Mit packender Sprache, dichterisch gestalteten Bildern, entschlüsselt er seinen Lesern die Geheimnisse des Lebens und macht die Fäden sichtbar, die das Leben der Pflanzen und Tiere mit unserem eigenen verknüpfen. Aber er will mehr – nicht nur Leser, sondern Menschen, die sich durch eigene Anschauung Kenntnisse von den Gesetzen des Lebens verschaffen. Und er weiß, wie er sie bekommt.

„Da unten in diesem gleißenden, übelgefärbten Tümpel stecken Dinge, die dich angehen, weil sie dich gesund und krank machen, ... deine Nahrung, deinen Wohlstand vorbereiten, weil hier durch das Wasserleben der Boden zuberei-

Abb. 3: Rädertier *(Brachionus)*. Weil er mit der Druckwiedergabe seiner Zeichnungen unzufrieden war, entwickelte Francé den vom Kupferstich abgeleiteten Federstich (mit Tusche auf Kunstdruckpapier). Die einzelnen grafischen Elemente hatte er den Verbindungselementen einer Vogelfeder abgeschaut. Licht und Schatten sowie Raumeindruck lassen sich damit gut wiedergeben. Aus: Francé, 1928b.

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

tet wird, auf dem du baust und hausest. Wenn du diesen Dingen Aufmerksamkeit schenkst, beginnen sie dir von dir selbst zu erzählen, wie du warst und wie du wurdest, sie sagen dir mit den einfachsten Begriffen, ... wie sich Organe bilden, wie sich die Fortpflanzung abspielt, nach welchen Gesetzen sich jedes Gesellschaftsleben regeln muß, um gesund zu bleiben."

„Wenn man sich die Kleinwelt des Wassers mit Mikroskopen nahebringt, wird die Natur fast geschwätzig. Und gerade ihre gehüteten Geheimnisse sind es, die sie dann preisgibt: wie Leben entsteht, ... was des Lebens Hauptgesetze sind, der Zusammenhang aller lebenden Wesen, die Ewigkeitswerte der Natur, die wir Gesetzmäßigkeiten nennen. Über diese letzten Fragen erfährt nur der Kleinweltforscher wirklich endgültigen und befriedigenden Bescheid. Man nenne doch irgendeine menschliche Beschäftigung, die so vielseitig anregend und bildend ... ist, wie gerade diese! Denn man glaube ja nicht, daß es bloße ‚Naturerkenntnisse' seien, was man dabei erwirbt, daß Geist, Gemüt und zuletzt Schönheitssinn und künstlerischer Genuß dadurch zu kurz kommen, oder solche Art von Selbstbildung einseitig mache!" (Francé, 1908). Sein ganzes Leben lang wird Francé betonen, daß seine Vielseitigkeit das Verdienst seiner Lehrerin sei, der Kleinwelt des Wassers.

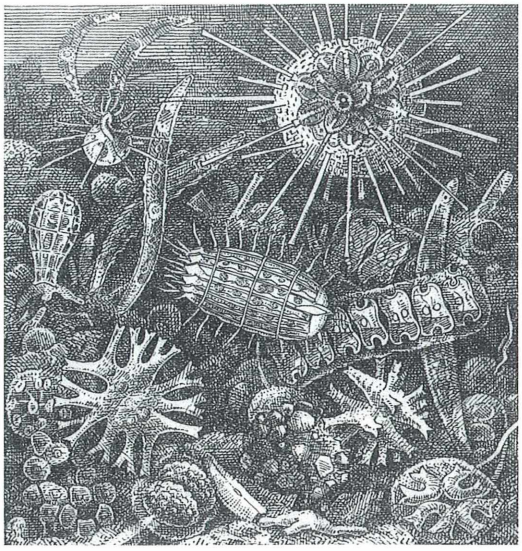


Abb. 4: Kleinlebewelt in einem Moorwassertropfen. Foto eines Aushangs in der Francé-Gedenkstätte im Museum des historischen Vereins Alt-Dinkelsbühl.

Diese Kleinwelt soll nun auch Andere lehren. Er will eine breite Bewegung schaffen. Die Zeit der Jahrhundertwende ist ihm günstig: Aufkeimendes Bildungsbürgertum, die Volkshochschulen fassen Fuß in Deutschland, technisches, naturwissenschaftliches Wissen ist neu, faszinierend, in Groß- und Kleinstädten schießen die Bildungsvereine nur so aus dem Boden. Da erscheint 1907 Francés Kosmos-Bändchen „Streifzüge im Wassertropfen". Mitreißende Schilderungen der anmutigen Welt im Mikroskop, die Formenfülle der unbekannten Lebewesen von ihm selbst illustriert, entfachen Begeisterung. Die erste Auflage ist schnell vergriffen, im Juli desselben Jahres erscheint bereits die dreizehnte! Aber er wäre nicht R. H. Francé, wenn es schon damit sein Bewenden hätte. Er will mehr. Seine Schlußworte enthalten einen Gründungsaufruf:

„Ich bitte meine Leser, ... nicht *mehr* zu glauben, als daß die Gewässer unserer Heimat erfüllt sind von Wesen, die man leicht beobachten kann, und deren Liebreiz, Abenteuerlichkeit, künstlerische Durchbildung und fesselndes Spiel auf Erden nicht mehr seinesgleichen hat. Und ich bitte sie, mir die einfachen Beobachtungen nachzumachen und die notwendigen Schlüsse zu ziehen. ... Aber da ich aus Erfahrung weiß, wie es mit solchem Versuche geht, will ich einen Vorschlag machen. Man kommt nämlich von dem Zauber der Kleinwelt nicht so leichten Herzens los, sondern begehrt noch mehr ... alle schrecken zurück, wenn es ihnen an Rat und tatkräftigem Beistand fehlt zu den ersten Schritten, die schwierig und kostspielig dünken ... Schließen wir uns also zusammen! ... Gründen wir eine mikrologische Gesellschaft, die den Gebrauch der Mikroskope volkstümlicher machen will und die ganze große Vertiefung der neueren Wissenschaft vom feinen Bau und Leben der Pflanzen und Tiere dem Verständnis näher rücken wird." Binnen weniger Monate hat die Gesellschaft 2000 Mitglieder in Deutschland. Auch eine Vereinszeitschrift wird sogleich gegründet: Mikrokosmos.

„Wir lassen jedem Mitglied volle Freiheit: verpflichten es, gemäß dem Geiste der Wissenschaft, auf keinerlei Anschauung, sondern bieten ihm nur Hilfsmittel, sich wissenschaftlich zu fördern und im Selbstbeobachten der Natur

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

und eigenem Erkennen ihrer Gesetze zu erziehen." Dennoch betont er, worauf es ihm letztlich ankommt: „Unser Ideal ist, einen möglichst großen Teil unseres Volkes dahin zu bringen, daß ihm die großen Lehren moderner Biologie, die ja alle auf das Zellenleben aufgebaut sind, lebendig werden ..., und (auf diese Weise) wollen wir dazu beitragen, daß die Segnungen fortschreitender Einsicht in den Bau und die Kräfte der Welt wirklich kulturbestimmend werden" (MIKROKOSMOS, erstes Heft, 1907). Er hat erkannt, daß alle Biozönosen (Ökosysteme) auf Ausgleich gerichtet sind; daß dazu Harmonie notwendig ist, die sich nur einstellen kann, wenn die Biozönose ihr Optimum findet. Wie aber kann sich der Mensch harmonisch in den Kreis anderer Lebewesen einfügen, wenn er nichts von seiner eigenen biologischen Organisation weiß, vom Aufbau, der Funktionsweise und den Bedürfnissen der vielen Zellen, aus denen sein Körper besteht? Wie kann er ohne dieses Wissen die Gesetze der Natur, der Welt, von der er ein Teil ist, überhaupt begreifen? Er kann es nicht. Also gilt es zunächst, Zelle und Zellenstaat anschaulich zu machen. „Natur mußte gelehrt werden." Diesem ersten Schritt werden weitere folgen. Mit großer Energie, konsequenter Einteilung seiner Zeit in intensive Arbeits- und Ruhephasen, nie erlahmendem Fleiß, zäher Ausdauer und Geschick verfolgt er sein Ziel unbeirrt erfolgreich drei Jahrzehnte.

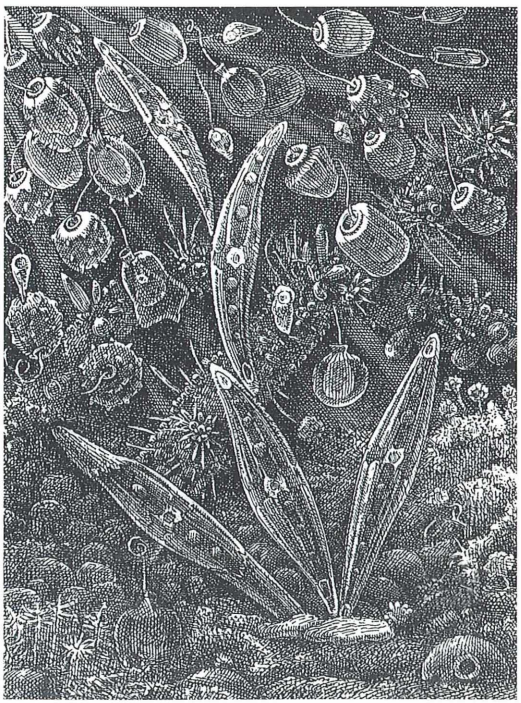


Abb. 5: Eisenwesen, ferrophile Mikroorganismen. Federstich aus: Francé, 1926b.

Zwei Jahre nach Gründung der Deutschen Mikrologischen Gesellschaft – sie hat als eingetragener Verein mit 4000 Mitgliedern inzwischen ihren Sitz in München – kommt es zum Bruch mit der Franckh'schen Verlagshandlung. Francés Bestrebungen, die Gesellschaft aus der wirtschaftlichen Interessensphäre und Umklammerung des Verlages zu lösen, weckt dort heftige Gegenwehr, man schwärzt ihn in geradezu bösartigen Flugblättern und Annoncen an. Er verteidigt seine Integrität und seinen Ruf aber überaus heftig und erfolgreich. Der Franckh-Verlag gibt sodann die drei ersten von Francé herausgegebenen Jahrgänge des Mikrokosmos der „großen Nachfrage und der neueren Fortschritte wegen" nochmals in überarbeiteter Form heraus und merzt dabei sämtliche Artikel von Francé und Hinweise auf ihn aus, als habe er niemals existiert. Er aber gründet sofort eine Konkurrenzzeitschrift: Die Kleinwelt. Das dem Verein gehörende Biologische Institut in München wird ausgebaut, denn die Stadt hat ein zentral gelegenes Schulhaus dafür zur Verfügung gestellt. Das Institut enthält die Vereins-Zentralbibliothek mit über 2000 Bänden, 11 Räume, einen großen Mikroskopiersaal mit Nordlicht, einen Vortragssaal für 150 Hörer, ein großes biologisches Laboratorium für 50 Kursteilnehmer, ein Gewächshaus für Aquarien und einen Versuchsgarten. Es füllt eine Lücke aus für jene, denen der Besuch einer Universität versagt ist und gilt als Untersuchungs- und Bildungsanstalt für Lehrer und Naturfreunde, die sich auf akademischem Niveau durch eigenes Forschen naturwissenschaftliche Kenntnisse erwerben wollen. Francé ist Direktor des Instituts, das unter seiner Führung aufsehenerregende Forschungsergebnisse von weltweiter Bedeutung erarbeiten wird.

Als nächsten Schritt benennt er die von ihm gegründete und redigierte Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre (Nebentitel: Archiv für Psychobiologie) 1909 um in die Zweiwochenschrift Natur. (Sie geht 1927 in der Umschau auf.) Sie ist nun die Zeitschrift der Deutschen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, die

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

es sich zur Aufgabe macht, auf die Förderung der Naturforschung zu wirken und auch auf populäre Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse. Namhafte Gelehrte haben sie gegründet. Francé war die treibende Kraft dabei. Nahezu 5000 Mitglieder treten bereits im ersten Monat bei. Neben dem Aufbau der beiden Gesellschaften, seinen Reisen in die Großstädte, um dort Gründungsanstöße für mikrobiologische Ortsgruppen zu geben, zum Beispiel 1910 in Wien und 1911 in Hamburg, neben seiner intensiven Arbeit im Münchner Institut, der reichlichen Korrespondenz, plant und schreibt er das für Jahrzehnte bedeutendste Werk der Pflanzenkunde. Die ersten vier von acht Bänden dieses Monumentalwerkes Das Leben der Pflanze stammen aus seiner Feder. Man nennt das Werk noch heute den Pflanzen-Brehm. Zum ersten Mal ist hier wissenschaftlich das Gewächs als selbständiges Lebewesen aufgefaßt. Sozusagen nebenbei entstehen bis 1910 viele weitere Bücher, darunter Das Liebesleben der Pflanzen, über Darwinismus und Lamarckismus, das Kausalitätsprinzip in der Biologie, die Mutationslehre, Pflanzen- und Zellpsychologie (Entwicklungslehre), über Naturphilosophie, Lichtsinnesorgane der Algen und zahllose weitere Themen. Zusätzlich schreibt er fleißig Artikel für Die Kleinwelt, Natur und andere Zeitschriften. Und ganz nebenbei erforscht er die alpine Natur, ersteigt und erwandert 500 Alpengipfel und veröffentlicht 1912 sein tausendseitiges Werk Die Alpen.

36 Jahre zählt er, aber noch hat er nicht gesagt, was er sagen, nicht geschrieben, was er schreiben will. Rückblickend wird er einmal bekennen: „Wenn ich mich vielleicht unverhältnismäßig lange in der Welt der mikroskopischen Organismen aufgehalten habe, so hat das später doch seine Rechtfertigung gefunden ... habe (aber) einen großen Fehler begangen und mich viel zu lange bei der Psychologie der Pflanzen aufgehalten, fast zehn Jahre lang“ (Francé, 1929). Aber der heftige Widerstand der etablierten Wissenschaft forderte ihn heraus. In immer anderen Zusammenhängen wiederholt er deshalb jahrelang seine Botschaft, mit immer neuen Argumenten, bis sie nach und nach breite Anerkennung findet. Da geben denn auch die Vertreter der offiziellen Wissenschaft zu, daß etwas daran ist, aber es sei doch schon lange bekannt. Das Innenleben der Pflanze wird geradezu zum Modeproblem jener Jahre, Francé erhält Genugtuung. Aber er will mehr.

Der Forscher und Bodenökologe

Inzwischen widmet er sich der Erfüllung eines Versprechens, das er im Sommer 1906 seinem kleinen Sohn gegeben hatte. An einem verschilften Wassergraben in Dinkelsbühl erklärte der Vater dem Buben, was sich für wunderliche, winzige Wesen in dem Wasser da unten tummeln würden. Und der Kleine fragte, auf den Grabenrand zeigend: „Und da in der Erde ... gibts da auch solche Tiere, die man nicht sehen kann?“ (Francé-Harrar, 1962a). Francé überlegt. Was weiß er von dem mikroskopischen Leben in der Erde? Weiß man überhaupt etwas davon? Nein, und man will es auch nicht. Seit Pasteur fürchtet man die Bakterien, die überall sitzen, wo man nur denken kann. Sie machen krank, bedrohen und vergiften alles, man muß sie bekämpfen, Karbol- und Jodoformfabrikanten haben Hochkonjunktur. Man vermutet sie auch im Boden. Was sie dort tun, hat bisher niemanden interessiert, man wühlt nicht dort, wo der Stallmist untergepflügt ist. Zwar hatte schon Ehrenberg (1837) auf die Bedeutung der erdbewohnenden Lebewesen für die Bildung der Dammerde hingewiesen, doch seit Liebigs Veröffentlichungen hielt man die Bodenfruchtbarkeit für eine reine Angelegenheit der Chemie und streute ungeheure Mengen künstlichen Stickstoff, Phosphor und Kali auf die Felder. Wie der fruchtbare, lebensspendende Humus in großen biologischen Kreisläufen entsteht, war aber um die Jahrhundertwende noch ganz unbekannt.

In Francé steigt eine Ahnung auf, und nachdenklich antwortet er seinem Sohn: „Wir werden einmal nachsehen!“ Sechs Jahre lang vergräbt er sich in das Studium des Bodenlebens (Francé-Harrar, 1962a). Anstelle der üblichen bakteriologischen Methode, dem Aufschütteln von Bodenproben in Wasser und Überführen der sich dann entwickelnden Bakterienkolonien in Reinkulturen, wendet Francé eine sehr einfache und ursprüngliche Methode an, nämlich direktes mikroskopisches Durchsuchen der mit Wasser verriebenen Bodenkrümchen. Und er macht eine Entdeckung, die die bakteriologische Methode mehrere Generationen lang geradezu verhindert hat: Er findet eine geschlossene Hierarchie von Kleinwesen – genau wie im Wasser und seinem Sedimentgrund. Niemand zuvor hat auch nur geahnt, daß es dergleichen gibt. Nach dem griechischen Wort edaphos (das im Boden lebende) nennt er die ganze Gesellschaft Edaphon.

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

Sein Artikel Das Edaphon – eine neue Lebensgemeinschaft. in seiner Vereinszeitschrift Die Kleinwelt 1911 leitet langfristig eine Umwälzung der gesamten Bodenbiologie ein. 1913 stellt er die detaillierten Untersuchungen der Öffentlichkeit vor in Das Edaphon. Ökologische Untersuchungen über bodenbewohnende Mikroorganismen. – Bakterien, Pilze, Blaualgen, Grünalgen, Diatomeen, Flagellaten, Amöben, Ciliaten (Abb. 6), Nematoden, Rädertiere, Tardigradien teilen nicht nur den gemeinsamen Lebensraum und existieren nicht etwa unabhängig voneinander, sondern – und das ist Francés eigentliche Entdeckung – sind alle aufeinander angewiesen. Diese Lebensgemeinschaft ist von grundsätzlicher Bedeutung für die mechanische Durcharbeitung, Selbstreinigung, Verwitterung, Durchlüftung, Humifikation und den Stickstoffhaushalt des Bodens. Durch ihre Aktivität findet auch das Tote wieder zu neuen Formen des Lebens, ohne sie gäbe es keine fruchtbare Erde.
Francé ermittelt die genaue Zusammensetzung gesunder und kranker Böden. Er entwickelt eine Methode, Humus zu produzieren. Praktische Wachstumsversuche, Tests, Methodenverbesserungen und endlose Auseinandersetzungen mit Zweiflern und Widersachern schließen sich an. Heute ist das alles selbstverständlich, aber es war ein Pionier und Kämpfer vom Format eines Francé notwendig, der für rasche Ausbreitung des neuen Wissens sorgte und sich durch Widerstände und Anfeindungen nicht entmutigen ließ.
Sechs Mitarbeiter sind auf diesem Gebiet im Biologischen Institut in München tätig. Zwischen 1912 und 1917 erscheinen bedeutende Arbeiten über das Edaphon aus dem Institut. Auch in anderen Ländern folgen Wissenschaftler dem von Francé vorgezeichneten Weg. Das Biologische Institut der Deutschen Mikrologischen Gesellschaft wird zum Weltzentrum der Bodenökologie. Francés Kosmos-Bändchen Das Leben im Ackerboden (1922) wird ein Bestseller mit einer Auflage von annähernd einer halben Million!
Neben den Edaphonarbeiten wächst der Lehrbetrieb im Institut stetig an. Die Zahl der Praktikanten und ständigen wissenschaftlichen Mitarbeiter beträgt 54 im Jahr 1913. Lehrer und Hochschulstudenten besuchen eifrig die Plankton-Bestimmungsübungen.

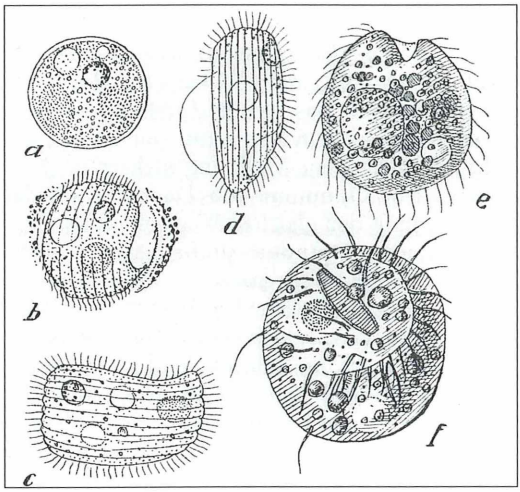


Abb. 6: Ciliaten des Edaphons. Aus: Francé, 1995.

Ein Lebens- und Arbeitsbund entsteht

1916 macht Francé die Bekanntschaft der Schriftstellerin Annie Harrar, sie wird sogleich seine Mitarbeiterin am Biologischen Institut und später seine Frau (in Dinkelsbühl 1923). An seinen Forschungsarbeiten und an der Veröffentlichung der Ergebnisse hat sie von nun an wesentlichen Anteil, ebenso an der Lehrtätigkeit im Institut. Die beiden sind und bleiben ein Team. Ihre Werke über die Bodenökologie sind heute nicht überholt, sondern haben ihre Aktualität voll und ganz gewahrt. Zwar sind viele neue Funde und Befunde hinzugekommen, aber ohne wesentliches an den Grundsätzen, die Francé gelegt hat, zu ändern. Francé gilt zu recht als Begründer der Bodenökologie.
Die Kleinwelt, in der Francé und seine Institutsmitarbeiter ihre ersten Edaphon-Befunde veröffentlicht hatten, verflacht im Laufe der Jahre. Das Vermögen der Deutschen Mikrologischen Gesellschaft verschlingt die Inflation. Innere Streitigkeiten geben der Gesellschaft den Rest; sie und die Kleinwelt hören auf zu bestehen. Von nun an erstarken die regionalen Ortsgruppen zu selbständigen Mikrobiologischen Vereinigungen. Es gibt bald 20 von ihnen in größeren Städten. Francé aber ist inzwischen beim nächsten Schritt seiner Strategie

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

angelangt und plant nun sein philosophisches Werk.
Zunächst aber muß er noch einer Falle des Schicksals entkommen. Während des Münchner Räteaufstandes Ende März 1919 gerät sein Name auf die Liste der 30 gefangenzunehmenden Geiseln, die man anschließend ermordete. Er allein wird von einem Unbekannten gewarnt, flieht bei Nacht und Nebel mit dem letzten Zug aus München in einem Viehwagen, zusammen mit Annie Harrar. Die ausgeschickten Häscher finden Francé nicht im Institut, wütend demolieren sie die Arbeitssäle, verbrennen die Bücher, zerschlagen die Apparate und Mikroskope. Das in der ganzen Welt bekannte Institut, die Weltzentrale für Humusforschung und Bodenökologie, ist nicht mehr.
Die beiden Flüchtlinge bleiben ein halbes Jahr in Schwäbisch Hall, wandern durch Obsthügel und Weinberge und schlagen dann ihre Zelte in Dinkelsbühl auf, das Francé bereits 1903 kennen und lieben gelernt hat. Nach München kehren sie nicht mehr zurück.

Abb. 7: Sein „liebes Arbeitsnest" nannte Francé Dinkelsbühl. Hier fühlte er sich wohl, hier entstanden seine wichtigsten philosophischen Werke. Aus: Francé, 1907a.

Der Philosoph und Volksbildner

Fünf glückliche, selbstverständlich arbeitsreiche Jahre bleiben die beiden in Dinkelsbühl. Schon in jungen Jahren hatte Francé durch seine Plankton- und Waldstudien viel über Lebensgemeinschaften gelernt, ihre Prinzipien erkannt. Er begründet einen neuen Zweig der Ökologie, nennt ihn Biozönotik. Eine Biozönose in seinem Sinne umfaßt nicht nur die Organismen einer bestimmten Lebensstätte, sondern auch die leblosen, abiotischen Umweltfaktoren, die daran im weitesten Sinne beteiligt sind. Ökosystem nennen wir das heute. Dieser Blickwinkel war zu jener Zeit völlig neu.
Er erkennt, daß alle Mitglieder des Ökosystems sich so anpassen, daß stets ein Gleichgewicht herrscht, zu dem alle beitragen. Durch Selbststeuerung bewahrt es seine Geschlossenheit und beeinflußt auch die physikalisch-chemischen Prozesse seiner Umwelt, wirkt so auf Wasser, Erde, Gesteine, Mineralien, also ganz allgemein auf das Weltgeschehen. Der Stoffwechsel des Irdischen bewegt sich in einem ewigen Kreislauf. Organisches und Anorganisches unterscheidet sich darin nicht, Gebirge, Knochen, Sedimente, Diatomeenschalen, Kalkalgen, Brot, Fischgräten, alles sind nur Stationen im selben Kreislauf. Das gilt ebenso für alle Mineralien, Metalle, Gase, alle Flüssigkeiten. Stabile Zustände gibt es auf der Erde nicht, die Umwandlungen dauern nur mehr oder weniger lange, überlagern sich zeitlich vielfach, sind mitunter kompliziert. Humus aber ist die wichtigste Formation in diesem großen Umbau.
Francé formuliert die Biozönotik-Gesetze:

1. Die Allverbundenheit, die gegenseitige Abhängigkeit aller Mitglieder einer Biozönose.
2. Der Kreislauf der organischen Stoffe, ihren steten Abbruch und Wiederaufbau, somit auch das Prinzip der Reinigung der Umwelt.
3. Die gegenseitige Unterstützung, d. h. die harmonische Wechselwirkung oder gegenseitige Anpassung aller Mitglieder einer Biozönose.

Jeder einzelne Teil einer Biozönose trachtet nach seinem Maximum, wird aber darin beschränkt durch das gleiche Streben aller und erreicht so nur sein Optimum. Eine harmonische, ausgeglichene Ordnung sichert in ihrer Zönose ein Optimum von Dauer. Auch der Mensch muß den gleichen Weg gehen. Die Stufen zu seinem Optimum sind die seiner Zivilisation. Die Art der organischen Einordnung in seine Biozönose ist seine Kultur.
Ein weltfremder, sektiererischer Naturapostel ist Francé nicht, im Gegenteil. Moderne Technik und Industrie sieht er als Notwendigkeit der menschlichen Kultur. Ganz der modernen Zeit zugewandt zeigt er Wege auf, sie mit den Notwendigkeiten des Ausgleichs und der Harmonie in Einklang zu bringen. Der optimale Mensch nimmt Besitz von der Natur, bedarf der Tiere und Pflanzen, um sich zu erhalten. Er

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

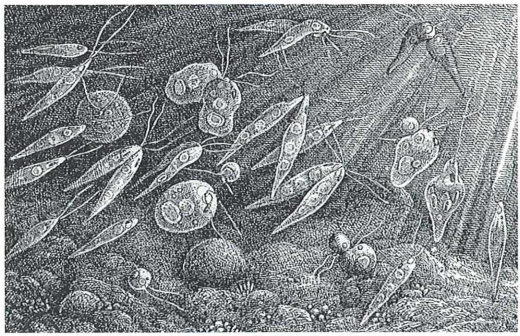


Abb. 8: Die Hochzeitsreise im Wassertropfen. Goldgrüne Einzeller vereinigen sich im einfallenden Lichtstrahl und erreichen dadurch eine Verjüngung. Federstich aus: Francé-Harrar, 1926.

darf sich eine Zivilisation schaffen und sich dazu der Naturgesetze nach seinem besten Können bedienen. Dazu muß er sie aber kennen! Und er darf nicht über das Maß des Ausgleichs hinausgehen. Weder geistig noch materiell. Die ganze objektive Ethik ist kurz: Wenn du die Weltgesetze verletzt, schadest du dir selber, denn sie sind dann nicht für, sondern gegen dich tätig. Man darf die innere und äußere Natur nicht so weit zerstören und vernichten, daß die zulässige Grenze überschritten ist. Der Wille zum Ausgleich muß Denken und Handeln bestimmen. Das Wissen dient dazu, ihn zu finden und zu regeln. Freilich ist diese Kultur, die der harmonische Mensch anstrebt, keineswegs das größte Glück für alle. Im Gegenteil, Harmonie bedingt viel Verzicht und Selbstentäußerung. Dennoch müssen wir sie wollen. Vor dem Willen aber muß die Einsicht stehen, vor der Einsicht das Wissen, vor dem Wissen die Natur- und Kulturerkenntnis, vor dem Lernen die Frage, was ist. Das ist das äußerste Selbsterziehungsprogramm, dem sich der Mensch noch je unterzogen hat, denn sein Ideal ist die Beugung des Willens unter die Einsicht. So kommt das Höchste zustande, was der Mensch leisten kann: Einordnung. Mit sieben Worten ist alles gesagt, was man wissen kann und was man tun soll: „Gesetzmäßigkeit, Ausgleich, Einordnung: Das ist richtiges Leben."

Wer nicht weiß, was in Himmel und Erde ist, verbringt ein von Furcht und Ungewißheit erfülltes, eingeengtes Dasein; wer es weiß, für den haben Welt, Leben und Tod keine Schrecken und er wird leichter die richtige Art zu leben finden als jeder andere. Aber das Leben fordert kein Alleswissen, sondern nur Kenntnis der Gesetze. Wir müssen erkennen, wie Natur ist, unter welchen Gesetzen sie steht und wie wir als ihr Teil leben und wirken sollen. Ohne den Bios zu kennen, kann man noch nicht einmal versuchen, richtig zu leben, sondern stolpert von Irrtum zu Irrtum. So werden Ungebildete immer Opfer ihrer fatalen Entscheidungen in Angelegenheiten ihrer Gesundheit oder Partnerschaft sein. Was denn sonst soll Bildung sein als das Wissen um die Gesetze, nach denen man leben soll? (Francé, 1904)

Was Francé will, ist eine fundamental andere Anschauung vom Verhältnis zwischen Mensch und Welt, Umwelt. Er findet, um uns im Verständnis unserer Biozönose, bei der Integration in unsere Umwelt Hilfestellung und Regeln für ein harmonisches Leben des Ausgleichs zu geben, sei ein zusammenfassender philosophischer Überbau nötig. Deshalb verabschiedet er sich von seinen Lesern als Autor rein biologischer Themen. Von nun an will er sich dem Ausbau und dem Lehren einer auf biologischen Gesetzen aufbauenden Philosophie widmen. Das zentrale Werk dieser biozentrischen Philosophie, um das sich wichtige andere gruppieren, ist Bios, die Gesetze der Welt (1921), wohl sein wichtigstes Werk, das die Quintessenz seiner Erkenntnisse und seines Denkens enthält. Daß es in dritter Auflage 1926 gekürzt in Kröners Taschenausgabe erscheint, unterstreicht die Bedeutung, die man ihm beimißt. Weitere wichtige Werke dieser Jahre, die weite Verbreitung finden, ergänzen es zu einem Zyklus, und münden in eine anschauliche Lebenslehre: Die technischen Leistungen der Pflanzen (1919); Die Pflanze als Erfinder (1920); diese beiden Werke sind Beginn und Grundlage der Biotechnik, heute Bionik. Zoesis – eine Einführung in die Gesetze der Welt; Der Weg der Kultur; Das Gesetz des Lebens; München – die Lebensgesetze einer Stadt (alle 1920). Ewiger Wald (1922), eines seiner wichtigsten Werke; überhaupt hat der Wald als das Musterbeispiel der harmonischen Biozönose in vielen seiner Bücher einen stilistisch unerreichten Darsteller gefunden; Francé war auch der erste, der öffentlich für den heute selbstverständlichen Dauer- und Mischwald eintrat. Plasmatik, die Wissenschaft der Zukunft

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

(1923); Grundriß der vergleichenden Biologie; Die Seele der Pflanze; Telos, die Gesetze des Schaffens (1924). Und wieder gründet er eine Zeitschrift: Telos. Sie erschien bis 1980.
Weitere Werke aufzuzählen, müssen wir uns versagen, zu viele sind es. Wie Francé selbst in anderem Zusammenhang schreibt: Man kommt davon nicht leichten Herzens los, sondern begehrt noch mehr. Francé macht süchtig.

Der Kreis schließt sich

1923 übersiedeln die Francés nach Graz und im Jahr darauf nach Salzburg, von dort unternehmen sie eine zweijährige Forschungsreise rund um den Globus. Ihre Beobachtungen und Erkundungen werten sie in vielen Büchern und Artikeln aus. In So mußt du leben! (1929) reiht Francé dann die Stationen seines Denkens und achtunddreißigjährigen öffentlichen Wirkens wie an einer Perlenschnur auf, nennt seine ihm wichtigsten Werke und Schriften. Auch heutigen Lesern ist das ein guter Leitfaden. Und so verabschiedet sich R. H. Francé auch von den Lesern seiner philosophischen Werke. Er will nun sein philosophisches Gebäude nicht weiter ausbauen, andere mögen die Lehre weiterbilden. Für ihn gelte nur noch, zu verbreiten und zu lehren und selbst danach zu leben.
Wärmeres Klima ist Francés Gesundheit zuträglich, seit frühester Kindheit quält ihn ein Lungenleiden, und seine Malaria macht ihm oft zu schaffen. Deshalb ziehen die beiden 1930 an die dalmatinische Küste, in die Republik Ragusa (Dubrovnik). Dort sind ihnen noch 12 schöne und fruchtbare Jahre vergönnt, abwechslungsreich unterbrochen durch manche Reise.
Weit sind sie herumgekommen: Afrika, Nord- und Südamerika, Vorderasien, Südindien, Australien, die Urwälder am Amazonas, die westindischen Inseln, die Südsee. Viele Artikel und Monografien sind die Folge, denn die beiden arbeiten noch immer fleißig, genießen aber auch das Leben in ihrem subtropischen Paradieswinkel. Doch der Krieg verschont diese Zufluchtsstätte nicht. Sie fliehen im April 1943 nach Budapest. Dort entdeckt man zu spät eine Leukämie bei Francé. Seinen großen Kreislauf beendet er am 3. Oktober in seiner Heimatstadt, wo er ihn begonnen hat. Die ungarische Regierung ehrt den weltberühmten Naturforscher und Philosophen mit einem feierlichen Staatsbegräbnis.

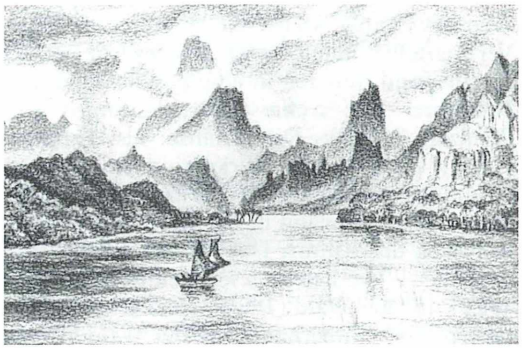


Abb. 9: Eimeio, Neu-Kaledonien, „das Schönste, was ich an Tropenschönheit gesehen habe ... Ich werde nie wieder völlig unglücklich und trostlos werden, seitdem ich sie erlebt habe ..." Text aus: Francé, 1928a. Bild aus: Francé-Harrar, 1928.

Nachlese und Nachwirken

Die weithin bekannte und vielgerühmte ideale Ehe der beiden Francés ist nur physisch beendet. Denn das gemeinsame Lebenswerk führt Annie Francé-Harrar nun alleine weiter, muß sich aber deshalb auf ein einziges Gebiet konzentrieren: Edaphon und Humus. In Artikeln und Vorträgen versucht sie nach dem Weltkrieg, verständlich zu machen, daß man keine neuen Kulturwelten aufbauen kann, ohne jenes bedrohte Fundament des Lebens zuerst zu erneuern und abzustützen. In ihrem großartigen Werk Die letzte Chance für eine Zukunft ohne Not (1950) und in Vorträgen zeigt sie Wege auf, mit denen der fortschreitenden Zerstörung des fruchtbaren Bodens Einhalt geboten werden kann. Ihre Vorschläge haben inzwischen manche Beachtung gefunden. Aber es mußten erst viele Jahre vergehen, denn unmittelbar nach dem Krieg hat man andere Sorgen und kein Geld. Sie wird schließlich nach Mexiko berufen als Beraterin mit Ministerrang im Kampf gegen die Bodenerosion. Ihr Buch Humus, Bodenleben und Fruchtbarkeit (1957), in dem sie ihre Mexiko-Erfahrungen auswertet, enthält zum Teil völlig neue Gesichtspunkte für erfolgreiche Bodenverbesserung, Bodenschutz und Fruchtbarmachung steriler Böden, Strukturverbesserung und Erneuerung der Landwirtschaft nach den Lebensgesetzen des Bodens.

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

Länger als ein halbes Jahrhundert hat R. H. Francé Wissenschaft in Wissen verwandelt, Wissensinhalte geordnet, verknüpft, anwendbar gemacht, aber auch die Grenzen aufgezeigt, die ihrer Anwendung gesetzt sind. Er schuf den Gedanken der Harmonie als Weltgesetz neu und lehrte, wie man durch Harmonie besser existieren und wie sie als Leitbild für das Alltagsleben gelten könne. Alle seine Schriften aus über 30 Schaffensjahren verkünden trotz der Unterschiedlichkeit der Themen seine zentrale Botschaft: Gesetzmäßigkeit, Ausgleich, Einordnung: Das ist richtiges Leben. „Man wird zugeben, daß Unermüdlichkeit in diesen Bestrebungen steckt" (1929). Wir geben es zu.

Seine Werke wurden in 22 Sprachen übersetzt, die Gesamtauflage allein in deutscher Sprache überstieg bei weitem drei Millionen. Eine seiner ständigen Besorgnisse war, wie und in welcher Form die Grundgedanken seiner Lebenslehre den späteren Generationen nahegebracht werden sollten, um aus seiner zeitgebundenen Sprache heraus mit dennoch treffendem Ausdruck die jungen Menschen am Ende dieses Jahrhunderts erreichen zu können (Francé-Harrar, 1962b).

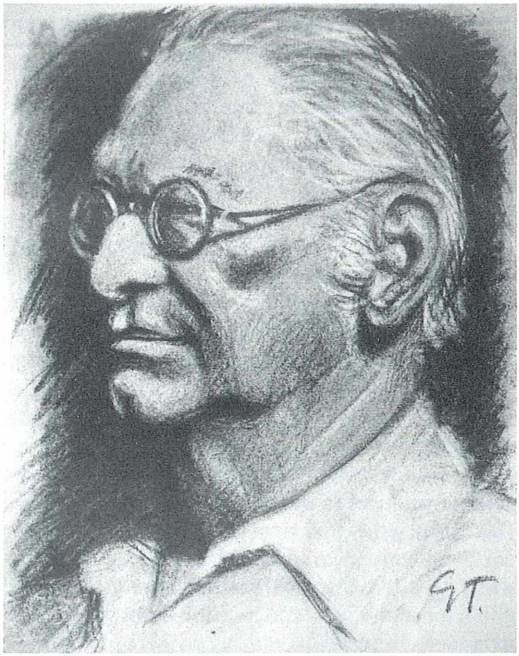


Abb. 10: Raoul Heinrich Francé. Foto eines Aushangs in der Francé-Gedenkstätte im Museum des historischen Vereins Alt-Dinkelsbühl.

Nicht nur Schüler und Studenten lasen seine Werke mit Begeisterung, sondern eine Generation von Biologen und Philosophen wurde anhand seiner Werke und Lehren erzogen und ausgebildet. Der große Erfolg beruhte nicht zuletzt auf seiner Fähigkeit, allgemeinverständlich und fesselnd zu schreiben. Das konnte er sich erlauben, denn durch geduldige Kleinarbeit war er fest in der Forschung verankert und verlor nie den festen Boden unter den Füßen. Dennoch blieb ihm öffentliche Anerkennung versagt, denn daß er Wissenschaft allgemeinverständlich in Wissen umsetzte, machte ihn in den Kreisen der Wissenschaft und der Spezialisten durchaus nicht beliebt. Auch schon damals war Spezialistentum der sicherste Weg zu akademischem Erfolg. Francé entschied sich jedoch, diesen geraden und engen Weg zu verlassen. Auch das ist ein Grund, weshalb wir uns an ihn erinnern und ihn ehren sollten.

Was er lehrte, nahm er ernst. Seine Frau bestätigt: „Er ist der harmonische Mensch, den er als Vorbild für seine Lebenslehre fordert, von großer persönlicher Liebenswürdigkeit und Hilfsbereitschaft, einem nie verletzenden überlegenen Humor. Er erzog als glänzender Stilist, berühmter Vortragsredner und Lehrer bis zum Ausbruch des Zweiten Weltkrieges ein bis zwei Generationen zu denkenden und naturverständigen Menschen. Darüber hinaus war er an allen geistigen Strömungen seiner Zeit ordnend und klärend interessiert, und seine sowohl musikalische als zeichnerische Begabung waren bekannt." (Francé-Harrar, 1962b)

Insgesamt gesehen fiel seine Periode als Volkserzieher und Mahner in eine eher ungünstige Zeit, in der sich seine Lehren Aufmerksamkeit und Interesse mit mancherlei anderen Bewegungen teilen mußten. So nimmt es nicht wunder, daß sein Ruhm Mitte der dreißiger Jahre langsam verblaßt. Nach dem Weltkrieg ist er schon weitgehend unbekannt.

Renaissance

Die jahrelangen systematischen Humus- und Edaphon-Versuche der beiden Francés werden von vielen Landwirten besonders in Österreich und Ungarn fortgeführt. Ein Gutachten der Hochschule für Bodenkultur in Wien bestätigt, daß Erntesteigerungen um 30 bis 60 % dauerhaft er-

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

zielt werden. Francé (1929) ist glücklich: „wenn es gelingt, der europäischen Ernte neuerdings einen Impuls zu geben wie jener war, zu dem sie Liebig mit der Einführung des Kunstdüngers emporriß ... Jahrhunderte neuen Wohlstandes und Aufschwunges ...". Es sollte anders kommen.
Zwar erhält Francé 1937 das Reichspatent Nr. 154652 auf einen mit Edaphon geimpften Naturdünger und dessen Herstellung, der in vieljährigen Anbauversuchen ausgiebig und erfolgreich erprobt war. Zwar stellt 1939 Ewald Könemann, einer der früheren Begründer des biologischen Landbaus, in seinem 400-Seiten-Werk Biologische Bodenkultur und Düngewirtschaft die natürliche Bodenschichtung und die daraus abgeleitete naturgemäße Bodenpflege nach Francés Lehre vom Edaphon in Wort und Bild dar. Neben der von Francé empfohlenen Gründüngung gehört die Verwertung aller wirtschaftseigenen Abfälle zu den Grundlagen seiner Methode. Zwar bezieht sich auch der seinerzeit bekannte Praktiker K. Stellwag auf Francé. Zwar wurzelt die biologisch-dynamische Wirtschafsweise, damals schon die bekannteste Richtung naturgemäßen Landbaus, weitgehend in diesen Verfahren. Doch durch den Zweiten Weltkrieg und seine Folgen wird der Zugang zu den auf viele einzelne Pioniere verteilten Kenntnissen und Erfahrungen sowie ihr wissenschaftlicher Hintergrund jäh verschüttet. Das erleichtert es interessierten Kreisen, den biologischen Landbau als unwissenschaftlich hinzustellen. Mit dem Wirtschaftswunder und dem billigen Öl dringt die Chemie schnell vor und überfremdet auch Landwirtschaft und Gartenbau.
In den sechziger Jahren besinnt man sich. Nach Rachel Carsons Der Stumme Frühling (dt. 1963) schlägt das Pendel zurück. Die von Francé behandelten Probleme werden nun von vielen, zum Teil namhaften Mikrobiologen und Agronomen aufgenommen. An Hochschulen gibt es immer mehr Vorlesungen über Ökologie und biologische Landbauverfahren, Studenten schreiben ihre Abschlußarbeiten über Themen auf diesen Gebieten, in mehreren Ländern gründen private Vereinigungen einschlägige Forschungsinstitute. Langsam erinnert man sich an Francé, dessen Bücher noch immer der Schlüssel zum grundlegenden, tieferen Verständnis dessen sind, was im Boden lebt, modert, nagt, verdaut, auflöst, zusammenfügt. Heute ist die Literatur über Bodenbiologie in aller Welt umfangreich und vielfältig.
Auch der wieder aufgegriffene Forschungszweig von Francés Biotechnik, jetzt aus Amerika zurückkommend Bionics genannt, bringt ihn wieder ins Gedächtnis. Francé fordert schon 1918 eine neue Wissenschaft, die sich nicht darauf beschränkt, die technischen Leistungen des Menschen in den Organismen wiederzufinden, sondern in den organischen Anwendungen der Naturgesetze Vorbilder für die Technik sieht. Heute ist diese Wissenschaftsrichtung, die in den Sechzigern zunächst in Amerika ausgebaut wurde, wohl etabliert. Auch in Deutschland gibt es seit einigen Jahren entsprechende Studienrichtungen.
Im Oktober 1993 fand in Salzburg zum 50. Todestag von Francé ein Symposium statt, ausgerichtet von der Universitätsbibliothek Salzburg, dem Oberösterreichischen Landesmuseum und der Johann-Kepler-Universität in Linz. Zur gleichen Zeit würdigte man ihn in einer Gedenkveranstaltung in Dinkelsbühl, eingebunden in das Seminar Das Bodenleben – Garant der Bodenfruchtbarkeit.
Alle zwei Jahre wird seit 1988 die Francé-Verdienstmedaille in Gold öffentlich ausgelobt und an Personen oder Gruppen verliehen, die sich in seinem Sinne besondere Verdienste erworben haben. Verleiher sind die Stadt Dinkelsbühl und die Gesellschaft für Boden, Technik, Qualität des Bundesverbandes für Ökologie in Land- und Gartenbau e. V. Der Arbeitskreis Landbautradition dieser Gesellschaft widmet dem Forscherehepaar Francé besondere Aufmerksamkeit und legt ein Archiv an. Die Francé-Gedenkstätte im Museum des historischen Vereins Alt-Dinkelsbühl zeigt Dokumente, Bücher und Bilder der beiden Francés.
1979 wurden Das Edaphon und Das Leben im Ackerboden nach über 60 Jahren neu verlegt; 1995 erfolgte ein Nachdruck.
Man erkennt heute Francés Verdienst wieder an, daß er die Grundgesetze der Natur und Technik in ein universales philosophisches System eingegliedert hat, das auch menschliche Kultur und Zivilisation umfaßt. Menschen, die nach Antwort auf drängende Fragen unserer Zeit suchen, können sie deshalb bei ihm finden. Sein leidenschaftliches Ringen, das Volk, die Menschen, ja die Menschheit zu lehren, zu erziehen, ihnen ein Leitbild zu geben, ist nicht Eitelkeit oder Größenwahn. Es ist der Aufschrei einer gequälten Seele, die mit schrecklicher, visionärer Klarheit sieht, wohin die Menschen treiben, die nicht nur ihr eigenes Glück

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

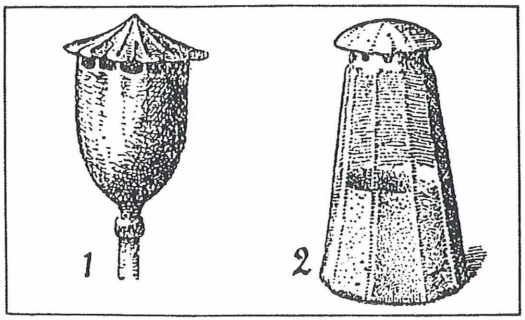


Abb. 11: Nachdem beim gleichmäßigen Impfen von künstlichem Humus mit Edaphon alle bekannten Methoden versagt hatten, nahm Francé mit Erfolg die Mohnkapsel als Vorbild eines Ausstreumechanismus. Das sorgsam wägende Patentamt bescheinigte ihm die Patentfähigkeit. Seine Lehre, daß der Pflanze eine Intelligenz innewohne, die sie zu Erfindungen befähige, war sozusagen amtlich beglaubigt. Francé triumphierte! Aus: Francé, 1920.

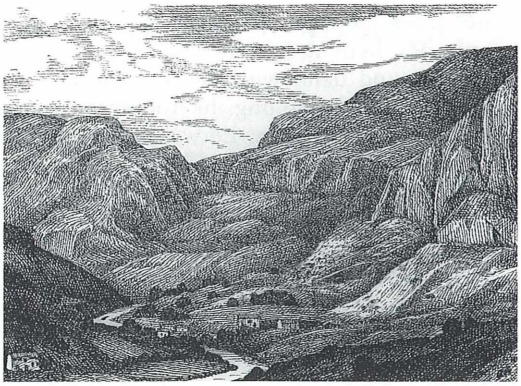


Abb. 12: Zeugen der Waldverwüstung (Tal im andalusischen Gebirge). Aus: Francé, 1927b.

und Leben verspielen und verschachern, sondern auch das ihrer Mitgeschöpfe.
Wir, die Freunde der Zeitschrift, die vor 90 Jahren dem Kopf und der Feder von Raoul Heinrich Francé entsprungen ist, und vielfach Mitglieder von Mikrobiologischen Vereinigungen, die seine Schöpfung sind, wollen hören, was er uns zuruft:

Letzte Warnung

Wie eine Horde Teufel trampeln wir auf der leidenden Natur herum. Wir schaden nur unserem eigenen Glück und unserer Seele wie unserem Wohlstand, wenn wir unseren Boden unfruchtbar machen, die Wälder verwüsten, die reinen Flüsse trüben, die Schätze des Bodens zu sehr ausnützen, Tiere und Pflanzen ausrotten. Wenn wir die heimatliche Natur zerstören, dann zerstören wir uns selbst. Die Naturzerstörung werde für unsere Kinder und Enkel die Unglücksquelle ihrer Tage werden, prophezeit Francé warnend.
Die Ehrfurcht vor der Ganzheit muß uns in den Arm fallen, damit wir nicht über die Rechte des Menschen hinausgreifen und die Harmonie zerstören. Zur Harmonie gehört, daß jedes Lebende, sogar jedes Ding eingeordnet ist in eine Lebensgemeinschaft, die ihm Rechte gewährt, wenn es Pflichten erfüllt, denn jedes lebt in einem biozönotischen Zusammenhang und in Abhängigkeit. Kann es darum etwas zeitgemäßeres, notwendigeres für uns geben, als diese Biozönose zu erkennen und in Ordnung zu bringen? Denn das ist unsere Aufgabe! (Francé, 1904)
Immer wieder betont Francé, daß die natürliche Biozönose des Mitteleuropäers der Wald ist, und daß wir ohne ihn auf diesem Kontinent nicht leben können. Wir sind Waldmenschen, im Gegensatz zu den Menschen, die in der Steppe leben, in der Wüste oder auf steinigen Inseln im Meere. Er ermahnt uns in eindringlichen Worten, nicht egoistisch und aus Willkür über das hinauszugreifen, was dem Menschen als Mitglied seiner jeweiligen Biozönose zukommt, damit wir nicht unsere Lebensgrundlagen unwiderbringlich zerstören. Wir werden es zu büßen haben, wenn wir die Kontinente ruinieren, die Gebirge vorzeitig durch Erosion einebnen, die Flüsse verkürzen und vegetationslose Zonen versäumter Bodenerneuerung schaffen. In packenden Bildern und bedrückenden Beispielen zeigt er an Weltgegenden und Völkern der Vergangenheit auf, wo gesündigt, ehemals blühender Lebensraum für immer zu steiniger Wüste gemacht wurde. Die Unwilligen und Unfähigen warnt er vor der unerbittlichen Konsequenz und gnadenlosen Gesetzmäßigkeit der Selektion, die auf allen Stufen des Seins dafür sorgt, daß die Harmonie streng eingehalten wird und die uns mit tausend Leiden strafen

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

wird, wenn wir nicht richtig leben. Eines Tages werde das Maß der Sünden wider die Natur voll sein, und dann wird die Stimme des Gerichts ebenso gleichmütig ihr Todesurteil sprechen, wie sie es nach der Entwaldung des Morgenlandes in der Antike getan habe.

Eine Zusammenordnung von Teilen, die sich harmonisch zueinander verhält, ist dauerhaft, ermöglicht ihnen das Optimum, eine unharmonische verhindert es und bewirkt schmerzhafte Änderungen. „Das ist alles, was ich weiß und lehre", sagt Francé (1922b). Und beschwörend ermahnt er uns über sieben Jahrzehnte hinweg: „Aus den Naturgesetzen des Menschen Geist und Wirken zu begreifen, in der Natürlichkeit den Maßstab gesunder Entwicklung zu finden – wenn er das kann, erst dann ist der Mensch in Harmonie gebracht mit dem Unendlichen, das uns im Leben erhält und durch uns wirkt und uns zu nichts zerblasen wird, wenn wir uns den Lebensgesetzen des Alls nicht anpassen können oder wollen."

Literaturhinweise

Aescht, E.: Roul H. Francé. Leben und Werk. Zusammenstellung für das Francé-Symposium in der Universitätsbibliothek Salzburg am 22., 23. Oktober 1993, Oberösterr. Landesmuseum, Linz.

Ehrenberg, G. Chr.: Die fossilen Infusorien und die lebendige Dammerde. Berlin 1837.
- Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen, selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig 1854.

Francé, R. H.: Der Organismus der Craspedomonaden. Königl. Ungar. Naturwiss. Ges., Budapest 1897.
- Der Werth der Wissenschaft. Aphorismen zu einer Natur- und Lebensphilosophie. Th. Schröter Verlag, Zürich, Leipzig 1900; 4. Aufl. Walter Seiferts Verlag, Heilbronn 1927.
- Richtiges Leben. Ein Buch für Jedermann. Voigtländers Verlag, Leipzig 1904.
- Streifzüge im Wassertropfen. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1907a.
- Das Leben der Pflanze. Band 1–4. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1906–1911), Bd. I 1907b, Bd. III 1908.
- Wege zur Natur. Eine Einführung in mikroskopische Studien für Anfänger. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1909.
- Die Pflanze als Erfinder. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1920.
- Ewiger Wald. Ein Buch für Wanderer. Richard Eckstein Nachf. GmbH, Leipzig 1922a.
- Die Kultur von morgen. Karl Weiss Verlag, Dresden 1922b.
- Das Buch des Lebens. Ein Weltbild der Gegenwart. Ullstein-Verlag, Berlin 1924.
- Bios. Die Gesetze der Welt. 2 Bände. 2. Aufl., Walter Seiferts Verlag, Heilbronn 1921; Franz Hanfstaengl, München 1921; Taschenausgabe, Alfred Kröner Verlag, Leipzig 1926a.
- Harmonie in der Natur. 9. Aufl., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1926b.
- Der Weg zu mir. Der Lebenserinnerungen erster Teil. Alfred Kröner Verlag, Leipzig 1927a.
- Vom deutschen Walde. Berlin 1927b
- Urwald. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1928a.
- Biotechnik bei mikroskopischen Organismen. Mikroskopie für Naturfreunde, *6*, 289-293 (1928b).
- So mußt du leben! Eine Anleitung zum richtigen Leben. C. Reissner Verlag, Dresden 1929.
- Das Leben im Boden. Das Edaphon. (Nachdruck) Edition Siebeneicher, Deukalion Fachverlag für Landwirtschaft und Ökologie. Uwe Hils Verlag, Holm 1995.

Francé-Harrar, A.: Tier und Liebe. Geschichten von Unterdrückten und Verkannten. I. H. W. Dietz Nachf. für „Der Bücherkreis", Berlin 1926
- Südsee. Berlin-Schöneberg 1928.
- Die letzte Chance für eine Zukunft ohne Not. Bayer. Landwirtschaftsverlag, München 1950.
- Humus. Bodenleben und Fruchtbarkeit. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München 1957.
- So war's um Neunzehnhundert. Mein fin de siecle. Albert Langen Georg Müller Verlag, München 1962a.
- Lebenslehre für Jedermann. Aus hinterlassenen Manuskripten und den Hauptwerken R. H. Francés zusammengestellt und mit Hinweisen versehen. Telos-Verlag, Berlin 1962b

Hammerich, P.: Francé – der Weise von Dinkelsbühl. Festrede auf der Francé-Gedenkmatinee anläßlich des 50. Todestages. öko-aktuell *17*, 3–6 (1994).

Kaiser-Heydenreich, B.: BTQ-Inventarliste Raoul Heinrich Francé (Stand März 1995). Literaturverzeichnis des Arbeitskreises Landbautradition der Gesellschaft für Boden, Technik, Qualität im Bundesverband für Ökologie in Land- und Gartenbau e. V., Postfach 1111, 67085 Bad Dürkheim.

Könemann, E.: Biologische Bodenkultur und Düngewirtschaft. 2. Aufl., Tutzing 1939.

Roth, R. R.: R. H. Francé – Mensch und Werk. In: Das Leben im Boden. Das Edaphon. S. VII–XXI. Deukalion Fachverlag für Landwirtschaft und Ökologie. Uwe Hils Verlag, Holm 1995.

Siebeneicher, Georg E.: Justus von Liebig, Raoul H. Francé, Sir Albert Howard – drei Begründer des biologischen Landbaus. Ökologie und Landbau *23*, 6–11 (1995).

Der Verfasser hat die genannten und weitere Werke von R. H. Francé und A. Francé-Harrar in der Bayer. Staatsbibliothek, München, vorgefunden. Eine vollständige Schriftensammlung besitzt die Universität Salzburg.

Abbildungen: Mit Ausnahme der beiden Bildnisse von Francé (Abb. 2 und 10), sind alle Abbildungen Zeichnungen von R. H. Francé.

Dank: Ich danke Herrn Professor Dr. René R. Roth, London/Ontario, Kanada, für briefliche Hinweise und unveröffentlichte Manuskripte.

Verfasser: Klaus Henkel, Auf der Scheierlwiese 13, 85221 Dachau.

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

Entstehen giftige Algenblüten am Meeresboden?

Die Dinoflagellaten und ihre Dauercysten

Stefan Nehring

„Algenpest", „Killeralgen", „Fischsterben". Wer kennt nicht die Schreckensmeldungen der Medien über das Phytoplankton im Sommer. Trotz dieser negativen Geschehnisse ist sicherlich jeder Mikroskopiker fasziniert von dem Anblick einer Algenblüte. Aber haben Sie sich schon mal gefragt, was das Phytoplankton eigentlich im Winter macht?

Neben den Diatomeen (Kieselalgen) sind die Dinoflagellaten (Strudel-Geißeltierchen) die wichtigste Gruppe des Phytoplanktons im Meer. Über die Faktoren, die das typische saisonale Muster der Planktonentwicklung (Sukzession) bestimmen, ist aber erst wenig bekannt. Es existieren viele Literaturhinweise über Beobachtungen von außergewöhnlichen und oft toxischen Dinoflagellatenblüten im Sommer, über deren Ursachen unter Wissenschaftlern auch heute noch kontrovers diskutiert wird. Vieles spricht dafür, daß Häufigkeit und Ausbreitung toxischer Algenmassenentwicklungen weltweit zugenommen haben (Elbrächter, 1990).

Die Dinoflagellaten und andere Flagellaten können Zellzahlen weit über 70 Millionen pro Liter Seewasser erreichen und damit zu einer Verfärbung des Wassers führen. Am bekanntesten in der Nordsee sind die im August entstehenden eindrucksvollen „roten Tiden" des Meeresleuchttierchens *Noctiluca scintillans*. Jedem in Erinnerung ist sicher auch die Blüte der „Killeralge" *Chrysochromulina polylepis* im Kattegat/Skagerrak während des Frühsommers 1988, über die auch in MIKROKOSMOS berichtet wurde (Jochem, Göbel, 1988). So besitzen viele Phytoplanktonarten die Fähigkeit, hochwirksame Toxine zu produzieren und in das umgebende Wasser abzugeben. Dadurch werden oft Fische, Bodenfauna und -flora geschädigt bzw. abgetötet. Auch können sich Toxine in einer Nahrungskette anreichern und dem Menschen z.B. beim Verzehr von Muscheln gefährlich werden.

Nun stellt sich aber die Frage: Besteht ein Zusammenhang zwischen Algenblüten im Sommer und dem Überleben der Arten im Winter? Für die meisten Phytoplanktonarten besteht hinsichtlich ihrer Überwinterung bzw. des Lebenszyklus und der damit verbundenen Lebensräume noch Unklarheit. Allgemein kann das Überleben der Phytoplankter in der Wintersaison entweder als normale planktische Zelle, als physiologisches Ruhestadium oder mit einem Dauerstadium gesichert werden, Stadien, die verantwortlich für das Auftreten der nächsten Generation im Frühling/Sommer sind.

Erst in den letzten Jahren wurden grundlegende Untersuchungen über das Vorkommen von Dauerstadien der Dinoflagellaten unter besonderer Berücksichtigung der Dauercysten in den deutschen Küstengewässern durchgeführt. Dieser Aufsatz soll die Besonderheiten der Dauercysten im Lebenszyklus einiger Dinoflagellaten aus Nord- und Ostsee und ihre damit verbundenen biologischen und ökologischen Konsequenzen beschreiben.

Die Rolle der Dauercysten im Lebenszyklus der Dinoflagellaten

Auf Grund ihrer primitiven Organisation gelten die Flagellaten als geologisch sehr alt, doch sind die ersten Dinoflagellaten erst aus dem Silur (vor 438 Mill. Jahren) beschrieben, und erst von der Trias (vor 248 Mill. Jahren) an sind sie häufig zu finden und als Leitfossilien vor allem für die Erdölindustire (Petrologie) wertvoll. Obgleich die Dinoflagellaten urgeschichtlich sicher auch im beweglichen planktischen Zustand vorgekommen sind, sind fossil nur deren Dauerstadien, die sogenannten Dau-

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

ercysten, bekannt. Diese mikroskopisch kleinen Zellen (0,03–0,25 mm) besitzen eine chemisch sehr widerstandfähige äußere Hülle aus Kutin- oder Sporopollenin ähnlichen Material bzw. aus Kalzit und werden von den Paläontologen auch als Hystrichosphäriden (Stacheleier) bezeichnet (Abb. 1). Die Cystenwand kann von farblos über grau bis dunkelbraun gefärbt sein.

Die erste wissenschaftliche Erwähnung von fossilen Dinoflagellatencysten, die als Zygosporen der Desmidiaceengattung *Xanthididium* gedeutet wurden, gab Ehrenberg (1836), der sich hauptsächlich mit der fossil bedeutenden Ordnung Peridinales beschäftigt hat. Die Entdeckung und unterschiedliche Interpretation der systematischen Stellung der ersten Funde ist von Göke (1992) anschaulich im MIKROKOSMOS dargestellt worden.

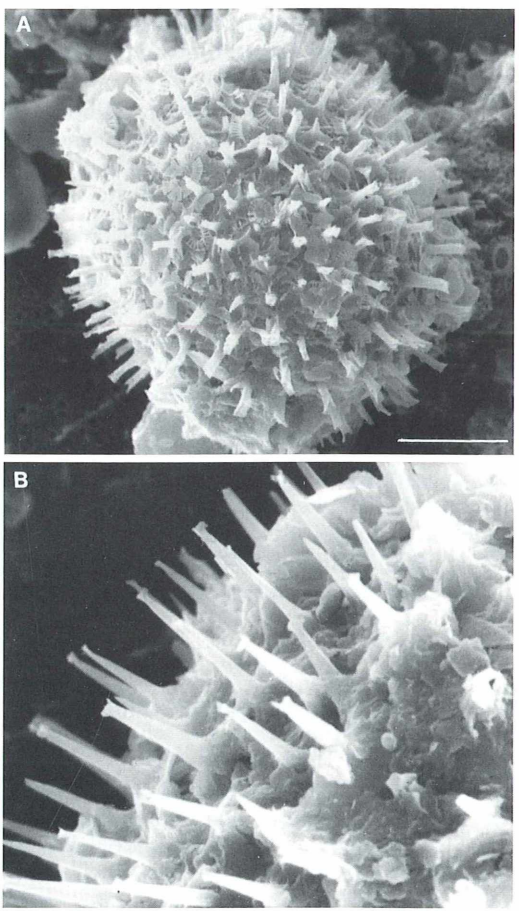


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopaufnahmen der aus Nordseesedimenten häufig isolierten Dauercyste von *Scrippsiella trochoidea*. (A) Gesamtansicht. (B) Detailansicht mit kalzithaltigen Stacheln. Maßstrich: 10 µm in (A), 2 µm in (B).

Erst in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts erlebte die Bearbeitung von fossilen Dinoflagellatencysten eine Renaissance, und da ja keine motilen Formen bekannt waren, wurden die Arten taxonomisch nach der Cystenmorphologie benannt. Bis heute wird diese Art der Systematik von den Paläontologen größtenteils beibehalten, von den Biologen hingegen werden die Cysten nach der entsprechenden Systematik der motilen Thekatenzelle benannt.

Vor mehr als 100 Jahren wurden erstmalig lebende Dauercysten in Planktonproben der Nordsee nachgewiesen (Stein, 1883; Hensen,1887) und wiederholt aus dem Süßwasser während der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts beschrieben (z.B. Zederbauer, 1904; Diwald,1938). Aber erst seit wenigen Jahren werden die Dinoflagellaten hinsichtlich ihrer Cystenbildung vermehrt untersucht. So sind von den heute über 2000 lebenden Dinoflagellatenarten bisher bei ungefähr 80 Arten aus dem Meer und bei ungefähr 30 Arten aus dem Süßwasser ein Cystenstadium nachgewiesen worden (Nehring, 1993). Neben der Grunderscheinungsform einer Dauercyste (z.B. rund, oval oder mit Hörnern, mit oder ohne Stacheln) ist vor allem die Archäopyle (Schlupfloch), die in verschiedene Typen unterteilt werden kann (Matsuoka et al., 1989), ein wichtiges Bestimmungsmerkmal. Bei lebenden Cysten ist diese Öffnung in der Zellwand noch verschlossen und somit oftmals nicht zu erkennen. Excystiert sich aber der Organismus, wird die Archäopyle geöffnet, indem eine bestimmte Platte (auch Operculum genannt) durch den ausschlüpfenden Protoplast aufgedrückt wird. Die Form der Öffnung ist artkonstant. Der frisch ausgeschlüpfte Protoplast besitzt schon Geißeln ähnelt aber in der Form noch nicht der vegetativen Zelle. Dieses Stadium wird auch Gymnodinoid-Stadium genannt. Innerhalb der nächsten Stunden wird die äußere Zellwand ausgebildet, und die Zelle kann sich durch Zweiteilung fortpflanzen.

Neuere Studien an lebenden Cysten haben gezeigt, daß Cystenbildung einen wichtigeren Prozeß für das Entstehen von Algenblüten darstellt, als bisher angenommen. Umfassende

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

Untersuchungen sind aber bis heute hauptsächlich nur an Dinoflagellaten und hier meistens an der Gattung *Alexandrium* durchgeführt worden, der viele besonders giftige Arten angehören. Es fehlen daher weitgehend Kenntnisse über eventuelle Dauerstadien anderer Flagellaten; möglicherweise besitzen diese Gruppen unauffällige Cysten, die sich nicht so leicht identifizieren lassen wie die besonders strukturierten Dauercysten von Dinoflagellaten.

In der Natur werden oftmals und in Laborkulturen gelegentlich Dauercysten von Dinoflagellaten gefunden, meist gegen Ende einer Blüte. Ein entscheidender Unterschied zu den Temporärcysten besteht darin, daß diese Art von Cyste mit einem Sexualzyklus gekoppelt ist (Abb.2). Eine Serie von mitotischen Teilungen der Zelle ergibt hochmotile Gameten, die bis zu einer Woche frei umherschwimmen. Nicht bei jeder Art sind die Gameten morphologisch von der Normalzelle zu unterscheiden; sie zeigen aber meistens eine stark erhöhte Mobilität. Jeweils zwei Gameten fusionieren in eine Zygote. Diese Planozygote behält die Flagellen beider Gameten und schwimmt bis zu zwei Wochen umher. Innerhalb der Zellwand kapselt sich dann der Protoplast ab, nachdem Reservestoffe (Lipidtropfen, Öl, Stärkekörner) gebildet worden sind (Abb. 3). Oftmals ist auch ein gelblich bis roter „Augenfleck" zu erkennen, dessen Funktion für die Zelle bis heute ungeklärt ist. Nachdem sich die feste Cystenwand gebildet hat, bricht die Thekenhülle auf und gibt die Cyste frei. Die Umwandlung in eine Dauercyste ist also kein schneller Prozeß und dient daher nicht dazu, kurzzeitige Streßsituationen zu überstehen, sondern bedeutet vielmehr eine langfristige Ruhepause für die Organismen.

Die Dauercysten entsprechen hinsichtlich der Sinkgeschwindigkeit Silt-Partikeln und werden auch wie Silt im sedimentären Prozeß am Gewässerboden konzentriert (Dale,1976). Cystenbildende marine Spezies findet man meistens im Plankton von Ästuargebieten und küstennahen Gebieten, wo flaches Wasser die vertikale Verfrachtung einschränkt und die saisonalen Umweltveränderungen sehr groß sind. So existieren hier dann regelrechte Anhäufungen von Cysten im Sediment, z.B. über 1300 Cysten cm^{-3} von *Scrippsiella trochoidea* (Abb.1) in Sedimenten der Nordsee (Nehring, 1995).

Die möglichen auslösenden Hauptmechanismen der Sexualität und Cystenbildung sind 1. Reduzierung des Nährsalzangebotes, 2. Ände-

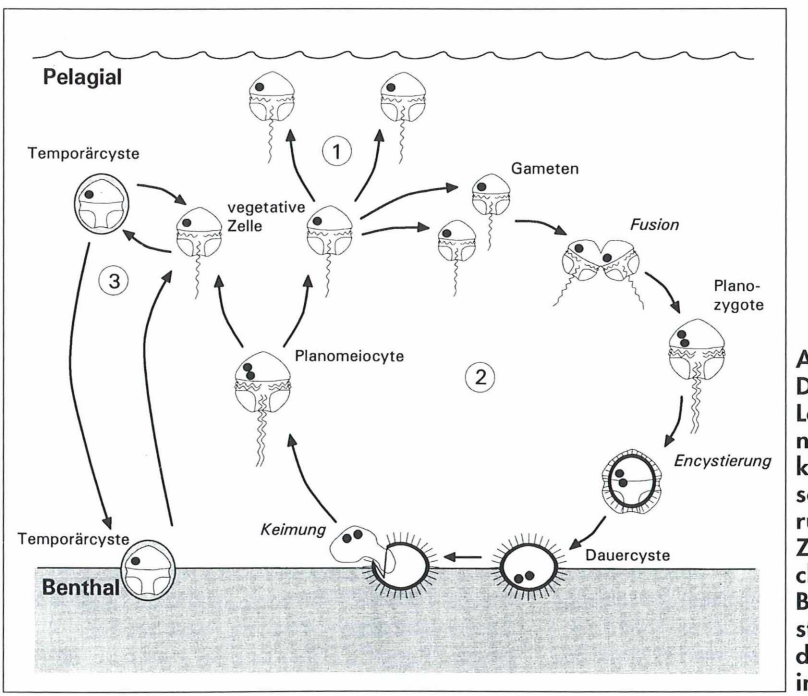


Abb. 2: Schematische Darstellung des Lebenszyklus von Dinoflagellaten (• = Zellkern). (1) ungeschlechtliche Vermehrung der vegetativen Zelle. (2) geschlechtliche Fortpflanzung mit Bildung einer Dauercyste. (3) Abkapselung der vegetativen Zelle in eine Temporärcyste.

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

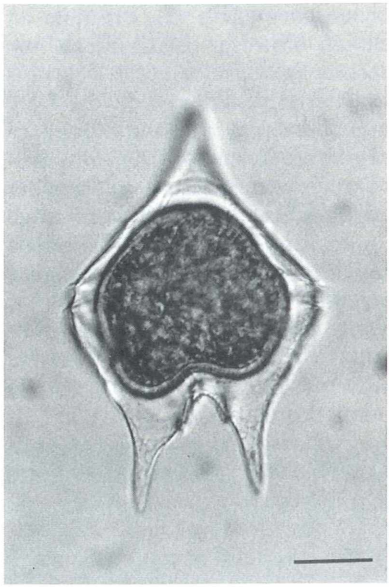


Abb.3: Innerhalb der Zellwand von *Protoperidinium oblongum* ausgebildete Dauercyste. Maßstrich: 18 µm.

rung der Lichtbedingungen, 3. der Temperatur bzw. 4. der Salinität. Diese Faktoren sind aber bis heute nicht hinreichend untersucht, was vor allem für Licht und Salzgehalt gilt. Der Sexualzyklus bei den Dinoflagellaten wird besonders dann eingeleitet, wenn eine deutliche Nährsalzverringerung vorliegt. Hier kann entweder Mangel an Stickstoff (als Ammonium oder Nitrat) oder an Phosphor (als Phosphat) Auslöser sein, wobei das Optimum der Dauerstadienbildung innerhalb einer engbegrenzten Temperaturspanne lag (Anderson et al., 1984). Auch Spurenelemente wie z.B. Eisen spielen eine wichtige Rolle in der Blütendynamik von Dinoflagellaten, und ein Eisenmangel kann Cystenbildung induzieren. Dieses Spurenelement wird aber an der deutschen Nordseeküste auf Grund hoher Konzentrationen von Komplexbildern (Huminsäure) nicht limitiert sein.
Ein bis heute nicht erklärbares Phänomen ist, daß während und nach dem Zusammenbruch einer Algenblüte nicht von allen Motilen einer Dinoflagellatenart Cysten gebildet werden (Verhältnis von Cysten zu Motilen beträgt 1:2 für *Protoceratium reticulatum,* 1:120 für *Protoperidinium oblongum* und 1:500 für *Gonyaulax digitalis,* nach Dale, 1979).

Dauercysten: Sammeln und bestimmen

Für eine Laboranalyse ist es vorteihaft, die Cysten anzureichern. Etwa 1–3 cm^3 Sediment wird mit 20 µm Gaze gesiebt, und das zurückgehaltene Sediment wird zurückgewaschen. Von dieser Suspension wird dann etwas in eine Utermöhlkammer, die vor allem in der Planktologie Verwendung findet, überführt und mit einem Invertmikroskop betrachtet. Die meisten Cysten sind anhand ihrer lichtmikroskopisch erkennbaren Morphologie sofort bestimmbar (Abb. 4), im Gegensatz zu vielen vegetativen Zellen. So konnten durch Cystenuntersuchungen für die deutschen Küstengewässer mehrere Arten nachgewiesen werden, für die noch keine Meldungen aus der Wassersäule vorlagen (s.u.). Um die Cysten auskeimen zu lassen, werden sie unter dem Invertmikroskop mit Hilfe einer Pasteur-Pipette einzeln aus der Sedimentprobe entnommen und in eine Utermöhlkammer, kleine Petrischale o.ä. übertragen. Als Medium wird gefiltertes Seewasser, das zusätzlich mit Nährstoffen angereichert werden kann, mit dem entsprechenden Salzgehalt verwendet. Die Schalen werden dann luftdicht mit Parafilm verschlossen und an einen warmen und hellen Ort gestellt (z.B. Nordfenster). Die Schalen werden am besten täglich über mehrere Wochen nach Beimpfung mikroskopisch kontroliert. Wenn eine Zelle gekeimt ist und sich geteilt hat, wird eine der Zellen mit einer Pipette entnommen und unter dem Mikroskop bestimmt. Auch wenn es bisher nicht viele Untersuchungen über die Keimung von Dinoflagellaten gibt, möchte ich den Lesern Mut machen zu ersten eigenen und einfachen Untersuchungen. Denn viele Arten lassen sich mit den beschriebenen Hilfsmitteln auch im Uferbereich von Gewässern und vor allem am nicht zu sandigen Meeresstrand finden und schnell zur Keimung anregen.

Dauercysten als Anzeiger für das Auftreten „neuer" Arten

Dauercysten können sich aus dem heimischen Plankton rekrutieren, aber auch durch den Transport mit Meeresströmungen, im Ballastwasser von Schiffen oder durch den Import mit Aquakulturprodukten in andere Seegebiete eingeschleppt werden und sich hier als Motilform mit allen Konsequenzen etablieren.

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

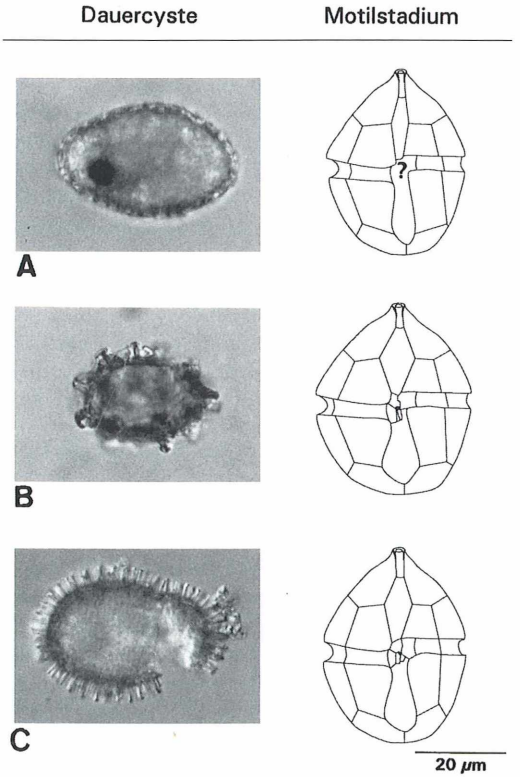


Abb. 4: Dauercysten und Motilstadien am Beispiel der Dinoflagellaten-Gattung *Scrippsiella*. (A) *Scrippsiella lachrymosa*. (B) *Scrippsiella trifida*. (C) *Scrippsiella trochoidea*, Dauercyste mit rißförmiger Archäopyle. (Anmerkung: Für *S. lachrymosa* ist keine komplette Beschreibung der Sucalplatten verfügbar).

Obwohl die deutschen Küstengewässer planktologisch zu den bestuntersuchten Gebieten der Welt zählen, konnten mehrere Dinoflagellaten-Arten als Dauercyste nachgewiesen werden, die bisher für dieses Seegebiet unbekannt waren.
Am Beispiel der Gattung *Scrippsiella* läßt sich anschaulich verdeutlichen, daß der direkte Vergleich des motilen Stadiums der Dinoflagellaten mit ihren Dauercysten ein wichtiger Bestandteil in der Klassifikation und Systematik dieser Gruppe ist (Abb. 4). Bisher war nur S. *trochoidea* in den deutschen Küstengewässern als Motilform nachgewiesen (Nehring, 1994). Da alle planktischen Vertreter dieser Gattung nur elektronenmikroskopisch eindeutig bestimmbar sind, ist anhand der umfangreichen Cystenfunde zu vermuten, daß zwei weitere *Scrippsiella-Arten* bei uns vorkommen und bisher übersehen wurden.
Ein besonderer Fall ist die nur aus Südeuropa bekannte, cystenbildende und hoch toxische Art *Gymnodinium catenatum*, deren charakteristisches Aussehen ihrer vegetativen Form eine Bestimmung schon mit dem Lichtmikroskop ermöglicht. Die erstmaligen Funde lebender Dauercysten Anfang der neunziger Jahre in der Deutschen Bucht deuten auf eine erst kürzlich erfolgte Einwanderung von der spanischen Atlantikküste über den Englischen Kanal hin. Hierüber wird ausführlich zu einem späteren Zeitpunkt in MIKROKOSMOS berichtet.
Es läßt sich feststellen, daß Cystenuntersuchungen eine integrative Information über die gesamte Wassersäule liefern und somit ein aufschlußreicher benthischer Einblick für die Planktonökologie sind, insbesondere auch auf taxonomischer Ebene.

Cystenkeimung als Algenblütenauslöser

Viele Beobachtungen über Zeitpunkt, Ort und Dauer von Dinoflagellatenblüten werden in Verbindung mit dem Zyklus von Cystenbildung Cystenkeimung solcher Spezies gebracht, die Dauercysten in ihrem Lebenszyklus bilden (Anderson, Wall, 1978). Hierbei sind die Abundanz, die Verteilung und das Schicksal der sedimentierten und abgelagerten Cysten auf dem bzw. im Meeresboden wichtige Variablen, die bis heute zum größten Teil noch unzureichend untersucht sind. Wenig bekannt sind auch die Faktoren, die diese räumlichen Muster erzeugen, wobei Wasserströmungen sicher von Bedeutung sind.
Weiterhin scheint es so zu sein, daß Unterschiede in der Cystensedimentation und in der Aktivität des Zoobenthos, ferner Gezeiteneinflüsse und Sedimentcharakteristiken für eine unterschiedliche vertikale Cystenverteilung im Boden sorgen. Viele Cysten sind äußerst resistent gegen natürliche, extreme Umwelteinflüsse. Inwieweit sie dadurch auch gegen die Vernichtung durch potentielle Feinde geschützt sind bzw. ob solche überhaupt existent sind, ist unbekannt.
Der Gewässerboden in Gebieten mit hoher Sedimentation von organischem Material (z.B. absterbende Planktonblüten) sind schon in

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

geringer Sedimenttiefe durch den sauerstoffzehrenden mikrobiellen Abbau anoxisch. Die Toleranz gegenüber Sauerstoffmangel ist bei Tieren verschieden ausgeprägt. So können viele Tiere lange Zeit mit geringen Sauerstoffkonzentrationen überleben. Ist aber der Sauerstoff ganz aufgezehrt, entsteht durch anaerobe Prozesse Schwefelwasserstoff, der ein starkes Blutgift ist und die Atmung blockiert. Dieses führt dann zu einem Massensterben der im Sediment lebenden Bodentiere. Das ist nicht der Fall bei den Cysten, die über viele Jahre in anoxischen Sedimenten überleben können und ihre Keimfähigkeit behalten (Dale, 1983).

Einer der bedeutendsten Faktoren, die die Keimung der Cysten beeinflussen, ist die Zeit der Nichtkeimfähigkeit. Direkt nach ihrer Bildung können die Cysten – im Gegensatz zu den Temporärcysten – nicht auskeimen. Bei vielen Arten beträgt die Nichtkeimfähigkeitszeit mehrere Wochen und kann für *Alexandrium tamarense* bis zu sechs Monate andauern (Pfiester, Anderson, 1987).

Ist diese Zeit vorüber, spielen verschiedene Umweltbedingungen eine große Rolle. Einer der Hauptfaktoren, die die Keimung regulieren, ist die Temperatur. Das Optimum liegt meistens in einer engen Temperaturspanne, d.h. sowohl tiefe als auch hohe Temperaturen können die Keimung verzögern. Natürlich müssen für viele Arten auch genügend Licht, Nährstoffe und Sauerstoff vorhanden sein. Hier gibt es aber eine große Variabilität (Anderson et al., 1987).

Offensichtlich müssen sich bestimmte Umweltbedingungen über die Zeit ändern, damit die Cysten wieder auskeimen können. Sind nun all die Cysten, die z.B. in tiefen Meeresgebieten liegen, wo die Umweltbedingungen über das Jahr konstant sind, als Saat für eine neue motile Zelle verloren? Anderson und Keafer (1987) konnten bei *Alexandrium tamarense,* der als giftigster Dinoflagellat gilt, zeigen, daß die Keimung der Cysten durch einen endogenen, cirka-annualen Rhythmus nach Art einer inneren Uhr kontrolliert wird. Dieses Phänomen ist jetzt übrigens hiermit zum ersten Mal bei einer marinen Pflanze nachgewiesen. Sie vermuten weiterhin, daß dieser Mechanismus auch für Cysten aus küstennahen, flacheren Gebieten von Nutzen ist, da hier von Jahr zu Jahr große Unterschiede in den Umweltbedingungen auftreten können, der Jahresrhythmus aber regelmäßig das Auskeimen garantiert.

1992 erregte auch bei uns die Meldung Aufsehen, daß eine „Phantom-Alge" für das Massensterben von Fischen an den Küsten der USA während der letzten Jahre verantwortlich sein sollte. Über die genaue Ursache tappten die Wissenschaftler lange völlig im dunklen. Erst Burkholder et al. (1992) konnten nachweisen, daß ein kleiner, bisher unbekannter Dinoflagellat die Fische getötet hatte. Den größten Teil ihres Lebens verbringt diese Alge als Dauercyste am Meeresgrund. Nähert sich aber ein Fischschwarm, schlüpft die Cyste stimuliert durch die Absonderungen der Fische. Die freischwimmende Alge vermehrt sich expolsionsartig durch einfache Zellteilungen und sondert dabei sofort ein starkes Nervengift ab. Durch das Gift verlieren die Fische die Orientierung, werden gelähmt und ersticken schließlich. An den sterbenden Fischen saugen die Dinoflagellaten mit ihrem Pedunkel, einem kleinen, röhrenförmigen Fortsatz, Hautfetzen und Nährstoffe auf. Obgleich noch genügend Futter vorhanden ist, fangen die Algen nach ein paar Stunden an, verschiedene Lebensstadien zu durchlaufen. Einige werfen ihre Geißeln ab und suchen als amöbenartige Zelle auf dem Meeresgrund weiter nach Nahrung, andere hingegen beginnen mit einem Sexualzyklus und bilden Dauercysten. Die Cysten sinken auf den Meeresboden und warten auf einen neuen Fischschwarm. Gerade dieser blitzschnelle Angriff, der nur wenige Stunden andauert, erklärt, warum trotz aller Wasserproben, die nach Fischsterben genommen worden sind, diese „Phantom-Alge" so lange unentdeckt bleiben konnte.

Wie dieser eindrucksvolle Fall belegt, können Cysten von Dinoflagellaten Blüten auslösen. Keimende Cysten stellen somit ein Potential dar, das die Wassersäule mit vegetativen Zellen beimpft. Es muß aber angemerkt werden, daß durch diesen Mechanismus nur einige hundert Zellen pro Liter Seewasser geliefert werden. So ist die Größe der Inokulation relativ klein im Gegensatz zu der nachfolgenden schnellen Vermehrung von sich asexuell teilenden Zellen. Die resultierende Blüte hängt damit sehr stark von dem Wachstum der motilen Population ab. Die Cyste aber kann aufgrund genetischer Rekombination bei der Sexualität für größere genetische Variabilität bei der neu auskeimenden Population sorgen, was ökologische Vorteile für diese Organismen bedeuten kann. Es muß auch darauf hingewiesen werden, daß

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

diese Dauerstadien in sauerstoffarmen Gebieten, in denen keine potentiellen Feinde mehr vorhanden sind, vielleicht eine größere Rolle bei der Intensität einer nachfolgenden Algenblüte besitzen, als bisher angenommen. Dieses könnte der Beginn eines verhängnisvollen Kreislaufes sein, sind doch die absterbenden Algenblüten für den Sauerstoffmangel am Boden mitverantwortlich. Inwieweit dadurch mehr Cysten zur Keimung kommen (Verhältnis von keimenden Cysten im Sediment zu Gesamtanzahl von Cysten im Sediment beträgt weniger als 1:10 für *Alexandrium tamarense*, nach Anderson, Keafer, 1985) ist unbekannt.

Schlußbetrachtung

Außergewöhnliche Algenblüten, die oftmals toxisch sind, werden mit zunehmender Frequenz und Ausbreitung in küstennahen Meeresgebieten weltweit beobachtet. Eutrophierung und Einschleppung fremder Arten durch z.B. Ablassen von Ballastwasser durch Schiffe scheinen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle zu spielen. Hierdurch wird die Nutzbarkeit von Küstengebieten für Freizeit, marine Aquakultur und Fischerei stark gefährdet.

Gerade die toxischen Dinoflagellaten haben eine Überlebensstrategie ausgebildet, um in der nächsten Saison spontan die Wassersäule wiederbesiedeln zu können und eine Algenblüte auszulösen: das Dauercysten-Stadium. Interessant scheint in diesem Zusammenhang auch das Vorkommen eines Dauerstadiums bei der „Killeralge" *Chrysochromulina polylepis* zu sein. Durch die bis heute vorliegenden Untersuchungen zeigte sich, daß über die Verteilung der Dauerstadien im Sediment größtenteils noch Unklarheit herrscht. Bisher ist auch die Größe des Inputs in die Wassersäule durch auskeimende Zellen für keine Art quantifiziert worden, wobei für viele Arten nicht einmal Erkenntnisse vorliegen, welche Bedingungen Keimung auslösen. Durch Klärung dieser Mechanismen könnte sich die Möglichkeit ergeben, daß Blüten schon im Frühstadium erkannt werden.

Auf Grund der Fossilisierbarkeit der Dauercysten lassen sich durch Sedimentanalysen nachträglich Blüten von cystenbildenden Dinoflagellaten nachweisen, auch wenn keine Wasserproben analysiert worden sind. Dauercysten repräsentieren eine stationäre Population und können einen Hinweis geben, ob die Neueinrichtung und wirtschaftliche Nutzung von Aquakulturanlagen in einem bestimmten Seegebiet durch toxische Blüten beeinträchtigt werden könnte.

Bisher fanden Cystenuntersuchungen als Bestandteil der Inventarisierung des planktischen Artbestandes kaum Beachtung. Aber gerade hier scheint die Möglichkeit gegeben zu sein, bisher übersehene Arten nachzuweisen bzw. frühzeitig Florenveränderungen bedingt durch Einwanderung und Etablierung z.B. von wärmeliebenden Arten als mögliche Indikatoren klimatischer Veränderungen („global change") zu erkennen.

Für einen interessierten Hobby-Mikroskopiker bietet sich jeder Tümpel an, um Untersuchungen über den Lebenszyklus von Planktonorganismen durchzuführen. So sind Dauerstadien in vielen Planktongruppen vertreten (z.B. Diatomeen, Copepoden, Tintinnen, Chrysophyceen), aber leider gibt es nur sehr wenig deutschsprachige Literatur. Eine Auflistung aller bekannten cystenbildenden Dinoflagellaten und Anleitungen darüber, wie man Studien plant und durchführt, finden sich bei Matsuoka et al. (1989) und Nehring (1993). So können noch viele wertvolle Beobachtungen zur Ökologie und Lebensweise erarbeitet werden und zu einem besseren Verständnis über das Auftreten von Algenblüten führen.

Literaturhinweise

Anderson, D. M., Wall, D.: Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms. J. Phycol. *14*, 224–234 (1978).

Anderson, D. M., Kulis, D. M., Binder, B. J.: Sexuality and cyst formation in the dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*: cyst yield batch cultures. J. Phycol. *20*, 418–425 (1984).

Anderson, D. M., Keafer, B. A.: Dinoflagellate cyst dynamics in coastal and estuarine waters. In: Anderson, D. M., White, A. W., Boaden, D. G. (Hrsg.): Toxic Dinoflagellates, S. 219–224. Elsevier, New Qork Amsterdam Oxford 1985.

Anderson, D. M., Keafer, B. A.: An endogenous annual clock in the toxic marine dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*. Nature (Lond.) *325*, 616–617 (1987).

Anderson, D. M., Taylor, C. D., Armbrust, E. V.: The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cyst germination. Limnol. Oceanogr. *32*, 340–351 (1987).

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

Burkholder, J. M., Noga, E. J., Hobbs, C. H., Glasgow, H. B., Smith, S. A.: New ‚phantom' dinoflagellate is the causative agent of major estuarine fish kills. Nature (Lond.) *358*, 407–410 (1992).

Dale, B.: Cyst formation, sedimentation, and preservation: factors affecting dinoflagellate assemblages in recent sediments from Trondheimsfjord, Norway. Rev. Palaeobot. Palynol *22*, 39–60 (1976).

Dale, B.: Collection, preparation, and identification of dinoflagellate resting cysts. In: Taylor, D. L., H. H. Seliger, H. H. (Hrsg.): Toxic Dinoflagellate Blooms, S. 443–452. Elsevier, New York Amsterdam Oxford 1979.

Dale, B.: dinoflagellate resting cysts: „benthic plankton". In: Fryxell, G. A. (Hrsg.): Survival Strategies of the Algae, S. 69–136. Cambridge Univ. Press 1983.

Diwald, K.: Die ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung von *Gleodinium lubiniensiforme* spec. nov. Flora (Jena) *131*, 174–192 (1938).

Ehrenberg, C. G.: Mittheilungen über die in den Feuersteinen bei Delitzsch vorkommenden mikroskopischen Algen und Bryozoen als Begleiter der fossilen Infusorien. Preuss. Akad. Wiss., Berlin, Bericht Verh. 1836, 144–115 (1836).

Elbrächter, M.: Algenmassenvermehrungen und toxische Effekte. In: Lozan, J. L., Lenz, W., Rachor, E., Watermann, B., Westerhagen, H. v. (Hrsg.): Warnsignale aus der Nordsee, S. 111–119. Parey, Berlin Hamburg 1990.

Hensen, V.: Ueber die Bestimmung des Plankton's oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren; nebst Anhang. Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel 1882–1886, *5*, 1–108 (1887).

Jochem, F., Göbel, J.: Die „Killeralge" *Chrysochromulina polylepis*. Mikrokosmos *77*, 289–292 (1988).

Göke, G.: Streifzüge durch die Geschichte der Mikroskopie. 9. Vom Aufstieg der Mikropaläobotanik. Mikrokosmos *81*, 370–375 (1992).

Matsuoka, K., Fukuyo, Y., Anderson, D. M.: Methods for modern dinoflagellate cyst sudies. In: Okaichi, T., Anderson, D. M., Nemato, T. (Hrsg.): Red Tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology, S. 461–479. Elsevier, New York Amsterdam London 1989.

Nehring, S.: Mechanisms for recurrent nuisance algal blooms in coastal zones: resting cyst formation as life-strategy of dinoflagellates. In: Sterr, H., Hofstede, J., Plag, H.-P. (Hrsg.): Interdisciplinary Discussion of Coastal Research and Coastal Management Issues and Problems, S. 454–467. Lang, Frankfurt/M. 1993.

Nehring, S.: *Scrippsiella* spp. resting cysts from the German Bight (North Sea): A tool for more complete check-lists of dinoflagellates. Nethl. J. Sea Res. *33*, 57–63, 1994.

Nehring, S.: Dinoflagellate resting cysts as factors in phytoplankton ecology of the North Sea. Helgoländer Meeresunters. *49*, 375–392, 1995.

Pfiester, L. A., Anderson, D. M.: Dinoflagellate reproduction. In: Taylor, F. J. R. (Hrsg.): The Biology of Dinoflagellates, S. 611–648. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford 1987.

Stein, F.: Der Organismus der Infusionstiere. III. Abteilung. Die Naturgeschichte der Flagellaten oder Geisselinfusorien. 2. Hälfte. Der Organismus der arhrodelen Flagellaten. Verlag W. Engelmann, Leipzig 1883.

Wall, D., Dale, B.: „Living fossils" in western Atlantic plankton. Nature (Lond.) *211*, 1025–1026 (1966).

Zederbauer, E.: Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung von *Ceratium hirundinella*. Ber. deutsch. Bot. Ges. *22*, 1–8 (1904).

Verfasser: Dr. Stefan Nehring, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Kaiserin-Augusta-Anlagen 15–17, 56068 Koblenz.

Nachricht

Mikroskopierkurs im Volkshochschulheim Inzigkofen

In der Zeit vom 7. bis 12. April 1997 findet in Inzigkofen ein Mikroskopierkurs für Anfänger und Fortgeschrittene statt.

Im Kurs wird die richtige Benützung des Mikroskops gezeigt. Mikroskopische Verfahren werden vorgeführt und geübt. Die Teilnehmer fertigen viele mikroskopische Präparate (großenteils Dauerpräparate) an, die Einblick in den Bau und die Zellstrukturen von Einzellern, Pflanzen- und Tiergeweben ermöglichen. In diesem Jahr werden wir dabei etwas ausführlicher auf verschiedene Färbetechniken für tierische Gewebe eingehen.
Die Teilnehmer werden gebeten, ihre Mikroskope mitzubringen. In begrenzter Anzahl können Mikroskope und mikrotechnische Hilfsmittel (Pinzetten, Präpariernadeln, Pipetten etc.) zur Verfügung gestellt werden. Wer davon Gebrauch machen möchte, sollte dies auf der Anmeldekarte vermerken.
Leitung: Dr. Dieter Krauter, Stuttgart, Dr. Heinz Streble, Hohenheim, Iris Kick, VHS-Heim Inzigkofen.
Kurs 235,– DM, Unterkunft und Verpflegung 265,– DM.

Anmeldungen richten Sie bitte nur schriftlich an das Volkshochschulheim Inzigkofen, Parkweg 3, Postfach 1140, 72514 Inzigkofen (Telefon: 07571/73980, Fax: 07571/739833). Alle Anmeldungen werden schriftlich beantwortet.

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

Neue Lichtquellen für die Fluoreszenzmikroskopie (Teil II)

Bruno Wiertz

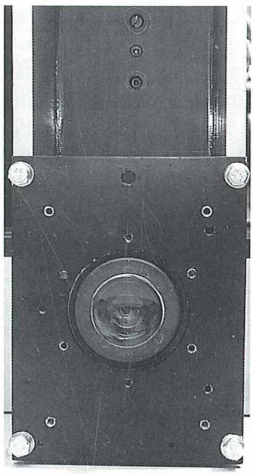
Im ersten Teil wurden im MIKROKOSMOS 85, 347–349 (1996) die Eigenschaften von MPL-Lampen dargestellt und einige allgemeine Anregungen für den Umbau auf diesen Lampentyp gegeben. Der vorliegende zweite Teil stellt ein konkretes Beispiel einer konstruktiven Lösung vor, und es muß betont werden, daß man stets von den jeweiligen technischen Gegebenheiten und den eigenen Möglichkeiten ausgehen muß.

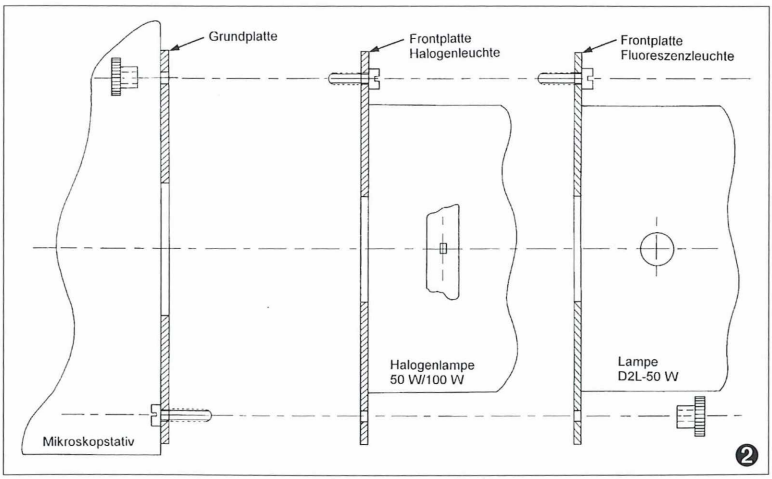
Im dargestellten Fall wurde ein Mikroskopstativ eigener Konstruktion in der Weise umgebaut, daß drei Forderungen erfüllt wurden:

(1) Für Durchlichtbeleuchtung steht weiterhin eine leistungsfähige Halogenleuchte 50 W, wahlweise 100 W, zur Verfügung.
(2) Die Halogenleuchte kann schnell gegen eine Durchlicht-Fluoreszenzleuchte ausgetauscht werden.
(3) Für Auflichtfluoreszenz wird die Fluoreszenzleuchte abgeschraubt und mit den gleichen drei Rändelschrauben an einer älteren Auflichteinrichtung angebracht.

Die beiden erstgenannten Verfahren benutzen die gleiche Kollimatoroptik und Feldirisblende einer Zeiss-Hochleistungsmikroskopierleuchte V, die sich in einem kurzen Rohrstutzen befinden. Er wird von einem Flansch verschiebbar (Grobeinstellung) aufgenommen. Als Material wurde Novotex gewählt, um die Wärmeübertragung auf das Stativ möglichst gering zu halten. Der Flansch ist auf einer 5 mm starken Platte befestigt, die als „Grundplatte" an der Rückseite des Mikroskopstativs aufgeschraubt ist (Abb. 1). Die Grundplatte besitzt Gewindebohrungen und Paßschrauben zur Aufnahme der diversen Leuchten und des Mikroblitzes. Wegen der erforderlichen Kongruenz aller Platten empfiehlt es sich, sie übereinander zu legen, gut zu fixieren und gemeinsam zu bohren. Auf diese Weise stimmen Grundplatte, Frontplatte Halogenleuchte, Frontplatte Fluoreszenzleuchte und Frontplatte Blitz mit hin-

Abb. 1: Rückseite Mikroskopstativ mit Grundplatte. – Abb. 2: Halbschematische Darstellung des Lampenhauswechsels.





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

reichender Genauigkeit überein. Auf den Frontplatten als Bezugsebenen werden die Leuchten aufgebaut (Abb. 2).

1. Verfahren

Für die Halogenleuchte hat sich das „Auffädeln" von Trägerplatten, die die einzelnen Baugruppen oder Bauelemente tragen, auf M6-Gewindestangen sehr bewährt, weil besonders in der Erprobungsphase die leichte Verschiebbarkeit zur genauen Justierung sehr wünschenswert ist. Die Trägerplatten erhalten Durchgangsbohrungen und werden beidseitig mit Unterlegscheiben und Muttern gehalten. Alle Platten werden auf die oben beschriebene Weise gemeinsam gebohrt (4,8 mm). Front- und Rückplatte erhalten dann M6-Gewinde, so daß die Gewindestangen mittels Unterlegscheiben und Kontermuttern in ihnen bündig (!) befestigt werden können. Das Beispiel (Abb. 3) weist an der Rückplatte noch eine Zentriereinheit auf, an der mittels vier Gewindestangen M4 die Lampenhalterung verstellbar befestigt ist. Damit ist eine exakte Schärfen-Feinjustierung in der Kondensorblendenebene möglich.
Der Austausch der Halogenleuchte gegen andere Lichtquellen erfolgt sehr schnell durch Lösen von drei M4-Rändelmuttern (Abb. 2).

2. Verfahren

Wenn die Fluoreszenzleuchte nur für Durchlicht benutzt werden soll, kann ihr Aufbau direkt auf der Frontplatte erfolgen. Abbildung 6 ist dann sinngemäß zu ändern, d. h., die Basisplatte entfällt. Im vorliegenden Fall (siehe zum 3. Verfahren) soll die Fluoreszenzleuchte jedoch wahlweise außer für Durchlicht auch an einer Auflichteinrichtung betrieben werden. Deshalb erfolgt ihr Aufbau auf einer gesonderten Basisplatte.

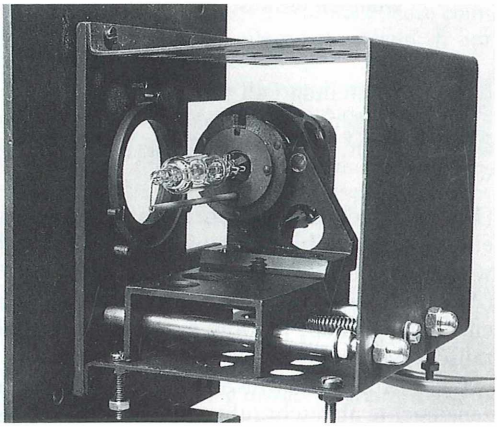
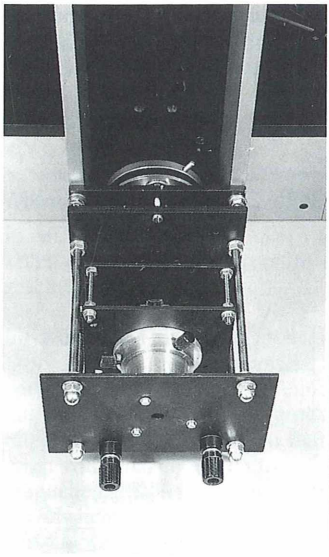
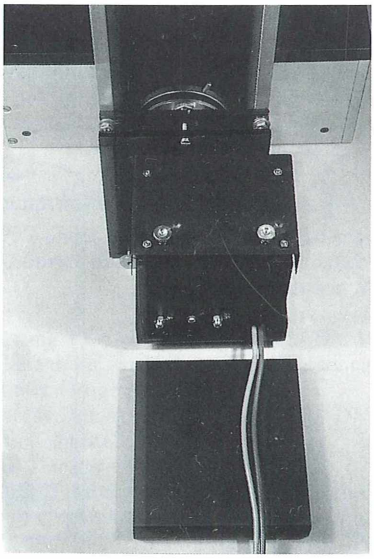


Abb. 5: Fluoreszenzleuchte mit abgenommenem Gehäuse.



3



4

Abb. 3: Rückseite mit Halogenleuchte. – Abb. 4: Rückseite mit Fluoreszenzleuchte.

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

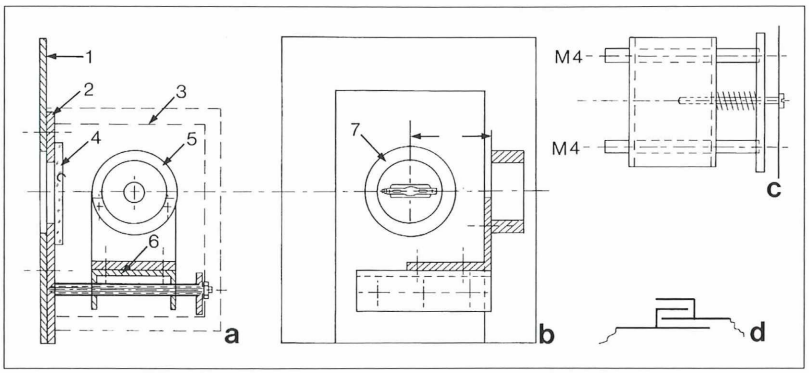


Abb. 6: a) Fluoreszenzleuchte, Seitenansicht, Schnitt; 1 Frontalplatte, 2 Basisplatte, 3 Gehäuse, 4 Wärmeschutzfilter, 5 Halterung Lampensockel, 6 Schlitten. – b) Fluoreszenzleuchte, Rückseite, Schnitt; 7 Wärmeschutzfilter. – c) Schlittenverstellung. – d) Labyrinthdichtung.

Für Durchlichtfluoreszenz wird, wie Abbildung 6 zeigt, die Leuchte mit der Basisplatte an der Frontalplatte befestigt und beide dann gemeinsam von der Grundplatte am Stativ aufgenommen.

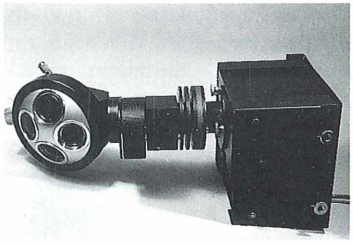
Der Aufbau der Fluoreszenzleuchte geht aus den Abbildungen 5 und 6 hervor. Als einziges Maß ist der Abstand des Lichtbogens zur Halterung des Lampensockels (Ring) angegeben. Dieses Maß ist für alle Konstruktionen bindend. Die anderen Maße sind fallweise festzulegen und können deshalb nicht allgemeingültig angegeben werden. Die Scharfeinstellung des Lichtbogens in der Ebene der Kondensorblende erfolgt mittels einer M3-Schraube, die zwischen dem Schlitten und der schmalen Endplatte wirkt. Totes Gewindespiel wird durch eine Wendelfeder vermieden. Der Schlitten bewegt sich auf zwei Messingröhrchen mit einem Durchmesser von 6 mm. Sie werden durch je eine zentrale Gewindestange M4 zwischen Basis- und Endplatte fixiert. Der Lampensockel wird von einem Ring mit Klemmschraube gehalten und ist im Ring axial um einige mm verschiebbar (Zentrierung des Lichtbogens zur optischen Achse). Die Verbindung zum Schlitten stellt ein dem inneren Radius des Ringes angepaßter Winkel dar.

Das Lampengehäuse ist aus Gewichtsgründen aus 0,5 mm starkem Blech gefertigt. Die Teile greifen schachtelartig so weit übereinander, daß eine labyrinthartige Abdichtung entsteht (Detail in Abb. 6). Zwischen den Blechen sorgt ein Luftspalt von 15 mm für gute Durchlüftung. Die Größe des Lampenhauses garantiert mit 586 cm^2 Oberfläche außerdem eine sehr gute Wärmeabstrahlung (11,2 cm^2 pro W Leistungsaufnahme).

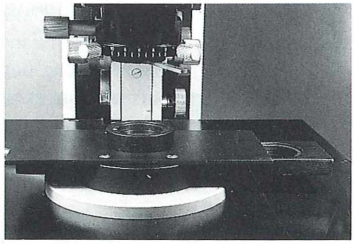
3. Verfahren

Für Auflichtfluoreszenz wird die Fluoreszenzleuchte (Abb. 7) in diesem Beispiel an einer älteren Leitz-Auflichteinrichtung (Ploem Opak I) mit drei M3-Rändelschrauben befestigt. Zur Wärmeableitung besitzt das Verbindungsstück Kühlrippen von insgesamt circa 280 cm^2 Oberfläche. Der Wärmefluß wird durch eine zwischen den Kühlrippen befindliche Novotex-Scheibe unterbrochen. Die Optik im Innern des

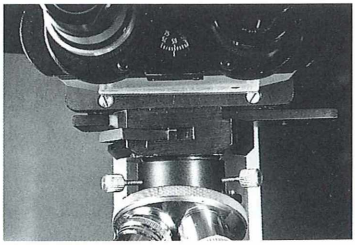
Abb. 7: Fluoreszenzleuchte an Auflichteinrichtung. – Abb. 8: Filterschieber Erregerfilter. – Abb. 9: Filterschieber Sperrfilter.



7



8



9

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

Verbindungsstückes ist dadurch gegen Überhitzung geschützt. Sie ist so justiert, daß sie den Lichtbogen im Unendlichen abbildet. Trotz der Gewichtseinsparungen (Bohrungen) ist wegen der Länge des Hebelarmes beim Gebrauch eine seitliche Abstützung erforderlich.

Bei modernen, kürzer konstruierten Auflichteinrichtungen ist die Umrüstung auf MPL-Lampen wesentlich einfacher, weil nur – wie bereits im 1. Teil der Artikelfolge kurz dargestellt – ein Austausch der Lichtquellen erfolgen muß. Das geht meist allerdings nicht ohne Änderung des Gehäuses vonstatten. Man sollte deshalb prüfen, ob nicht hinter der Optik eine geeignete „Schnittstelle" gefunden werden kann, um ein Lampenhaus eigener Konstruktion einzusetzen.

Die Leistungsfähigkeit der neuen Lampen gegenüber Halogenlampen im Anregungsbereich Blau und UV wird aus den kürzeren Belichtungszeiten deutlich. Sie liegen im mittleren Vergrößerungsbereich zwischen 3 und 25 Sekunden. Damit ist auch ein Hinweis auf die Helligkeit des Mattscheibenbildes gegeben, die eine unproblematische Scharfeinstellung erlaubt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich auf 400 ASA-Film, so daß man in vielen Fällen auf weniger empfindliche Filme zurückgreifen kann.

Der Objektschonung – besonders bei längeren Lebendbeobachtungen – dient auch der in Abbildung 8 gezeigte Erregerfilterschlitten. Die Filterpositionen sind folgendermaßen besetzt: UG 5, Grünfilter, BG 3, BG 12. Zusätzlich kann noch ein BG 38 zur Rotunterdrückung aufgesetzt werden. Man kann also sehr schnell von der intensiven Blau-, Blauviolett- oder UV-Anregung auf die objektschonende Grünfilterung umschalten. Als Besonderheit liegt zwischen den Grünfilterscheiben der 2. Position eine Polarisationsfolie. Sie bewirkt eine zusätzliche Lichtdämpfung und ermöglicht in Zusammenhang mit einem drehbaren weiteren Polfilter die Einstellung einer in weiten Grenzen variablen Helligkeit.

Beim Umbau wurde konsequenterweise auch für die Sperrfilter ein Filterschieber vorgesehen (Abb. 9). Hierfür wurde der Objektivtubus 6×30 mm ausgefräst. Der Filterschieber besitzt in der Mitte eine Leerstelle, so daß er stets im Tubus verbleiben kann. Auf Abbildung 9 erkennt man unter dem Filterschieber einen weiteren Einschub. Es handelt sich um eine um 45° versetzte Aufnahme für Kompensatoren. Sie kann bei Nichtgebrauch durch eine Blindeinheit zur Abdichtung gegen Staub verschlossen werden.

Die Teile sind durchweg aus Aluminium hergestellt. Lediglich für stärker mechanisch beanspruchte Teile oder für solche mit engeren Toleranzen wurde Messing (Ms 58) verwendet. Die Aluminiumteile wurden schwarz eloxiert, die Messingteile schwarz verchromt.

Zum Abschluß noch ein Sicherheitshinweis: Die UV-Strahlung der Lampe D2L-50 W ist so intensiv, daß man bei offenem Leuchtengehäuse (z. B. bei Zentrier- und Fokussierarbeiten) unbedingt eine Schweißerbrille tragen muß. Eine dunkle Sonnenbrille ist nicht ausreichend, und auch bei Streulicht stellt sich schon nach kurzer Zeit (weniger als eine Minute!) eine Bindehautreizung ein.

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

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.

GUSTAV FISCHER

Preisänderungen vorbehalten.

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

Mikro-Galerie

Zwei heimische Köcherfliegen

Rolf Albert

Schon Aristoteles erwähnt Köcherfliegen in seinen zoologischen Schriften, und Linné führt in seinem „Systema Naturae" 17 Arten an, welche er alle der Gattung *Phryganea* zuordnet. Heute kennt man etwa 7000 Arten weltweit und 280 Arten in Deutschland.

Auf den ersten Blick mag man erwachsene Exemplare dieser Insekten wegen ihrer zwei Flügel für Nachtschmetterlinge halten, aber es fehlt ihnen der aufgerollte Saugrüssel der Falter, und ihre Flügel sind behaart (Trichoptera = Haarflügler) statt beschuppt. Mit den Fliegen, ihren Namensgebern, sind die Köcherfliegen allerdings nicht enger verwandt. Nach ihrem Köcher werden sie indes zu recht benannt: Viele Arten bergen nämlich ihren weichen Hinterleib in einer Wohnröhre, die sie in strömendem Wasser beschwert und ihnen bei Gefahr eine Rückzugmöglichkeit bietet. Vielfältig ist das Baumaterial, das sie an ein „Unterhemd" aus Spinnfäden anfügen: Muschel- und Schneckenschalen, Blätter, Zweigstückchen und Sandkörner werden von den verschiedenen Arten verarbeitet. Spinndrüsen, die als zwei Schläuche den Larvenkörper der Länge nach durchziehen, führen ihr Sekret zu einer muskulösen Seidenpresse; gewoben wird mit der Unterlippen-Spitze.

In ihrem Lebensraum fallen die Köcherträger kaum auf; vielmehr ist die Tarnung gegenüber Freßfeinden ein wichtiges Stilelement ihrer Baukunst. Um sie galeriereif präsentieren zu können, sind einige fotografische Tricks erforderlich. Hierüber wird der Mikro-Einsteiger im nächsten Heft ausführlich berichten. *Molanna angustata*, die Schildchen-Köcherfliege (Abb. 1), entgeht dem Auge des Sammlers zumeist so lange, bis sie sich einmal ruckartig fortbewegt. Ihr schildförmiger Köcher aus Sandkörnern ist auf der Unterseite mit einer Wohnröhre ausgestattet. Wohl getarnt wird sie von dieser Konstruktion sowohl im fließenden als auch im wellenbewegten Wasser in „Arbeitslage" gehalten: Sie sucht nämlich das Bodensubstrat nach verwertbarer Nahrung durch (Algen und kleine Pflanzenteile; Wichard, 1988; Wichard et al., 1995). Besonderheiten des Körperbaues sorgen bei der Larve dafür,

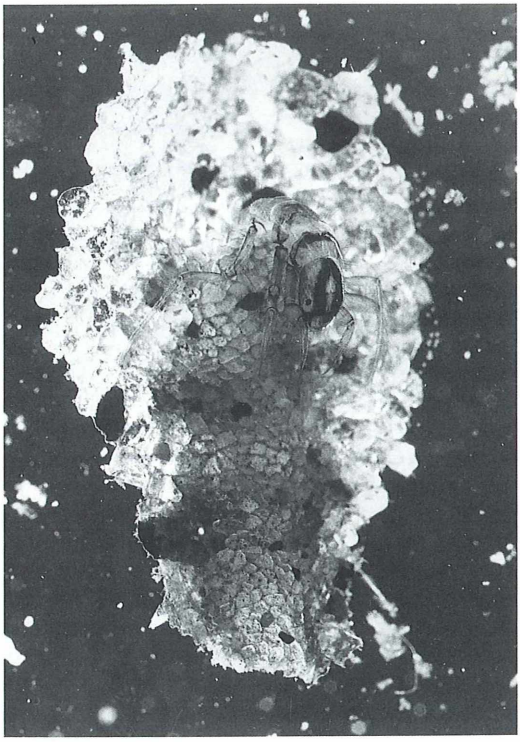


Abb. 1: *Molanna angustata* in ihrem schildförmigen Köcher aus Sandkörnern.

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

daß der Schutzpanzer sie nicht bei der Atmung behindert; 1–3 ausstülpbare Höcker auf dem ersten Hinterleibssegment halten Abstand zur Innenwand. Wellenförmige Bewegungen des Hinterleibs führen einen sauerstoffspendenden Wasserstrom durch den Köcher, in dem die Larve mit zwei Nachschieberkrallen am Körperende verankert ist.
Erstaunlich, daß es unter den Köcherfliegen auch Arten ohne Köcher gibt. Das Galeriebild (Abb. 2) stellt einen Vertreter der köcherlosen Gattung *Rhyacophila* (Bergbach-Köcherfliege) vor, deren schwer zu unterscheidende Arten alle in schnellfließenden Gewässern leben. Der Verzicht auf den Köcher hängt wohl mit der räuberischen Lebensweise zusammen. Während sich die Larve tagsüber unter Steinen verborgen hält, geht sie nachts auf Streifzug. Hat sie ihre Beute – vor allem andere Insektenlarven – erspäht, schnellt sie blitzartig ihren Kopf vor und packt sie mit den kräftigen Mandibeln. Das Foto läßt die büschelförmigen Tracheenkiemen besonders brillant hervortreten. Gleichfalls gut zu erkennen ist die verhornte Panzerung an Kopf und Rückenschild. Außerdem hat dieses Individuum vor dem Fototermin offenbar gut gespiesen!
Köcherfliegen spielen eine bedeutende Rolle im Nahrungsnetz unserer Gewässer (z. B. als Fischnahrung). Abwasserbelastung und technischer Ausbau vieler Fließgewässer stellen für etliche Arten eine erhebliche Bestandsbedrohung dar.

▶

Abb. 2: Ein köcherloser Vertreter der Gattung *Rhyacophila* (Bergbach-Köcherfliegen).

Literaturhinweis

Wichard, W.: Die Köcherfliegen. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg 1988.
Wichard, W., Arens, W., Eisenbeis, G.: Atlas zur Biologie der Wasserinsekten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1995.

Verfasser: Rolf Albert, Wachtelschlag 9, D-23562 Lübeck

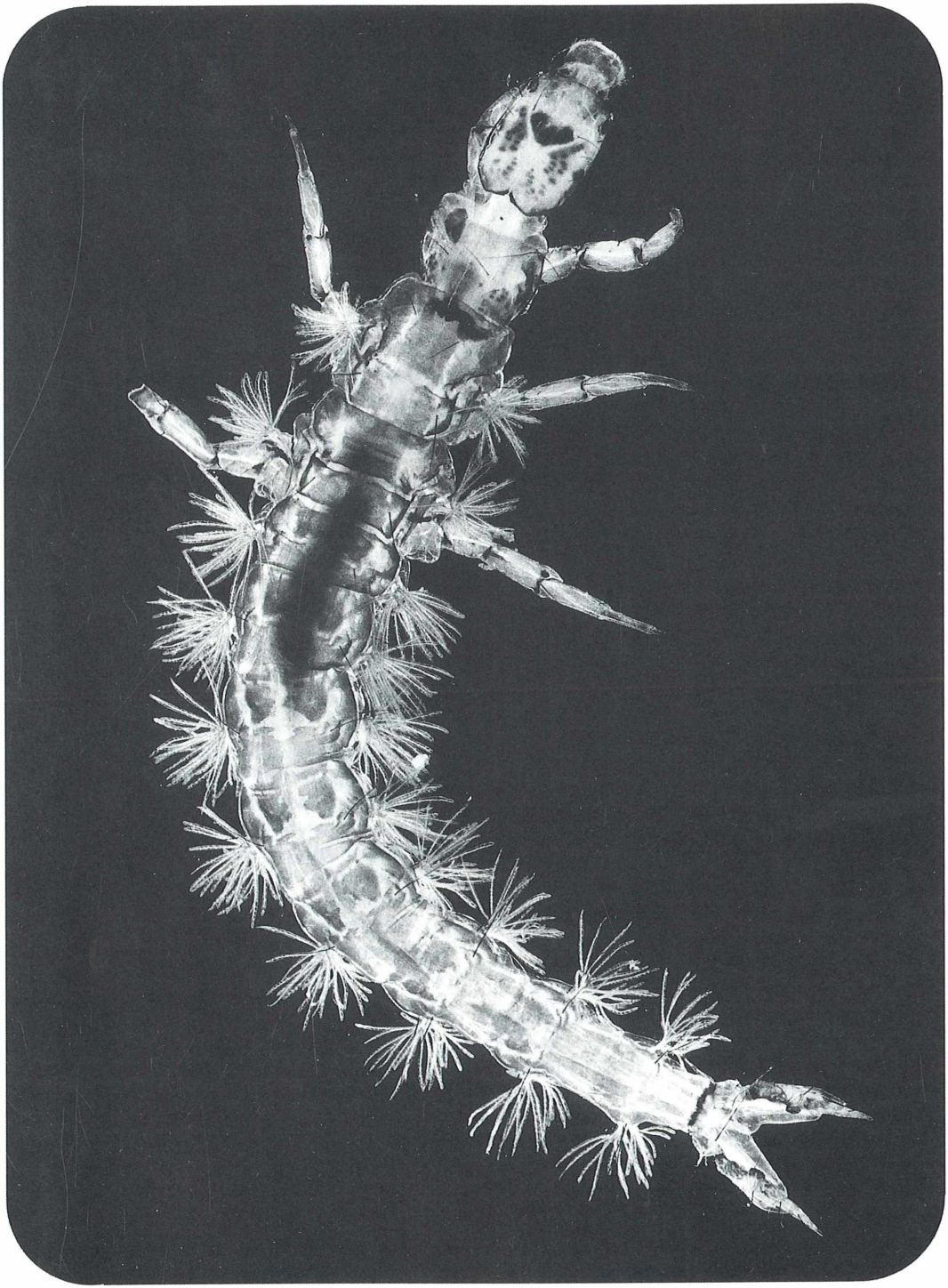
Neue Medien

Müller, D.: **Befruchtungsbiologie bei *Fucus* (Phaeophyceae)** – Diözie und Monözie. Unterrichtsfilm C1747 (14,5 min), Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen 1996.

Die Braunalgen der Gattung *Fucus* sind in der Gezeitenzone europäischer Atlantikküsten wichtige und bestandsbildende Arten, die ihrerseits den Lebensraum für zahlreiche andere Organismen strukturieren. Am Beispiel des diözischen Sägetangs *(Fucus serratus)* und des monözischen Drehtangs *(Fucus spiralis)* von Helgoland zeigt der Film anhand exzellenter Makro- und Mikroaufnahmen die Ereignisfolge von der Freisetzung der Gameten aus den Oogonien bzw. Androgametangien, die Zygotenbildung, die Induktion der Polaritätsachse und die ersten Zellteilungen in der embryonalen Pflanze, die in vergleichbarer Qualität gerade für diese Vertreter der Braunalgen noch nicht vorlagen. Insofern bietet der Film für den unterrichtlichen Einsatz ausgezeichnetes Anschauungsmaterial an. Hinsichtlich seines Gesamtkonzeptes bleiben dennoch einige Wünsche offen. So verschweigt der Film eine Reihe bedeutsamer Fakten und Erkenntnisse aus der im Prinzip recht detailliert bekannten Reproduktionsbiologie der Gattung *Fucus*. Vermißt wird beispielsweise das spannende Kapitel Pheromonwirkung (an deren Entdeckung der Filmautor maßgeblich beteiligt war) oder die Interpretation der dargestellten Ereignisfolge als stark abgekürzter Generationswechsel (den üblicherweise auch viele Lehrbücher unterschlagen), obwohl bereits die ausgewählten Filmsequenzen eine solche Kommentierung zugelassen hätten. Außerdem gibt es zur Frage der rhythmischen (lunarperiodischen) Steuerung der Gametangienentleerung oder zur Polaritätsinduktion in den Zygoten weitere und vor allem darstellenswerte Erkenntnisse. So hinterläßt dieser Film trotz seiner unbedingt sehenswerten Szenen bedauerlicherweise den Eindruck des Halbfertigen.

Bruno P. Kremer, Köln

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



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

Kurze Mitteilung

Ökologie von Mikrokosmen

Ein Buch, das den Namen unserer Zeitschrift auf der Titelseite trägt (Beyer und Odum, 1993), kann des Interesses unserer Leser sicher sein. Wörtlich übersetzt heißt Mikrokosmos „Kleine Welt". Die kleinen Welten haben den Vorzug, übersichtlich zu sein, aber auch gleichzeitig die großen Welten widerzuspiegeln. Das Anziehende bei der Untersuchung des Mikrokosmos ist die Zugänglichkeit für mikroskopische Methoden; darum liegt auch der Schwerpunkt der Arbeiten auf der mikroskopischen Untersuchung der kleinen Welten, die dem bloßen Auge unzugänglich sind.

Ökologische Mikrokosmen sind kleine Ökosysteme, welche die Schönheit und die komplizierten Wechselwirkungen der Natur in Reichweite der Wohn- und Klassenzimmer bringen. Mikrokosmen sind auch wichtig, weil sich darin mit relativ geringen Kosten Experimente ausführen lassen. Eine Übersicht von verschiedenen Mikrokosmen gibt die Abbildung, die einem Buch von Beyer und Odum entnommen ist.

Das überaus lesenswerte Buch hat drei Teile. Der erste Teil ist mehr theoretischer Natur und behandelt die Prinzipien und Modelle, Stoffwechsel und Selbstorganisation, Sukzessionen, Oszillationen und Kreisläufe, die mit zahlreichen Schemata erläutert werden. Im Teil 2 werden die verschiedenen Mikrokosmen im Detail behandelt (Abb. 1). Der dritte Teil zeigt die praktischen Anwendungen für den Menschen bei der Nahrungsmittelverarbeitung, der Abfallverwertung und für die künftige Raumfahrt. Sehr hilfreich sind die als Anhang gelieferten Instruktionen für den Aufbau von Mikrokosmen und die Anweisungen zur Messung von Stoffwechselparametern. In dem Buch ist die umfangreiche Literatur über ökologische Mikrokosmen zusammengetragen und ausgewertet. Es ist ein Buch, aus dem man vielerlei Anregungen bekommen kann.

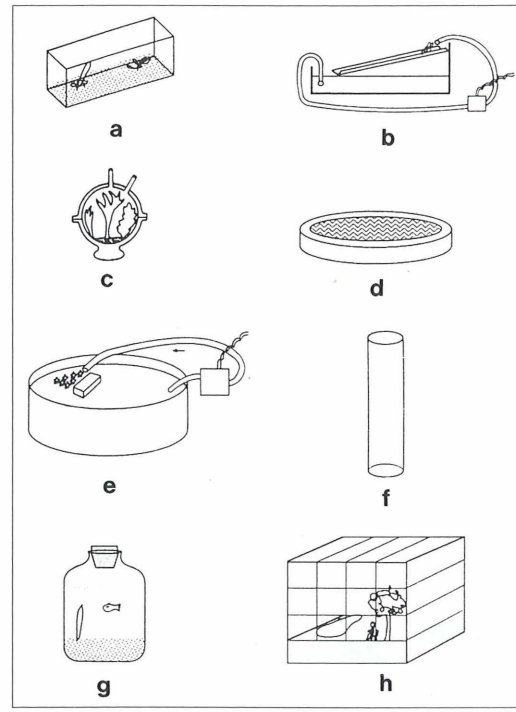


Abb. 1: Eine Auswahl von künstlich hergestellten Mikrokosmen, die in ihrer Größe – je nach den gewünschten experimentellen Bedingungen – zwischen einigen Kubikmillimetern und vielen Kubikmetern variieren können: a Aquarium, b einfacher, über der Wasseroberfläche eines Aquariums angeordneter Strömungsmikrokosmos, c Kleinterrarium, d künstlicher Teich in Form einer flachen Schale, e Riff-Mikrokosmos mit Minimum-Oberfläche, f zylindrische Plankton-Säule, g geschlossener Mikrokosmos, h Mikrokosmos mit Menschen, wie er derzeitig für die bemannte Langzeit-Raumfahrt entwickelt wird (nach Beyer und Odum, 1993).

Beyer, R. J., Odum, H. T.: Ecological microcosms. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993.

H. F. Linskens, Nijmegen (Niederlande)

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

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an Pilzen 11. Phytopathogene Pilze

2. Teil: Brandpilze und andere Pilze

Jürgen Reiß

Auch im zweiten Teil dieses Berichtes über Kleinpilze, die Pflanzenkrankheiten hervorrufen, stehen neben der bemerkenswerten Biologie der vorgestellten Gattungen und Arten ihre hübsch anzusehenden Gestalten im Vordergrund. Der Autor unternimmt erneut mikroskopische Exkursionen auf befallenen Blättern und zeigt eine Anzahl von Formen, die man auch leicht selbst finden kann.

Brandpilze gehören zu den wichtigsten Krankheitserregern unserer Kulturpflanzen und wurden bereits von den Griechen und Römern erwähnt, die allerdings die Schadbilder auf Witterungseinflüsse zurückführten. Ein Befall mit Brandpilzen führt in erster Linie zu einer Verminderung des Ernteertrages und zu Beeinträchtigungen der Saatgutqualität, kann daneben auch nach Verfütterung befallener Pflanzenteile bei Nutztieren Vergiftungserscheinungen hervorrufen.
Mit den Rostpilzen (Reiß, 1988) gehören die Brandpilze zur Klasse der Basidiomyceten und dort zur Ordnung der Ustilaginales. Im Gegensatz zu Rostpilzen können Brandpilze teilweise saprobiontisch leben und besitzen einen einfachen Entwicklungszyklus, da bei ihnen die vielen Sporengenerationen der Rostpilze fehlen und ein Wirtswechsel nicht vorkommt.

Fortpflanzung und Infektionswege

Wichtigste Sporenform der Brandpilze ist die Brandspore, eine einzellige, dickwandige Dauerspore, die häufig eine auffällig skulpturierte Außenwand besitzt. Diese Sporenform keimt mit einem kurzen, gelegentlich vierzelligen Keimschlauch aus, der einer Basidie entspricht. Dieser Keimschlauch schnürt Basidiosporen mit meist nur einem Kern ab. Zwischen solchen haploiden Zellen findet eine Kopulation statt, die zur Bildung eines Paarkernmycels führt, aus dem dann neue Brandsporen entstehen (Abb. 1). Bei manchen Arten (z. B. beim Steinbrand des Weizens) können die Hyphen auch Konidien bilden.
Die Abbildungen 2 bis 6 zeigen die für einzelne Brandpilze typische Oberflächengestaltung der Brandsporen.
Ustilago hordei ist der Erreger des Gerstenhartbrandes. Dieser Pilz tritt insbesondere an Wintergerste in höheren Lagen auf. Die Sporen sind glattwandig ohne Oberflächenstrukturen (Abb. 2), und dies unterscheidet sie von anderen Brandpilzen der Gerste. Sie werden spätestens beim Dreschen freigesetzt und gelangen auf die Außenwand der Körner, wo sie auskeimen. Der Pilz kann jedoch auch in Keimpflan-

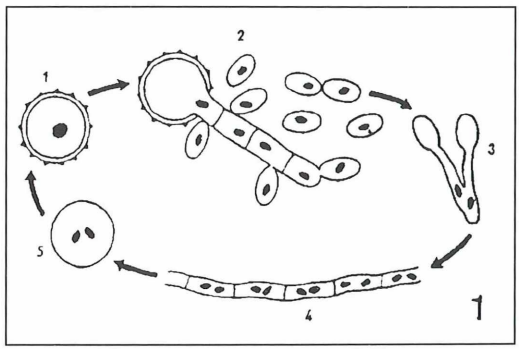


Abb. 1: Entwicklungsschema eines Brandpilzes. 1 Reife Brandspore, 2 Entwicklung von Sproßzellen, 3 Kopulation zweier Sproßzellen, 4 Paarkernmyzel, 5 junge Brandspore (Mühle, 1958).

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

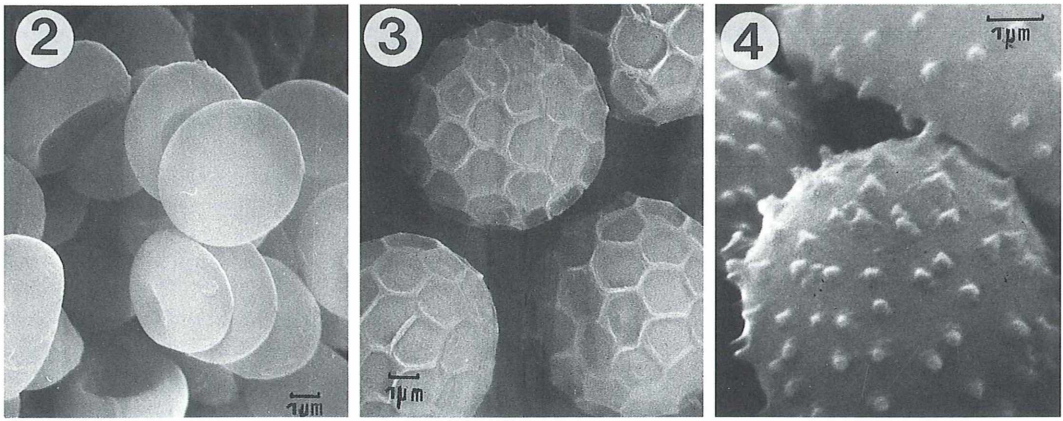


Abb. 2: *Ustilago hordei.* Brandsporen. – Abb. 3: *Ustilago carnea.* Brandsporen. – Abb. 4: *Ustilago tritici.* Brandsporen.

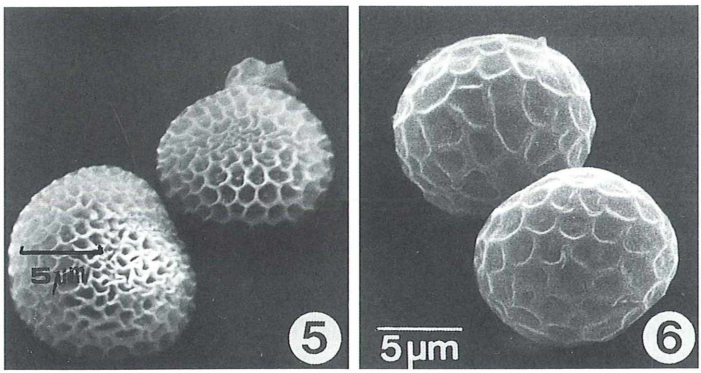


Abb. 5: *Ustilago tragoponis pratensis.* Brandsporen. – Abb. 6: *Tilletia caries.* Brandsporen.

zen eindringen und wächst frühzeitig in die Ährenanlage. Wie bei anderen Brandpilzen erfolgt die Sporenbildung vor dem Schossen der Blüten. Die Sporen können im Erdreich überwintern.

Bei *Ustilago carnea* befindet sich auf der Oberfläche der Sporen ein regelmäßiges hexagonales Netzwerk (Abb. 3).

Ustilago nuda (syn. *U. tritici*) ist der Erreger des Flugbrandes des Weizens sowie der Gerste und ist verstärkt in semihumiden bis humiden Regionen anzutreffen. Früher hat man die Erreger des Flugbrandes bei Weizen und Gerste als zwei verschiedene Arten unterschieden, heute faßt man sie unter der gemeinsamen Bezeichnung *U. nuda* zusammen. Beide Formen produzieren in den brandigen Ähren braune, mit stumpfen Warzen besetzte Brandsporen (Abb. 4), die zur Zeit der Getreideblüte freigesetzt werden und durch Luftbewegungen auf blühende Ähren gelangen. Aus den Keimhyphen entwickeln sich Infektionshyphen, die innerhalb von 18–33 Tagen die Samenanlagen durchwachsen (Blüteninfektion). Reift das Korn, entsteht aus dem interzellulären Mycel ein ruhendes Mycel mit verdickten Wänden, das die Zeit bis zum Auskeimen des Saatgutes überdauert. Jetzt wird das ruhende Mycel aktiviert und dringt in den gesamten Sproß ein. In den Blütenanlagen bilden sich spezialisierte Hyphenabschnitte, die sich zu Brandsporen umbilden.

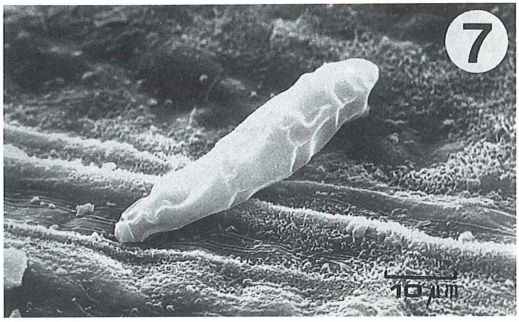
Bei *Ustilago tragoponis pratensis,* dem Erreger des Brandes des Wiesenbockbarts, ist bemerkenswert, daß die erkrankten Wirtspflanzen bereits Anfang Mai völlig ausgebildete, jedoch mit Brandsporen angefüllte Blütenköpfchen zeigen, während gesunde Pflanzen noch nicht

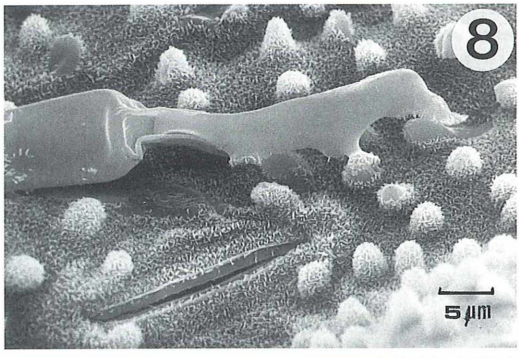
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de

blühen. Die Sporenwand trägt eine engmaschige Netzstruktur mit ausgeprägten Leisten. Im Inneren der Waben befinden sich kleine, kugelige Gebilde (Abb. 5).
Tilletia caries, Erreger des Weizensteinbrandes, ist eine der wichtigsten Arten der Gattung *Tilletia*. Sie befällt alle Weizensorten und auch den Dinkel. Bei der Ernte werden die Brandsporen freigesetzt und gelangen auf gesunde Körner. Diese Sporen sind durch ein polygonales Netzwerk auf ihrer Wand charakterisiert (Abb. 6). Gelangen die Sporen in den Boden, keimen sie dort aus und bilden ein Basidium mit Basidiosporen (Sporidien). Die daraus keimenden Hyphen verschmelzen miteinander und bilden ein dikaryotisches Mycel, das direkt Keimpflanzen des Wirtes infiziert oder weiter sekundäre Sporidien bildet.

Andere interessante phytopathogene Pilze

Von verschiedenen Getreidearten sind Blatterkrankungen bekannt, die ebenfalls von Pilzen hervorgerufen werden und deren Konidienstadium früher zur Gattung *Helminthosporium* gestellt wurde. Die verbesserte Pilzsystematik hat jedoch gezeigt, daß diese Zuordnung nicht mehr haltbar ist (Hoffmann, Schmutterer, 1983). Dennoch soll hier der eingebürgerte Gattungsname weiter verwendet werden. Das Verbreitungsgebiet dieser Pilze, die zu den Hyphomyceten gehören, ist im wesentlichen auf wärmere und feuchte Regionen beschränkt. Äußerlich ist der Befall der Wirtspflanzen durch gelbe bis braune Flecke zu erkennen, die miteinander verschmelzen und größere Blattteile zerstören.
Gelangt eine Konidie (Abb. 7) auf die Oberfläche eines Getreideblattes, bildet sie eine Keimhyphe, die fest auf der Unterlage haftet. Daraus entwickelt sich ein Appressorium (Abb. 8), das unmittelbar die Epidermis des Wirtes durchdringt und in diesem ein ausgedehntes Mycel bildet. Etwa 48–72 Stunden nach der Infektion dringen Hyphen aus dem Blattinneren nach außen und produzieren Konidiophoren, die reichhaltig Konidien bilden. In abgestorbenen Pflanzenteilen entstehen schwarze Perithecien, die fädige, acht- bis zehnzellige Ascosporen bilden.
Eine Reihe von Vertretern der Gattung *Septoria*, so auch die hier gezeigten Arten, sind Parasiten auf Getreideblättern, wo sie die Bildung





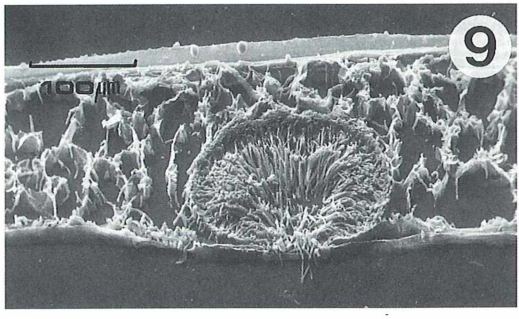
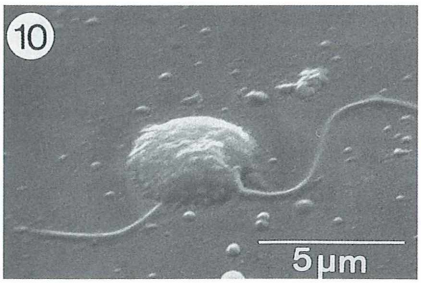
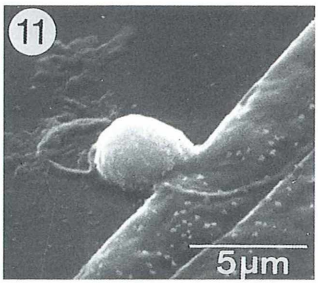


Abb. 7: *Helminthosporium maydis*. Ungekeimte Spore auf einem Maisblatt. – Abb. 8: *Helminthosporium oryzae*. Bildung eines Appressoriums auf einem Reisblatt. – Abb. 9: *Septoria tritici*. Schnitt durch ein Pyknidium in einem Weizenblatt. Die Schleimsubstanz ist fast völlig entfernt worden, so daß die Pyknosporen erkennbar sind.

von Flecken bewirken. Auf der Unterseite der Wirtsblätter entstehen kugelige, eingesenkte Pyknidien, die so vom Wirtsgewebe umhüllt sind, daß sie von außen nicht zu erkennen sind. Nach außen öffnet sich das Pyknidium lediglich durch eine kleine Öffnung, das Ostiolum (Abb. 9). Das Innere des reifen Pyknidiums ist

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





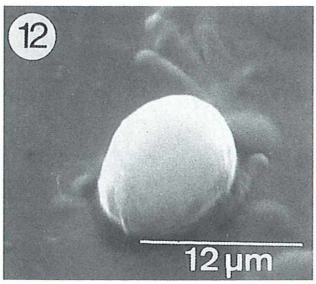
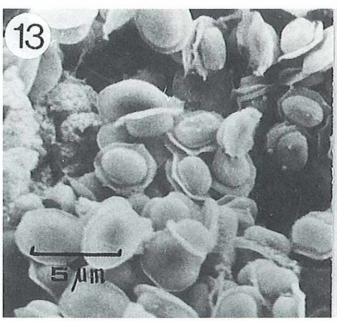


Abb. 10: ***Polymyxa betae.*** **Zoospore mit zwei Geißeln. – Abb. 11:** ***Polymyxa betae.*** **Zoospore auf einem Wurzelhaar einer Runkelrübe. Eine Geißel ist noch vorhanden. – Abb. 12:** ***Polymyxa betae.*** **Enzystierte Zoospore an einem Wurzelhaar. Die Geißeln sind verloren gegangen.**



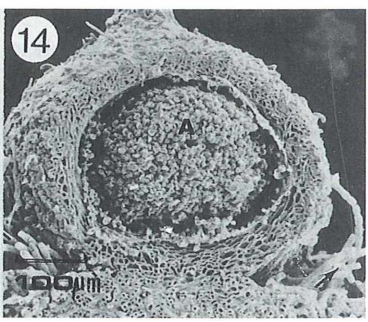


Abb. 13: ***Cerytocystis fimbriata.*** **Ascosporen.**
Abb. 14: ***Ceratocystis fimbriata.*** **Perithecium auf festem Nährboden. Ascosporen. Pfeile deuten auf Konidienträger der** ***Thielaviopsis*****-Form des Pilzes hin. –**

gefüllt mit einer schleimartigen Substanz, in der die Pyknosporen (Pyknidiokonidien) liegen. Diese werden bei hoher Luftfeuchtigkeit freigesetzt und infizieren neue Pflanzen, indem die Keimhyphen durch die Spaltöffnungen oder durch die intakte Epidermis einwachsen. Das entstehende Mycel produziert bei optimalen Verhältnissen meist nach sechs Tagen neue Pyknidiosporen.

Bei *Polymyxa betae,* dem Erreger der Wurzelbärtigkeit der Rüben, besitzen die freien Zoosporen zwei Geißeln, die am vorderen Sporenabschnitt befestigt sind (Abb. 10). Die vordere Geißel ist kurz und stellt ein taktiles Organell dar, während die hintere Geißel länger ist und der Fortbewegung dient. Der Infektionsprozeß beginnt damit, daß sich die Zoospore an ein Wurzelhaar der Wirtspflanze ansetzt (Abb. 11) und sich dort enzystiert (Abb. 12).

Ceratocystis fimbriata, Erreger der Schwarzfäule von Süßkartoffeln und von anderen Kulturpflanzen, bildet auf Kartoffel-Dextrose-Agar Perithecien mit einer großen Zahl an Ascosporen (A in Abb. 14). Am Rand des Peritheciums sind Konidiophoren des *Thielaviopsis*-Stadiums des Pilzes (Pfeile) zu erkennen. Abbildung 13 zeigt die hutförmige Gestalt der Ascosporen.

Danksagung

Ich danke folgenden Kollegen für die bereitwillige Zurverfügungstellung der Abbildungen: Abb. 2, 3, 4, 5, 6: F. J. Schwinn, Ciba-Geigy, Basel, Schweiz; Abb. 7, 8, 10, 11, 12: R. Locci, Universita di Milano, Milano, Italien; Abb. 9: R. J. Zeyen, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota, USA; Abb. 13, 14: M. F. Brown, University of Missouri, Columbia, Missouri, USA.

Literaturhinweise

Brown, M. F., Brotzman, H. G.: Procedure for obtaining sectional views of fungal fructifications by scanning electron microscopy. Can. J. Microbiol. 22, 1252–1257 (1976).

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

D'Ambra, V., Loci, R.: Scanning electron microscopy investigations on *Polymyxa betae* Keshkin. Riv. Patol. Veg., Ser IV, 7, 43–57 (1971).
Hoffmann, G. M., Schmutterer, H.: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1983.
Locci, R.: Scanning electron microscopy of *Helminthosporium oryzae* on *Oryza sativa*. Riv. Patol. Veg., Ser. IV, 5, 179–195 (1969).
Locci, R., Quaroni, S.: Scanning electron microscopy detected maize leaf modifications caused by *Helminthosporium maydis* and other microorganisms. Riv. Patol. Veg., Ser. IV, 7, 109–125 (1971).
Mühle, E.: Brandpilze. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg 1958.
Zeyen, R. J., Shearer, B. L.: Preparation of pycnidium-forming fungi for observation by scanning electron microscopy. Can. J. Bot. 52, 1101–1105 (1974).
Zogg, H., Schwinn, F. J.: Surface structures of spores of the Ustilaginales. Trans. Brit. mycol. Soc. 57, 403–410 (1971).

Verfasser: Dr. Jürgen Reiß, Nikolaus-Lenau-Str. 6, D - 55543 Bad Kreuznach.

Kurze Mitteilung

Elaïosomen – wie man Ameisen „schmiert"

Die Früchte und Samen zahlreicher Pflanzen sind für ihre Verbreitung auf den Transport durch Ameisen angewiesen. Dazu entwickeln viele Pflanzenarten, die man als Myrmekochoren (abgeleitet von dem griechischen Wort myrmex = Ameise) zusammenfaßt, besondere Samenanhängsel (= Elaiosomen). Diese ziehen durch ihren charakteristischen Gehalt an Lock- und Nährstoffen die transportierenden Tiere an. Elaiosomen kommen sowohl bei Pflanzenarten in Wäldern der gemäßigten Zone als auch des tropischen Waldgürtels vor.

Den Ausdruck „Elaiosom" (abgeleitete von dem griechischen Wort elaion = Öl) hat der schwedische Botaniker R. Sernander 1906 geprägt und bedeutet ungefähr „Ölkörper". Er verstand darunter die fleischigen, ölreichen und eßbaren Anhängsel an Verbreitungsorganen. Solche Elaiosomen sind sehr reich an Reservematerial, vor allem an Fetten, aber auch gelegentlich an Proteinen und Kohlenhydraten. Die große Investierung der Mutterpflanzen in diese Samenanhängsel sollen die Ameisen veranlassen, den Samen möglichst weit zu transportieren.

In unserer heimischen Flora gibt es zahlreiche myrmekochore Arten. Zu diesen gehören u. a. das Bingelkraut *(Mercurialis annus)*, das Schöllkraut *(Chelidonium majus)*, ferner Lerchensporn (*Corydalis* spp.), Haselwurz *(Aserum europaeum)*, Wachtelweizen (*Melampyrum* spp.), Schneeglöckchen *(Galanthus nivalis)*, Bären-Lauch *(Allium ursinum)*, sowie zahlreiche Veilchen-Arten (*Viola* spp.). Sobald die Samen reif sind, werden myrmekochore Pflanzen gern von Ameisen besucht.

Die Elaiosomen können aus verschiedenen Samenteilen entstehen. Die anatomische Untersuchung der Elaiosom-Entwicklung ist eine reizvolle Aufgabe. Für die lichtmikroskopische Untersuchung werden die Samen (z. B. von *Chelidonium, Mercurialis, Ricinus*) in 3%igem Glutaraldehyd, angeätzt in Cacodylat-Puffer, fixiert, anschließend in Ethylenglykol, Ethanol und Butanol entwässert und in Glykolmethacrylat eingebettet. Man kann dann Mikrotomschnitte von 2 µm Dicke anfertigen oder auch Handschnitte, wobei allerdings die Gefahr besteht, daß die Elaiosomen sich von der Samenhaut ablösen. Die Färbung der Schnitte hängt von den zu färbenden Strukturen ab: Zur Beobachtung der allgemeinen Morphologie kann mit Auramin O oder mit Toluidin-Blau O (TBO) gefärbt werden. Unlösliche Polysaccharide werden mit Schiff's Reagenz (PAS) angefärbt, Pektine mit Ruthenium-Rot, Lignin und Suberin mit Azur B, Lipide mit Sudan-Schwarz B, Stärke mit Lugolscher Lösung, Proteine mit Naphtol-Blau.

Das Elaiosom von *Chelidonium* (Abb. 1) ist von einer Raphe (Strophiole) umgeben, die aus kleinen, punktförmigen Anschwellungen besteht. Diese erstrecken sich auf den 1 bis 1,5 mm langen, schwarzen Samen vom Nabel (Hilum) bis zur Basalregion (Chalaza).

Auf dem anatomischen Querschnitt (Abb. 2) kann man bei günstiger Schnittführung erkennen, daß das Elaiosom aus den Zellen des

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

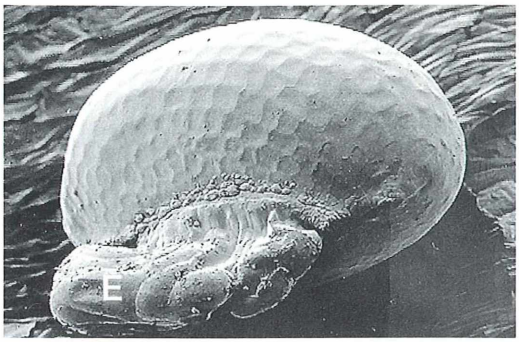


Abb. 1: Samen des Schöllkrautes mit Elaiosom (E). Der Fuß des Elaiosoms auf der Samenoberfläche ist von der Raphe umgeben.

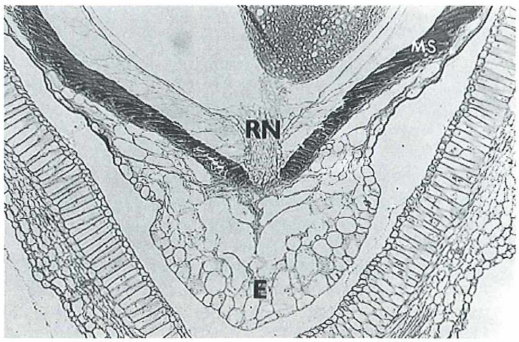


Abb. 2: Querschnitt durch den Ansatz des Elaiosoms am unreifen Samen des Bingelkrautes. Das Elaiosom entsteht aus den Zellen des äußeren Fruchtblattes (Integument). Die dunkle Melpighische Schicht (MS) ist im Bereich der Mikropyle, dem Zugang zum Nucellus, unterbrochen, so daß zelluläre Reste des Nucellus-Gewebes (RN) hindurchtreten können und so eine Verbindung zwischen Elaiosom und Samen-Innenraum hergestellt ist.

Die Aufnahmen wurden von Professor E. Pacini (Siena) freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

äußeren Integumentes entsteht. Die sog. Malpighische Schicht ist im Bereich der Mikrophyle, der Öffnung zwischen den Integumenten, unterbrochen, so daß ein Rest des Nucellus, des festen Gewebekerns der Samenanlage, die Verbindung zum Elaiosom herstellen kann. Die Epidermiszellen des Elaiosoms haben keine Cuticula.

Mit Hilfe der histochemischen Tests lassen sich die Inhaltsstoffe der Elaiosomen nachweisen. Elaiosomen reifer Samen enthalten stets Fettstoffe. In den Elaiosomen an reifen Samen der Roten Taubnessel *(Lamium purpureum)*, des Huflattichs *(Tussilago farfara)* und der Kreuzblättrigen Wolfsmilch *(Euphorbia lathyris)* ist Stärke nachzuweisen. Proteine wurden in den Elaiosomen von Acker-Kratzdistel *(Cirsium arvense)*, Zypressen-Wolfsmilch *(Euphorbia cyparissias)*, Bingelkraut, Rizinus *(Ricinus communis)* und Weißem Veilchen *(Viola alba)* gefunden.

Die Elaiosomen machen nur 4–9% des Trockengewichtes der Samen aus, habe aber einen hohen kalorischen Wert, der aus ihrem Fettreichtum resultiert. Bei manchen Samenarten haben die Elaiosomen eine keimhemmende Wirkung: Die Samen vom Bingelkraut, Zypressen-Wolfsmilch und Acker-Ringelblume *(Calendula arvensis)* keimen nur, wenn das Elaiosom von den Ameisen entfernt worden ist. Bei Rizinus jedoch keimen Samen mit Elaiosom einen Tag früher als solche ohne Elaiosom. Elaiosomen scheinen auch eine Funktion bei der Wasseraufnahme der getrockneten Samen zu haben: Sie begünstigen nämlich die Hydratation des Samens. Dabei wird die Wasseraufnahme durch die sehr dünne oder fehlende Cuticula der Elaiosomen-Oberfläche begünstigt. Das Wasser dringt nicht in das Innere der Zellen des Elaiosoms ein, da diese sehr lipidreich sind, so daß es gleich durch die relativ dicken Zellwände weitergeleitet wird. Eine detaillierte Kenntnis der anatomischen Struktur des Überganges vom Elaiosom zum Sameninnern sollte daher für alle Pflanzensamen mit Elaiosomen erarbeitet werden.

M. Lisci, M. Bianchine, E. Pacini: Structure and function of the elaiosome in some angiosperm species. Flora *191*, 131–141 (1996).

H. F. Linskens, Nijmegen

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

Mikroskopie auf Kollisionskurs
Teilchenbeschleuniger als Supermikroskope

Bruno P. Kremer

Abhängig vom Stand der technischen Entwicklung wurden Forschungs- und Amateurmikroskope im Lauf der Zeit immer größer und aufwendiger. Mikroskope dienen jedoch nicht nur in den Biowissenschaften dem Erkenntnisgewinn. Zur Struktur- und Spurensuche setzt die moderne Teilchenphysik gewaltige Maschinen ein, die man trotz ihrer enormen Abmessungen als hochauflösende Spezialmikroskope auffassen kann.

Der Erfahrbarkeit unserer Welt mit Hilfe der Augen sind natürliche Grenzen gesetzt. Obwohl die Lichtsinnesorgane von der Bauart eines hochentwickelten Wirbeltierauges ein phantastisch leistungsfähiges Instrument sind, bleiben uns Strukturen unterhalb etwa 0,1 mm notwendigerweise verborgen. Möglicherweise angeregt durch den strahlenbrechenden Wassertropfen auf Blättern oder Blüten, hat der Mensch schon vor Jahrhunderten versucht, die Schranke zu überwinden und sich durch technisch zunehmend ausgereifte Lichtmikroskope die mikrokosmische Unterwelt zugänglich zu machen. Aber auch hier stößt der neugierige Blick bald auf grundsätzliche Grenzen. Unmöglich wird die Durchdringung, wenn der betrachtete Gegenstand nur noch etwa so groß ist wie die Wellenlänge des verwendeten Beobachtungslichtes. Elektronenmikroskope setzen als Informationsträger elektromagnetische Strahlung wesentlich kürzerer Wellenlänge mit höheren Energien ein als die Lichtmikroskopie und verbessern somit das natürliche Auflösungsvermögen des Auges um einen Faktor im Bereich von 10^6.

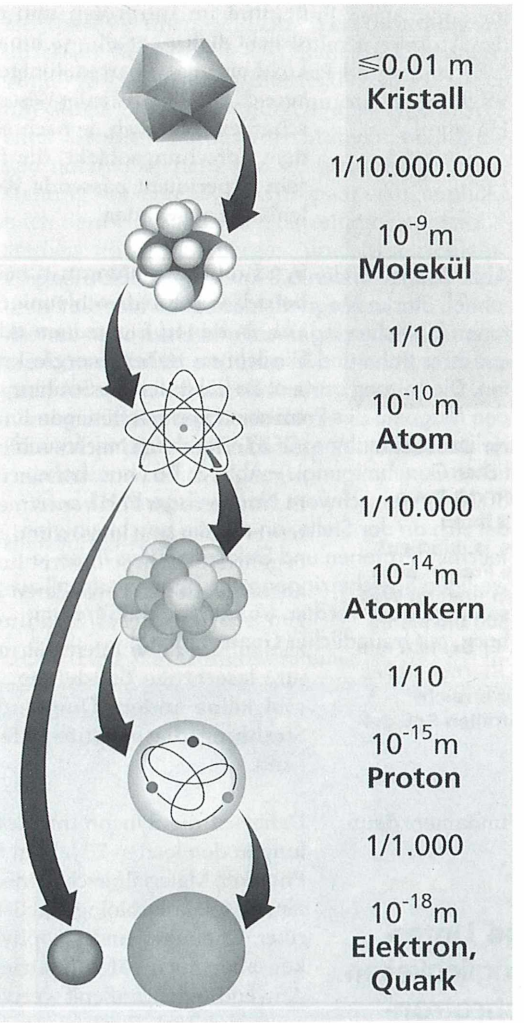


Abb. 1: Vorstoß zu kleinen Größenordnungen der Materie – vom lichtmikroskopisch sichtbaren Kristall bis zu den Quarks, der vorerst letzten bekannten Ordnungsstufe. Die Überwindung von mehr als einem Dutzend Zehnerpotenzen gelang in diesem Jahrhundert. (Graphik: DESY/dunzwolff/Hamburg, mit freundlicher Genehmigung).

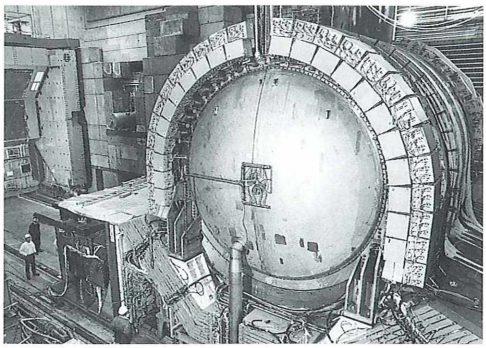
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Bereits das hochauflösende Elektronenmikroskop (vor allem das Rastertunnelmikroskop) dringt in Bereiche vor, in denen es eigentlich nichts mehr zu sehen gibt, denn die Materie verliert bei Betrachtung aus nächster Nähe ihre vertrauten Eigenschaften wie Konsistenz, Wärme oder Farbe. Erst recht gilt diese Erfahrung für den Umgang mit einzelnen Atomen oder ihren Bausteinen, den Elektronen und Kernteilchen (Nukleonen). Schon allein vor der Tatsache, daß zwischen den kreisenden Elektronen der Atomhülle und dem eigentlichen Atomkern ein vergleichsweise großer und weitgehend leerer Raum klafft, versagen die konventionelle Anschauung und Erfahrung gleichermaßen. Könnte man ein Atom etwa so vergrößern, daß seine Elektronenhülle die Abmessung eines Fußballfeldes einnimmt, wäre der Atomkern mit seiner dichten Packung von Neutronen und Protonen (zusammen mehr als 99,9% der Atommasse) nur so groß wie eine Haselnuß.

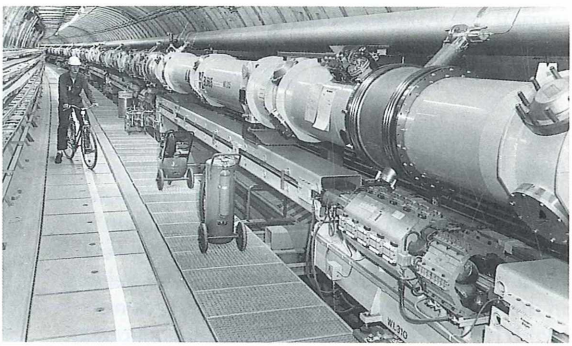
Abb. 2: Blick in den 6,3 km langen HERA-Ringtunnel. Starke Magnetfelder halten hier die Protonen (Speicherring oben) und Elektronen (unten) auf ihrer Bahn und bündeln sie zu Teilchenpaketen. Die Leitung ganz oben kühlt die supraleitenden Magnete des Protonenringes mit flüssigem Helium. (Aufnahme: DESY/Hamburg, mit freundlicher Genehmigung). – Abb. 3: Das haushohe, 3000 Tonnen schwere Nachweisgerät H1 befindet sich an der Stelle, an der die beschleunigten Teilchen (Protonen und Elektronen) aus ihren jeweiligen Speicherringen zum Zusammenprall zusammgeführt werden. (Aufnahme: DESY/Hamburg, mit freundlicher Genehmigung).

... was die Welt im Innersten zusammenhält

Aufgabe der Forschung ist es, (Er)Kenntnisgrenzen zu überwinden. Schon seit Jahrzehnten bemüht sich die Teilchenphysik, auch in diesen Dimensionen der Unanschaulichkeit Strukturen zu suchen und zu beschreiben. Um den Aufbau der Materie schichtweise zu ergründen und noch tiefer in ihre Bestandteile vorzudringen, bedarf es – wie der Physiker Werner Heisenberg (1901–1976) als Naturgesetz formulierte – sehr kurzer Wellenlängen und damit auch noch wesentlich höherer Energien der verwendeten Sonden. Diese experimentellen Erfordernisse sind nur mit leistungsstarken Teilchenbeschleunigern zu erreichen, die Elementarteilchen, wie etwa die Elektronen, auf kilometerlangen Beschleunigungsstrecken fast auf Lichtgeschwindigkeit bringen und im Zielbereich auf andere Materieteilchen prallen lassen. Wenn der technisch geführte und überwachte Kollisionskurs der Elementarteilchen zu Frontalzusammenstößen führt, zerbersten Treffer und Getroffener in komplexen Reaktionen zu einem Geschoßhagel weiterer subatomarer Bestandteile, die man erwartungsgemäß nicht mehr unmittelbar sehen, sondern nur mit Hilfe ihrer Wirkungen nachweisen kann. Die dabei erreichten Auflösungsgrenzen sind traumhaft – mit der Technik der Teilchenkollision lassen sich Strukturen oder Eigenschaften ergründen, die in einer Größenordnung von einem Hundertmillionstel (10^{-8}) eines Atomdurchmessers liegen (Abb. 1). Damit ist die Kernphysik auf der Strukturebene der sogenannten Quarks angelangt – mit dem erst kürzlich entdeckten Top-Quark ist die Familie der elementaren Bausteine komplett, aus denen die Nukleonen der gesamten stabilen, heute beobachtbaren Materie aufgebaut sind.



2



3

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

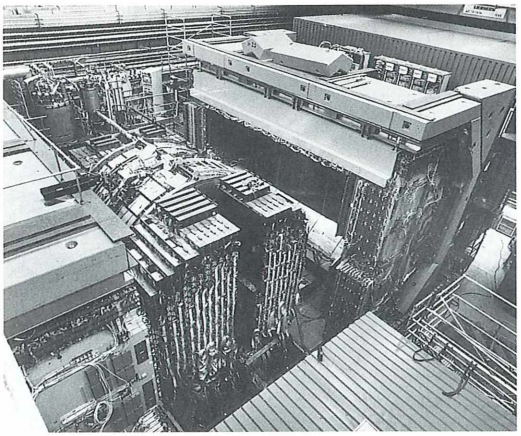


Abb. 4: Auch ein Mikroskop: Das Nachweisgerät ZEUS; ähnlich dimensioniert wie H1, registriert die Elementarteilchen, die beim Zusammenstoß von Protonen und Elektronen entstehen. (Aufnahme: DESY/Hamburg, mit freundlicher Genehmigung).

Solche Untersuchungen erfordern entsprechend ausgelegte „Mikroskope", nämlich Hochenergiebeschleuniger. Weltweit stehen drei dieser Großforschungseinrichtungen zur Verfügung, in Chicago die Anlagen des Fermilab, in Genf diejenigen des CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire) und in Hamburg seit 1959 das 47 ha große Forschungszentrum DESY (Deutsches Elektronensynchroton). Mit der 6336 m langen Hadron-Elektron-Ring-Anlage HERA besitzt DESY seit 1992 die weltweit einzige Einrichtung, in der Protonen mit Elektronen kollidieren können. HERA ist somit eine Art Supermikroskop zur Erforschung der Protonenstruktur. Der in einem ringförmigen unterirdischen Tunnel installierte Beschleuniger entspricht – modellhaft ausgedrückt – der Licht- bzw. Strahlungsquelle am herkömmlichen Mikroskop. Anstelle der bildgebenden Bauteile eines Mikroskops ist das Strahlrohr des Speicherrings von HERA mit besonderen Detektoren verbunden, welche die Zerfallsereignisse bei den Teilchenkollisionen (mehrere Millionen in der Sekunde) erfassen und aus dem gewaltigen Rauschen längst bekannter Reaktionen die wenigen Vorgänge herauslesen, die nur sehr selten eintreten und an denen die Forschung folglich besonders interessiert ist. Die Detektoren des Supermikroskops sind haushohe und mit allen Raffinessen der Technik (z. B. supraleitenden Spulen) ausgestattete Gebilde. In Anlehnung an die Bezeichnung HERA für den Speicherring hat man das Nachweisgerät für die Proton-Elektron-Streuprozesse ZEUS genannt.

Licht- und Elektronenmikroskope sind unverzichtbare Hilfsmittel zur Vervollständigung unseres Weltbildes – Teilchenbeschleuniger vom Typ HERA nicht minder, lassen sich doch mit diesen zwar aufwendigen, aber ergebnisreichen Großforschungseinrichtungen Bedingungen nachvollziehen, wie sie während der Entstehung unserer Welt ein paar Augenblicke nach dem Urknall in den einzelnen Explosionsstadien höchster Energie- und Materiedichte vorlagen. Kollisionsexperimente und ihre theoretische Analyse liefern die nötigen Einsichten für das sogenannte Standardmodell, in dem das gesamte Wissen über die Grundbausteine der Materie zusammengefaßt ist.

Die Redaktion dankt der Presseabteilung von DESY für die zur Verfügung gestellten Materialien.

Literaturhinweise

Barrow, J. D., Silk, J.: Die linke Hand der Schöpfung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1995.

DESY (Hrsg.): Synchrotonstrahlung bei DESY – Industrielle Anwendungen. Hamburg 1994.

Gerwin, R.: Das Jahrbuch des Forschungszentrums DESY. Hamburg 1993.

Verfasser: Dr. Bruno P. Kremer, Redaktion MIKROKOSMOS

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

Kurze Mitteilung

Einfache Färbemethode zur Früherkennung der Halmbruchkrankheit des Weizens (Erreger Pseudocercosporella herpotrichoides)

Die durch *P. herpotrichoides* hervorgerufene Halmbasiserkrankung an Weizen (Hauptsymptome: lagerndes Getreide, Halme liegen einzeln oder nesterweise durcheinander, Taub- und Weißährigkeit) gehört zu den wirtschaftlich wichtigen Pflanzenkrankheiten, deren rechtzeitige Diagnose wegen des Fehlens eindeutiger Symptome schwierig ist. Eine einfache Färbemethode ermöglicht nunmehr, die Pilzstrukturen in einem frühen Krankheitsstadium nachzuweisen und Befallshäufigkeit sowie Befallsstärke festzustellen. Ferner kann auf diese Weise sichtbar gemacht werden, wieviele Blattscheiden vor dem Halm bereits vom Mycel durchdrungen sind.

P. herpotrichoides überlebt im Boden an Stoppel- und Strohresten. Die Primärinfektion der jungen Getreidepflanzen erfolgt im Herbst oder Frühjahr durch Konidien (Sporen), die sich an den Ernterückständen entwickelten. Diese werden mit dem Regenwasser verbreitet, über kurze Entfernungen auch mit dem Luftstrom. Nachdem sie auf die Weizenkoleoptilen oder die äußeren Blattscheiden gelangt sind, bilden sie dort sogenannte Infektionskissen, die nach Anfärbung unter dem Mikroskop deutlich zu erkennen sind.

Arbeitsablauf des Erregernachweises (Wolf et al. 1988, Mauler-Machnik und Nass 1990): (1) Weizenpflanzen bis zum Entwicklungsstadium EC 32 (8 Blätter sind voll entwickelt; 2-Knoten-Stadium) aus dem Bestand entnehmen, vorsichtig reinigen und Wurzeln sowie Stengel auf ca. 5 cm kürzen. (2) Die Blattscheiden abtrennen und ca. 15 bis 30 Minuten in eine Farblösung, bestehend aus Tinte + Essig (1 bis 2 schwarze oder blaue Tinten-Patronen + 50 ml Essigessenz), legen. (3) Anschließend Blattscheiden in Leitungswasser spülen und dabei überschüssige Farbreste vollständig entfernen. (4) Blattscheiden unter dem Mikroskop untersuchen.

Auswertung des Nachweises: Ist der Pilz vorhanden, sind bei 60- bis 100facher Vergrößerung schwarze bis violett-blaue Infektionskissen sichtbar (Abb. 1). Bei stärkerer Vergrößerung lassen sich in den Randbereichen typisch gebogene Hyphen, die vor dem Eintritt in die Pflanzenzellen verdickt sind, erkennen.

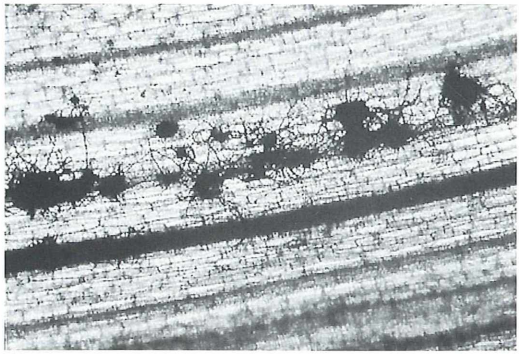


Abb. 1: Mycelkissen von *Pseudocercosporella herpotrichoides* nach der Anfärbemethode (Verreet 1995).

Die Infektionsstrukturen von *P. herpotrichoides* unterscheiden sich von denen anderer weniger wichtiger Fußkrankheitserreger wie *Fusarium*-Arten und *Rhizoctonia cerealis* (Erreger des Spitzen Augenflecks). Fusarien bilden keine kissenähnlichen Formen, sondern Luftmycel bzw. dünne Hyphen. Die von *R. ceralis* erzeugten Mycelpolster sind größer und flächig angeordnet, die Hyphen dicker und vor dem Durchdringen der Zellwände verjüngt.

Mit dem beschriebenen Verfahren ist es möglich, auf einfache Weise und mit geringem Zeitaufwand eine Infektion des Weizens frühzeitig festzustellen. Das versetzt den Landwirt in die Lage, auf eine unabhängig von der jeweiligen Befallssituation durchzuführende routinemäßige Bekämpfung zu verzichten und chemische Mittel (Fungizide) nur dann einzusetzen, wenn die Zahl der tatsächlich befallenen Pflanzen die Schadensschwelle überschreitet (Integrierter Pflanzenschutz) (Verreet 1995).

Mauler-Machnik, A., Nass, P.: Einfache Methode zur Frühdiagnose von *Pseudocercosporella herpotrichoides* mit dem Bayer Getreide-Diagnose-System nach Verreet/Hoffmann. – Gesunde Pflanze *42*, 130–132 (1990).

Verreet, J.-A.: Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes. Das IPS-Modell Weizen. – Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer *48*, 1–321 (1995).

Wolf, G., Weinert, J., Holtschulte, B., Unger, J.-G.: Halmbruchdiagnose mit Mikroskop. – Pflanzenschutz-Praxis *1*, 32–33 (1988).

Horst Börner, 24113 Molfsee

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

Amoeba proteus – ein klassisches Objekt der Zellbiologie

Teil I.: Bewegungsverhalten

Hans Peter Klein und Wilhelm Stockem

Die zu den Einzellern gehörenden Amöben der *Proteus*-Familie stellen ein klassisches Untersuchungsobjekt der Zellbiologie dar. Schon seit den Anfängen der Lichtmikroskopie gelten sie aufgrund ihrer Größe und einfachen experimentellen Handhabung als bevorzugte Organismen für die Untersuchung der verschiedenen Phänomene des Lebendigen wie Vermehrung, Nahrungsaufnahme oder Fortbewegung.

Erstmalig beschrieben wurde *Amoeba proteus* 1755 von August Johann Roesel von Rosenhof in der monatlich herausgegebenen Zeitschrift „Insektenbelustigung", in der neben den verschiedenen Klassen der Insekten „auch mancherley Arten von acht neuen Classen nach ihrem Ursprung, Verwandlung und anderen wunderbaren Eigenschaften, aus eigener Erfahrung beschrieben werden" und von denen eine als „Der kleine Proteus" klassifiziert wurde.
Aufgrund der Vielgestaltigkeit des Einzellers, die der Autor in Abb. 1a skizziert hat, gibt er ihm den Namen *Proteus* in Analogie zu einer griechischen Sage, aus der hervorgeht, „daß die Alten einen Meergott gehabt, von welchem sie geglaubt, daß er sich nach Belieben in eine andere Gestalt verwandeln könne, dieser hies nun Proteus, und von ihm kommt auch das Sprichwort her, daß man von einem Menschen saget, Proteo mutabilio, er sei veränderlicher als Proteus".

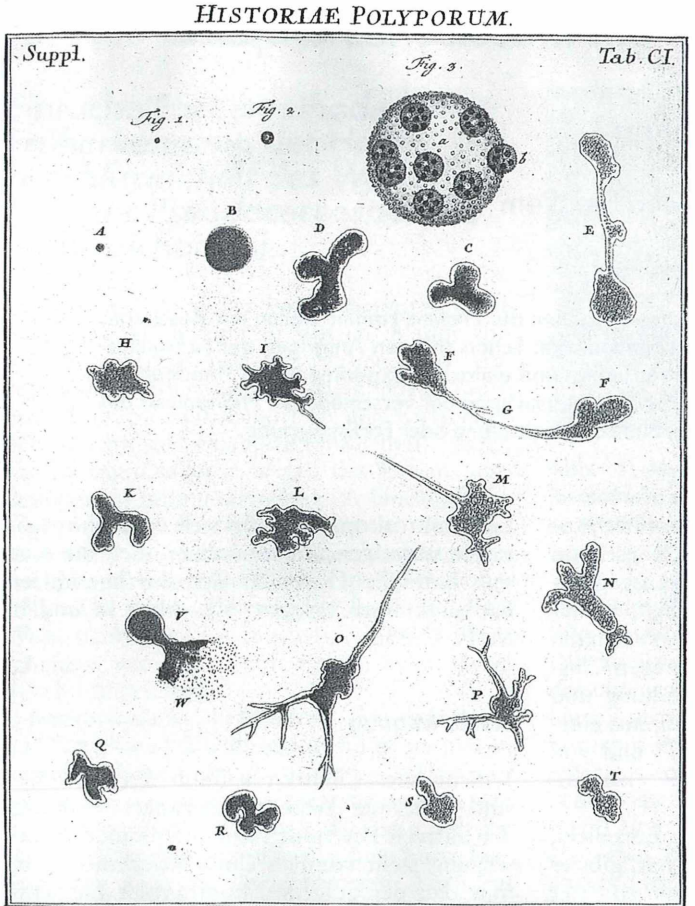
Morphologie von Amoeba proteus

Die von August Johann Roesel von Rosenhof durchgeführte lichtmikroskopische Untersuchung führte zur Dokumentation seiner Beobachtungen in Abb. 1a (Tab. CI), in der er die verschiedenen Formen seines „Proteus" festhielt.
Die Beschreibung dieser Beobachtungen sind äußerst interessant und in Abb. 2 (§ 17) wiedergegeben.
Vergleicht man die Zeichnungen des Autors von 1755 mit heutigen Hellfeldaufnahmen im Lichtmikroskop, so lassen sich deutliche Analogien aufzeigen, die vor allem auch die wissenschaftliche Exaktheit der durchgeführten Beobachtungen belegen (vgl. Abb. 1a und b, M, N, O, P).

Fortbewegung

Wesentliches Charakteristikum des Einzellers sind dauernde Formveränderungen während der aktiven Bewegung. Die amöboide Fortbewegung stellt nämlich einen Kriechmechanismus dar, der aufgrund kontraktiler Elemente im Zellkortex zur Bildung cytoplasmatischer Ausstülpungen führt, die man auch als Scheinfüßchen oder Pseudopodien bezeichnet (Haberey, 1971). Amöben kriechen häufig monopodial, d. h. mit nur einem Pseudopodium in Bewegungsrichtung; dabei können sie durch Retraktion des alten und Expansion eines neuen Pseudopodiums die Bewegungsrichtung gezielt ändern; sie können aber auch polypodiale Form annehmen, indem gleichzeitig mehrere Pseudopodien in die beabsichtigte Bewegungsrichtung ausgebildet oder bei Bedarf wieder zurückgezogen werden. Dieser Kriechmechanismus versetzt die Amöben in die Lage, auf äußere Reize schnell und adäquat zu reagieren (Haberey, Stockem, 1971).
Amöben, die keinen festen Bodenkontakt besitzen, bilden meist unpolare polypodiale Formen aus und gehen erst nach Kontaktaufnahme in polare monopodiale oder polypodiale Formen über (Korohoda, Stockem, 1976). Im Phasenkontrast (Abb. 3a–f) wird

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



a

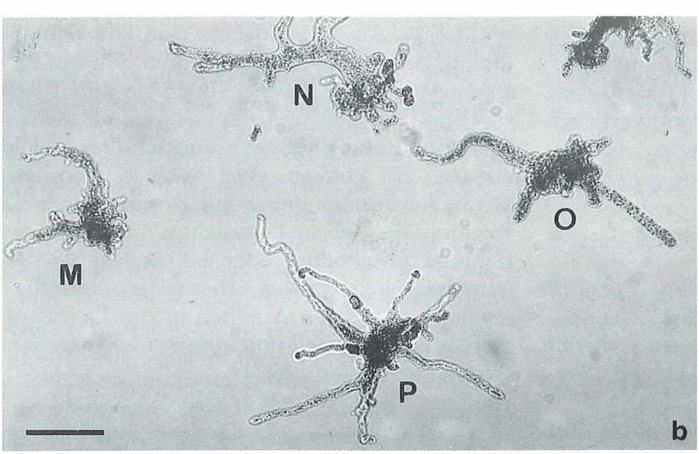


Abb. 1: Formwandel und Bewegungsverhalten von *Amoeba proteus*. Zeichnungen (a) und Lebendaufnahmen (b) verschiedener Amöben zur Verdeutlichung der typischen Gestaltsvielfalt. Die Buchstaben weisen auf Analogien zwischen den von August Johann Roesel von Rosenhof 1755 gemachten Beobachtungen einerseits (a) und den von uns hergestellten Aufnahmen andererseits im Hellfeld hin (b).
Maßstrich: 100 µm.

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

§. 17. Es bestehet ein solches Thier aus lauter ungleich grossen, hellen und durchsichtigen Körnern, welche dasselbe beständig unter einander zu mengen scheinet, es mögen aber selbige durch diese Vermengung diese oder jene Form bekommen, so ist der Umris um sie herum allezeit am hellsten, als ob sie eine besondere Einfassung hätten. Nachdem ich es eine Zeitlang als eine Kugel betrachtet hatte, stellte es sich mir in der Form der mit C bezeichneten Figur dar, und sahe also einem dreyblatterigen Klee gleich, kaum aber war eine halbe Minute verflossen so sahe es wie D aus, bald darauf wurde es wie E länger, und mit dieser Verlängerung trieb es dasselbe so lange, daß es das Ansehen hatte, als würde es sich in zwey Theile theilen, wie auch wirklich nicht lange darnach geschah, indem sich die beeden Theile F F bey G trenneten. Nun hatte ich statt eines Thieres zweye, von welchen jedes bald wieder eine andere Gestalt annahm, wie H und I zeigen. Um mich nun bey meiner Beobach-

Abb. 2: Textauszug aus der Publikation „Insektenbelustigung" von August Johann Roesel von Rosenhof 1755.

dieser Übergang deutlich: Die im Kulturmedium „schwimmende" Zelle bekommt beim Absinken lokalen Kontakt mit dem Untergrund (Abb. 3a, Pfeilkopf); dadurch wird das betreffende Pseudopodium richtungsbestimmend (Abb. 3b, Pfeil) und zum physiologischen Vorderende (Abb. 3c, V). Der gegenüberliegende Zellpol differenziert sich gleichzeitig zum Hinterende oder Uroid (Abb. 3c, U), wobei in der Folge durch sukzessive Einschmelzung der seitlichen Pseudopodien (Abb.

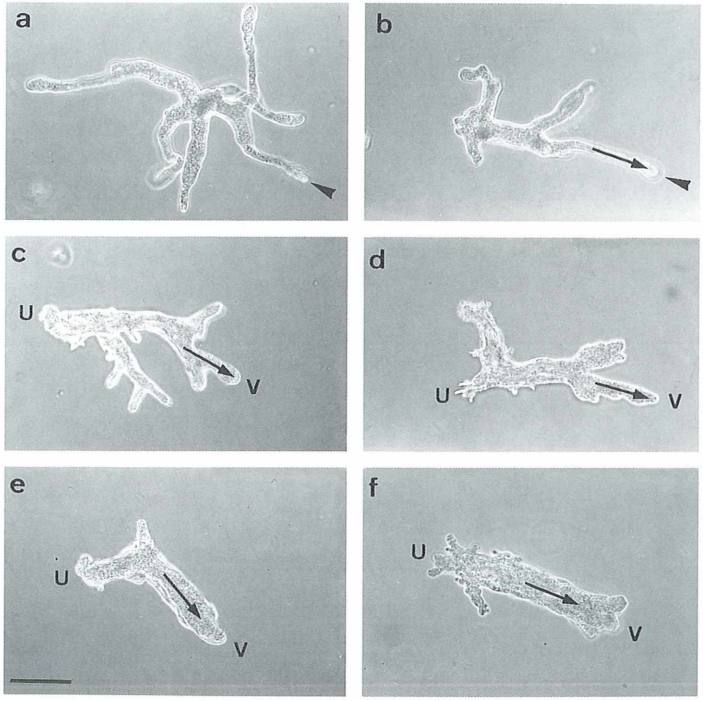


Abb. 3: Lebendaufnahmen zur Demonstration der Entstehung einer polaren Bewegungsform von *Amoeba proteus* im Phasenkontrast. Nach Erreichen des Bodenkontakts (Pfeilkopf) geht die vormals schwebende Amöbe von der unpolaren polypodialen Form (a) zunehmend in eine polare, nahezu monopodiale Form über (b–f), indem ein breites Hauptpseudopodium schließlich die Bewegungsrichtung bestimmt (Pfeile).
U = Uroid; V = Vorderende.
Maßstrich: 100 µm.

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

3d, e) allmählich eine weitgehend monopodiale Amöbe entsteht (Abb. 3f).

Ein fester Bodenkontakt ist jedoch bei *Amoeba proteus* nicht zwangsläufig mit der aktiven Fortbewegung verbunden. Ähnlich wie „schwimmende" Zellen nehmen nämlich auch am Substrat fest haftende Amöben dann eine abgekugelte, unpolare Ruheform mit vielen kurzen Pseudopodien ein, wenn sie aktiv pinocytieren oder intensiv phagocytiert haben (Abb. 4a); wie die übrigen im Differential-Interferenz-Kontrast (DIK) aufgenommenen Abbildungen dieser Serie zeigen, reduziert die Amöbe während der anschließend wieder aufgenommenen aktiven Fortbewegung erneut die Zahl der Pseudopodien (Abb. 4b–d); eine streng monopodiale Form nehmen die Zellen aber nur während einer Fluchtreaktion (siehe letztes Kapitel dieses Beitrags) oder während der gezielten, chemotaktisch gesteuerten Annäherung an ein bestimmtes Objekt an, also immer dann, wenn sie sich möglichst schnell fortbewegen müssen.

Bei der Fortbewegung von *Amoeba proteus* erfolgt eine Differenzierung des Zellplasmas in ein körnig erscheinendes, fließendes Innenplasma, auch Endoplasma oder Granuloplasma genannt (Abb. 4e, EN), das sich deutlich von einem randständigen, stationären und durchsichtigen Außenplasma, auch als Ektoplasma oder Hyaloplasma bezeichnet, unterscheidet (Abb. 4e, EK). An lichtmikroskopisch erkennbaren Zellorganellen treten vor allem die pulsierende Vakuole (Abb. 4e, f, PV) sowie der Zellkern mit seinen zahlreichen Nukleolen (Abb. 4f, N) in Erscheinung. Unter besonders günstigen Bedingungen lassen sich am Uroid auch Pinocytosekanäle nachweisen, die während der normalen Fortbewegung dort entstehen und einer kontinuierlich ablaufenden, permanenten Pinocytose zuzuordnen sind (Klein, Stockem, 1995; vgl. auch Teil II: Endocytose und Phagocytose). Bei den größeren granulären Cytoplasmaeinschlüssen handelt es sich meist um Nahrungsvakuolen verschiedenen Durchmessers, bei den kleineren überwiegend um Mitochondrien.

Die Oberflächentopographie von *Amoeba proteus* läßt sich besonders eindrucksvoll im Raster-Elektronenmikroskop darstellen. Abbildung 5a liefert die äußere Ansicht einer typisch polydialen Bewegungsform und hebt so die Dreidimensionalität der Pseudopodienanordnung deutlich hervor. Im Gegensatz zu der

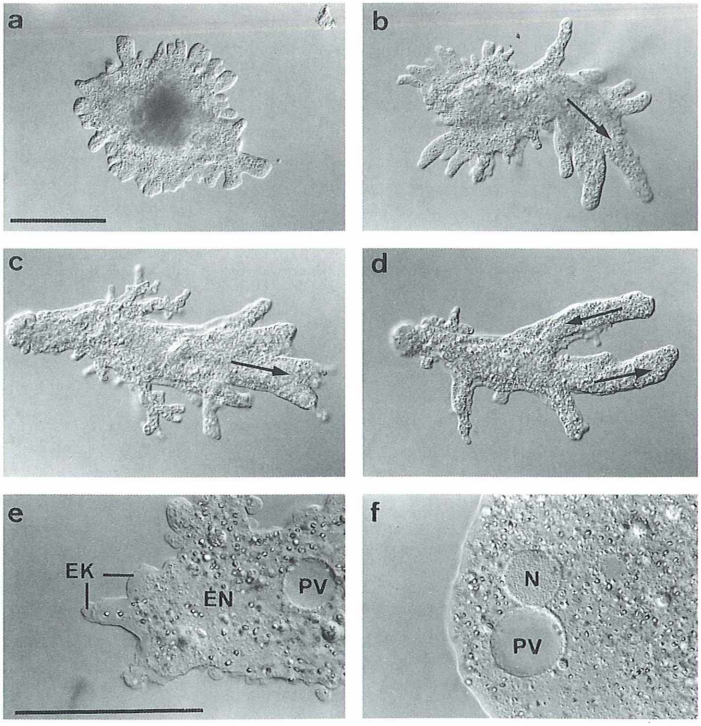


Abb. 4: Lebendaufnahmen zur Demonstration der Formenvielfalt von *Amoeba proteus* im Differential-Interferenz-Kontrast (DIK). Während und nach der Nahrungsaufnahme bilden die Amöben eine abgerundete Ruheform mit zahlreichen kurzen Pseudopodien und festem Bodenkontakt aus (a). Die Wiederaufnahme der aktiven Fortbwegung ist häufig mit einer sukzessiven Reduktion der Pseudopodienzahl verbunden (b–d). Bei höherer Vergrößerung zeigen kriechende Amöben eine Trennung in granuläres Endoplasma (EN) und hyalines Ektoplasma (EK) in der peripheren Zellregion (e); der Zellkern (N) mit seinen zahlreichen Nucleolen und die pulsierende Vakuole (PV) sind ebenfalls klar erkennbar (e, f). Maßstrich: 100 µm.

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

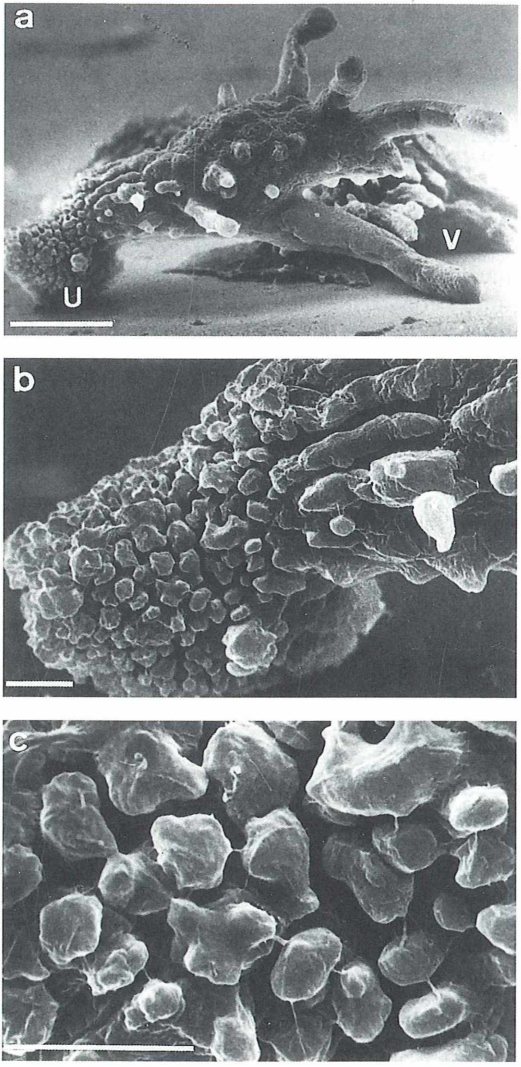


Abb. 5: Raster-Elektronenmikroskopische Aufnahmen einer polypodialen Form von *Amoeba proteus* nach Fixierung und Gefriertrocknung. Charakteristisch für diese polypodiale Bewegungsform (a) ist die deutliche Unterscheidung in eine Frontzone mit glatter Membran (V) und in ein Hinterende (U), welches als Membranreservoir fungiert und stark gefaltet ist (b, c). Maßstrich: 50 µm (a), 10 µm (b, c).

glatten Oberfläche ausfließender Pseudopodien ist das als Uroid bezeichnete Hinterende stets stark aufgefaltet und stellt so ein Membranreservoir für neu zu bildende Pseudopodien dar (Abb. 5b, c). Bevor im Folgenden mittels einfach durchzuführender Versuche die Eignung von *Amoeba proteus* als Studienobjekt für zellbiologische Fragestellungen demonstriert wird, soll zunächst kurz auf die Kultivierung dieses Einzellers eingegangen werden, da eine gut funktionierende Kultur unabdingbare Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung der aufgezeigten Versuche ist.

Beschaffung und Kultivierung von Amoeba proteus

Das in der Literatur häufig beschriebene ubiquitäre Vorkommen der Amöben in Tümpeln und Aquarien stellt den Biologen häufig vor große Schwierigkeiten. Diese bestehen sowohl im Auffinden der Zellen in geeigneten Teichproben, in der genauen taxonomischen Zuordnung, im Herauspipettieren einzelner Individuen sowie vor allem in der anschließenden Zucht der Zellen in einer Reinkultur. Sollte diese Eigenbeschaffung versucht werden, so findet man die Amöben noch am ehesten im Röhrichtgürtel eutropher Gewässer an faulenden Pflanzenstengeln und -blättern (z. B. an der Unterseite von See- und Teichrosen) oder aber auch in der Kahmhaut von älteren Heuaufgüssen. Einzelne Exemplare müssen daraus gewonnen und unter definierten Bedingungen in Kultur genommen werden. Der sicherste und einfachste Weg, Amöben langfristig in einer Reinkultur zu halten, ist aber die Beschaffung von Laborkulturen durch biologische Laboratorien sowie das anschließende Zugreifen auf langfristig erprobte Kultivierungsmethoden. Zwei Möglichkeiten der Kultivierung haben sich dabei besonders bewährt, von denen eine einfach durchzuführende Methode im Folgenden kurz vorgestellt werden soll, die es auch den Biologielehrern in der Schule ermöglicht, mittels in jeder Biologiesammlung vorhandener Chemikalien und Gerätschaften Amöben erfolgreich zu kultivieren (im nächsten Heft wird eine weitere Kultivierungsmethode vorgestellt). Als Kulturmedium setzt man eine Lösung der in Tabelle 1 aufgeführten Substanzen an.

Es ist darauf zu achten, daß die Salze in der angegebenen Reihenfolge gelöst werden.

Sollte die Herstellung eines derartigen Chakley-Mediums nicht möglich sein, kann auch gründlich filtriertes Teichwasser oder eine mit Aqua dest. auf 2–3% verdünnte Erdabkochung verwendet werden. Wichtig ist,

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

Tab. 1: Das für die Zucht der Amöben benötigte Chalkley-Medium setzt sich aus folgenden Substanzen zusammen (Haberey, Stockem, 1971).

Salze	Konzentration in mg/l Aqua dest.
NaCl	80,00
$NaHCO_3$	4,00
KCL	4,00
$CaCl_2 \times 2H_2O$	5,37
$Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$	1,60

daß der pH-Wert stets leicht sauer gehalten wird (6.5–6.8), wobei dieser Wert regelmäßig kontrolliert werden muß. Als Kulturgefäße verwendet man runde Glasschalen mit einem Durchmesser von 10–15 cm, die etwa 2–3 cm hoch mit Kulturlösung gefüllt werden.
Nachdem einige Amöben mit Hilfe einer Pipette in ein solches Glasgefäß übergesetzt wurden, deponiert man ein kurz abgekochtes Weizen- oder Reiskorn auf dem Boden der Kulturschale. Die aus diesen Körnern im Verlaufe der nächsten Tage austretenden Nährstoffe fördern das Wachstum von Bakterien, die aus verschiedenen Gründen wichtig sind: einmal dienen diese Organismen den Amöben selbst als Nahrungsquelle; zum anderen sind Bakterien auch für die Vermehrung von Flagellaten und Ciliaten notwendig, von denen man stets einige zusammen mit den Amöben in die Kulturgefäße überimpfen sollte; verschiedene Ciliaten (*Tetrahymena*, *Paramecium*) und Flagellaten stellen nämlich die wichtigsten Beuteorganismen der Amöben dar. Anschließend werden die Glasgefäße mit den dazugehörigen Glasdeckeln verschlossen. Eine Abdunklung der Kulturgefäße mit schwarzem Papier hat sich dabei als günstig erwiesen. Die Aufbewahrung der Amöben sollte bei einer Raumtemperatur von 20–24 °C erfolgen. Nach etwa 14 Tagen muß die Kulturlösung gegen frische ausgetauscht werden, da durch die schnelle Vermehrung von Ciliaten und Flagellaten eine Störung des biologischen Gleichgewichts und eine Vergiftung der Kultur durch Abfallprodukte droht.

Versuche zum Bewegungsverhalten

Ständiger Formwandel und kontinuierliches Bewegungsverhalten gehören zu den eindrucksvollsten Leistungen amöboider Zellen. Interessanterweise bewegen sich auch die Makrophagen der Vertebraten amöboid fort; sie weisen dabei aufgrund morphologischer und physiologischer Parallelen gewisse Ähnlichkeiten zu ihren freilebenden „Verwandten" auf. Während die Amöben aber noch als sehr urtümliche Organismen mit einer langen evolutionsgeschichtlichen Tradition gelten, handelt es sich bei den Makrophagen eher um „domestizierte" amöboide Zellen mit hochspezifischen Sonderaufgaben in Rahmen der Immunabwehr. Auch insofern sind die Amöben grundsätzlich ein interessantes Modell für die Untersuchung gewisser morphologischer Gegebenheiten und physiologischer Leistungen von Einzelzellen. Mit Hilfe einfach durchzuführender Versuche lassen sich bei Amöben einige dieser Phänomene, wie der Formwandel und das Bewegungsverhalten, das Membranverhalten und die Reizwahrnehmung sowie die Nahrungsaufnahme untersuchen; auf die Nahrungsaufnahme wird in der nächsten Ausgabe näher eingegangen.

Einfluß des pH-Wertes

Die in jeder Amöbenkultur existierende natürliche Formenvielfalt und das unterschiedliche Bewegungsverhalten können unter experimentellen Bedingungen gezielt hergestellt werden (Braatz-Schade, Stockem, 1972). Die Wasserstoffionenkonzentration ist dabei der entscheidende Auslöser für die unterschiedlichen Lokomotions- und Ruheformen. Während die Amöben sowohl im stark sauren (Abb. 6a) als auch im stark alkalischen pH-Bereich (Abb. 6e, f) die Bewegung einstellen und sich zunehmend abkugeln, nehmen sie im schwach sauren, neutralen und schwach alkalischen Bereich die typischen mono- bis polypodialen Lokomotionsformen ein und bewegen sich aktiv fort, so daß diese Wasserstoffionenkonzentrationen als physiologisch zu bezeichnen sind (Abb. 6b–d). Es besteht hierbei jedoch eine deutliche Korrelation zwischen der Anzahl der ausgebildeten Pseudopodien und dem pH-Wert: die Bereitschaft der Amöben zur Pseudopodienbildung nimmt vom stark sauren Bereich ausgehend mit abnehmender Wasserstoffionenkonzentration bis in den stark alkalischen Bereich kontinuierlich zu.

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

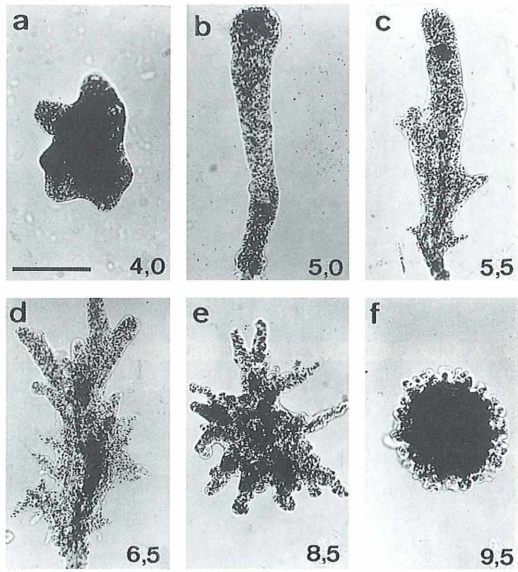


Abb. 6: Experimentell erzeugte pH-abhängige Formen von *Amoeba proteus*. Die fast abgekugelte Form im stark sauren Bereich (a, pH 4) geht bei abnehmender Protonenkonzentration über monopodiale (b, pH 5; c, pH 5,5) und polypodiale Formen (d, pH 6,5) wieder in abgekugelte, aber jetzt stark polypodiale Ruheformen über (e, pH 8,5; f, pH 9,5).
Maßstrich: 10 µm (verändert nach Braatz-Schade, Stockem, 1972).

Membranverhalten

Die Zellmembran der Amöben spielt eine wichtige Rolle bei bestimmten Stoffwechselprozessen, da sie einerseits einen unkontrollierten Austausch von Substanzen zwischen dem Cytoplasma und der Umgebung verhindern und sich andererseits an alle Formveränderungen während der aktiven Fortbewegung und der Nahrungsaufnahme anpassen muß. Für die Adsorption und Anreicherung von Substanzen

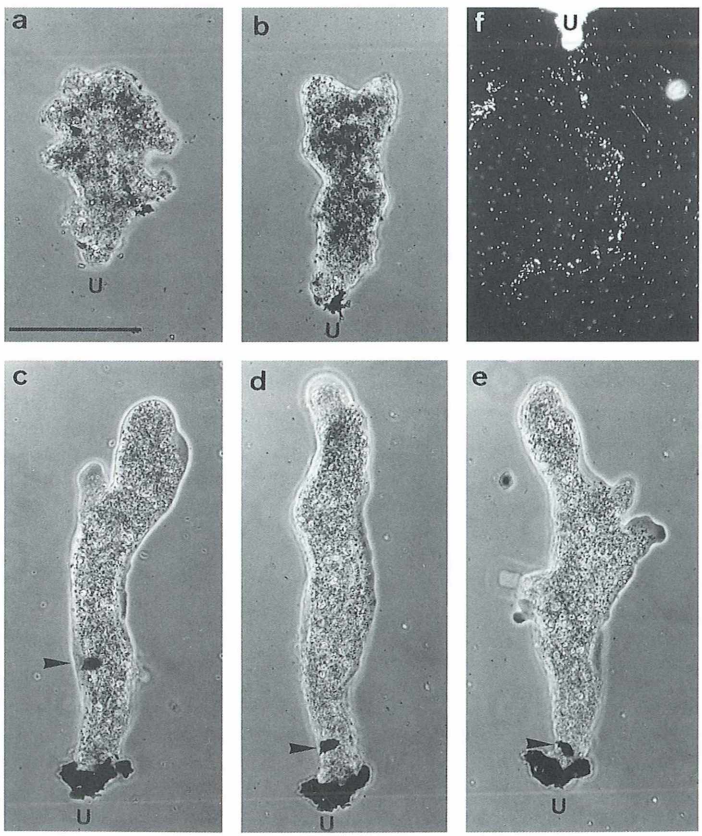


Abb. 7: Allmähliche Ansammlung von Aktivkohlepartikeln in der Uroidregion im Phasenkontrast (a–e, U), sowie Abgabe von Latexpartikeln am Uroid im Dunkelfeld (f). Der sukzessive Transport der Kohlepartikel ans Hinterende ist deutlich zu verfolgen (c–e, Pfeilkopf). Die abgegebenen Latexkugeln bleiben als Markierungsspur hinter der Zelle zurück und zeichnen so Änderungen der Bewegungsrichtung von *Amoeba proteus* nach (f).
Maßstrich: 10 µm.

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

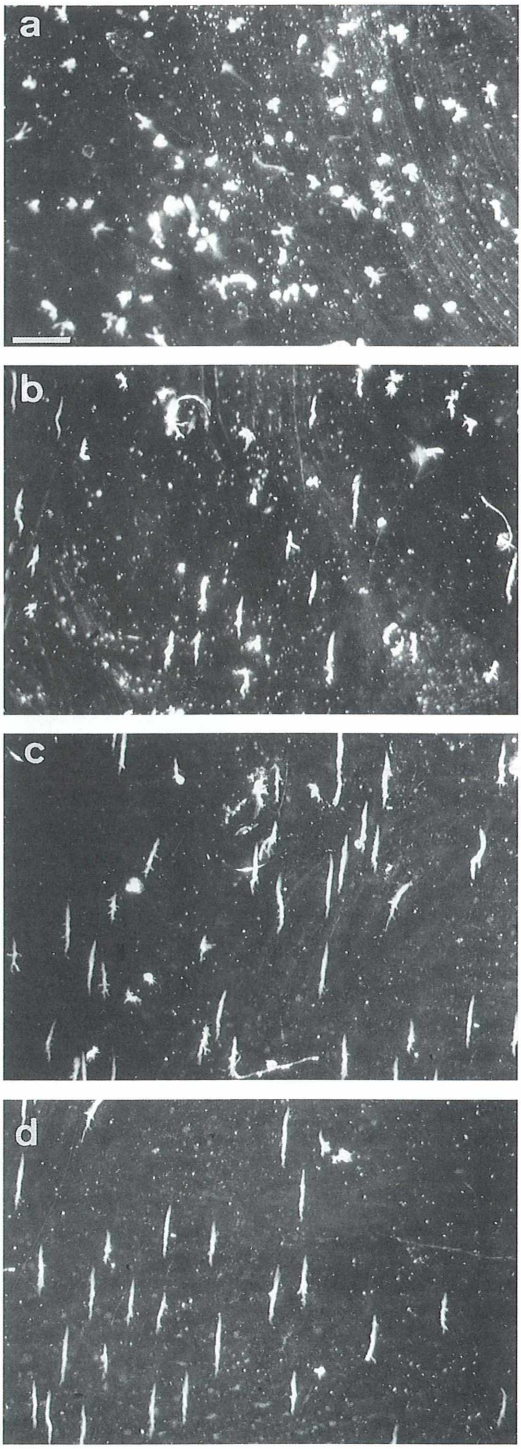


Abb. 8: Negative Phototaxis von *Amoeba proteus*. Nach streifender Beleuchtung von einer Seite bewegen sich die Amöben – ausgehend von einer großen Formenvielfalt (a) – zunehmend monopodial in die dem Licht entgegengesetzte Richtung (b–d). Lupenaufnahme im Dunkelfeld. Maßstrich: 1 mm (verändert nach Haberey, Stockem, 1971).

aus dem Kulturmedium an der Zelloberfläche ist die sogenannte Mucoidschicht verantwortlich, bei der es sich um eine aus sauren Mucopolysacchariden bestehende, meist filamentartig differenzierte Auflagerung des Plasmalemms handelt. Die physiologischen Eigenschaften der Mucoidschicht werden durch einen hohen Gehalt an negativ geladenen Gruppen (COO^- und SO^{3-}) bestimmt, die in der Lage sind, ein- oder mehrwertige Kationen reversibel zu binden und in Abhängigkeit vom Ladungsgrad auch quantitativ anzureichern (Klein et al., 1988). Kommt es nun durch hohe Stoffkonzentrationen im extrazellulären Milieu zu einer unphysiologisch starken Adsorption an die Zelloberfläche, so muß ein Teil dieser Stoffe von der Mucoidschicht wieder entfernt werden. Dies läßt sich durch einfache Versuche mit Latexkugeln und Aktivkohle demonstrieren (Haberey, Stockem, 1971):
Inkubiert man Amöben über einen kurzen Zeitraum in konzentrierten Suspensionen von Latexkugeln oder Aktivkohle, so kugeln die Amöben sich zunächst ab, wobei ihre Zelloberfläche eine gleichmäßige Markierung erhält (Abb. 7a). Nachdem die Amöben in frische Kulturlösung übertragen worden sind, nehmen sie nach kurzer Zeit ihre normale Lokomotion wieder auf (Abb. 7b). Während der weiteren Fortbewegung werden die Markierungspartikel entlang der Zelloberfläche zum Hinterende transportiert (Abb. 7c–e, Pfeilkopf); im Lichtmikroskop erscheint die Uroidregion durch diese Ansammlung von Aktivkohle mit der Zeit völlig schwarz gefärbt. Die so konzentrierten Partikel werden dann entweder mit Teilen der Mucoidschicht an den Untergrund geheftet oder durch permanente Pinocytose aufgenommen; auf diese Art und Weise kann die Oberfläche im Laufe der Zeit von der unphysiologischen Adsorption großer Mengen derartiger Substanzen relativ schnell gereinigt werden.
Besonders eindrucksvoll läßt sich dieser Oberflächenreinigungsprozeß auch mit Hilfe einer

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

Latexmarkierung demonstrieren: durch Anreicherung der Latexkugeln am Hinterende der Zellen und anschließender Abgabe an den Untergrund hinterläßt die Amöbe eine charakteristische Kriechspur aus Latexpartikeln, die mit der Dunkelfeldmikroskopie eindrucksvoll dargestellt werden kann (Abb. 7f). Verzweigungen und Kurven der Latexspur zeichnen so Richtungsänderungen der Amöbe im Verlauf ihrer Fortbewegung nach.

Reizbarkeit

Amöben besitzen keine typischen Sinnesorganelle. Sie sind jedoch in der Lage, auf physikalische und chemische Reize zu reagieren. Mit Hilfe eines einfach durchzuführenden Versuchs lassen sich beispielsweise phototaktische Bewegungen nachweisen (Haberey, Stockem, 1971):
In einem abgedunkelten Raum erzeugt man mit einer Niedervoltlampe (6 V, 15 W) einen gebündelten Lichtstrahl (∅ 1 cm) im Abstand von 10 bis 15 cm zum Objektträger, der auf einer schwarzen Unterlage liegen soll; die Amöben werden so seitlich und parallel zum Boden beleuchtet (Abb. 8a). Nach kurzer Zeit kann man beobachten, daß sich alle Amöben mit einer Geschwindigkeit von 0,2–0,4 mm/min allmählich von der Lichtquelle fort in eine Richtung bewegen (Abb. 8b, c); dabei nehmen sie zunehmend eine monopodiale Form an und schlagen einen fast linearen Fluchtweg ein (Abb. 8d). Die Amöben zeigen also eine stark negative Phototaxis.
Während in der nächsten Ausgabe des Mikrokosmos die Endocytose und Phagocytose als Teil II dieses Artikels im Vordergrund der Betrachtungen stehen, soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß die aufgezeigten Versuche zwar mit geringem apparativen und methodischen Aufwand durchgeführt werden können, daß die Amöben selbst aber in ihrer Handhabung vom Experimentator sehr viel Geschick und vor allem Geduld verlangen, um eine erfolgreiche Versuchsdurchführung zu gewährleisten.

Literaturhinweise

Braatz-Schade, K., Stockem, W.: Pinocytose und Bewegung von Amöben. IX. Der Einfluß von verschiedenen Kationen auf das Bewegungsverhalten von *Amoeba proteus*. Arch. Protistenk. *114*, 272–290 (1972).

Haberey, M.: Bewegungsverhalten und Untergrundkontakt von *Amoeba proteus*. Mikroskopie *27*, 226–234 (1971).

Haberey, M., Stockem, W.: *Amoeba proteus*. Morphologie, Zucht und Verhalten. Mikrokosmos *70*, 33–42 (1971).

Klein, H. P., Köster, B., Stockem, W.: Pinocytosis and locomotion of amoebae. XVIII. Different morphodynamic forms of endocytosis and organization in *Amoeba proteus*. Protoplasma Suppl. *2*, 76–87 (1988).

Klein, H. P., Stockem, W.: Nahrungsaufnahme und intrazelluläre Verdauung bei Amöben. Teil I: Der endocytotische Stofftransport. Biologie in unserer Zeit *25*, 293–299 (1995).

Kohoroda, W., Stockem, W.: Two types of hyaline caps, constricting rings and the significance of contract for the locomotion of *Amoeba proteus*. Acta Protozool. *15*, 179–185 (1976).

Roesel von Rosenhof, A. J.: Insektenbelustigung. Dritter Theil. Gedruckt von Johann Joseph Fleischmann, 620–625 (1755).

Verfasser: Dr. Hans Peter Klein und Professor Dr. Wilhelm Stockem, Institut für Zellbiologie der Universität Bonn, Abteilung für Experimentelle Zellmorphologie, Ulrich-Haberland-Str. 61a, D-53121 Bonn.

Makroskopische Präparationstechnik

Teil II: Wirbellose

Herausgegeben von Rudolf Piechocki und Joachim Händel

4., überarbeitete und aktualisierte Auflage 1996. 360 S., 162 Abb. geb. DM 78,-

ISBN 3-437-35000-5

In aktualisierter Neubearbeitung wird der Klassiker unter den Präparations- und Sammelanleitungen in 4. Auflage angeboten – ein Buch, das durch Übersichtlichkeit, Verständlichkeit, instruktive Zeichnungen und umfassende Literaturangaben ebenso die praktische Feld- und Exkursionsarbeit wie die wissenschaftlichen Aufgaben von Sammlungen wesentlich unterstützt.

Das in der Aus- und Weiterbildung von Präparatoren unentbehrliche Fachbuch wird darüber hinaus von all jenen genutzt, die für ihre Geländearbeit wissen müssen, wo, wie und zu welcher Zeit man bestimmte Tierarten finden kann, welches die geeignetste Präparationsmethode ist und wie eine Sammlung einzurichten ist.

GUSTAV FISCHER

Preisänderungen vorbehalten.

UM BIBLIOTHEK

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

Nachrichten

5. Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg/Hildesheim

In der Zeit vom 28. April 1997 bis 03. Mai 1997 veranstaltet die Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover unter der Leitung von Herrn Karl Brügmann zum 5. Mal das Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg in der Nähe von Hildesheim. Diese Veranstaltung zeichnet sich dadurch aus, daß ihr Schwerpunkt auf der Herstellung von histologischen Präparaten liegt. Hierbei verarbeitet jeder Teilnehmer mindestens 30 Mikrotomschnitte von botanischen und tierischen Geweben zu wertvollen Dauerpräparaten. Selbständiges Arbeiten und amateurgerechte Methoden garantieren einen guten Erfolg und ermöglichen den Teilnehmern auch ein Nachvollziehen im häuslichen Labor. Über eine Videoanlage am Mikroskop können die hergestellten Präparate gemeinsam diskutiert werden. Die Technik der Kunststoffschnitte und deren Verarbeitung wird durch Herrn Michael Breithaupt anschaulich demonstriert.
Ein Tag ist für die Planktonfreunde vorgesehen. Unter der Leitung von Michael Butkay werden aus den nahegelegenen Gewässern im Rahmen eines erholsamen Waldspaziergangs interessante Proben gefischt, die anschließend über Video analysiert werden. Außerdem wird eine einfache Methode zur Herstellung von Plankton-Dauerpräparaten vorgestellt. Auch einen schönen Gesteinsdünnschliff wollen wir wieder unter der Anleitung von Herrn Wilfried Latz herstellen. Diese handwerkliche Tätigkeit bereitet allen Teilnehmern immer große Freude. Eine fachbezogene Besichtigungsfahrt ist ebenfalls vorgesehen. Sie führt nach Hannover in die Medizinische Hochschule, wo ein Raster-Elektronenmikroskop vorgeführt wird. Die Abende werden mit Diavorträgen und Diskussionen ausgefüllt; ferner besteht die Möglichkeit, mikroskopische Geräte und Zubehörteile zu tauschen.
Die Veranstaltung findet in den Gebäuden einer Bildungsstätte statt, die unterhalb der Burganlage Wohldenberg mitten im Wald gelegen ist. Es stehen den Teilnehmern im selben Haus nette Einzelzimmer zur Verfügung, die Vollverpflegung ist gesund und reichlich. Ein Grillabend auf der großen Hausterrasse ist eine beliebte Abwechslung und bietet die Gelegenheit, beim Einbecker Mai-Bockbier über mikroskopische Themen zu diskutieren.
Die Einzelheiten in Kürze:
Wann: 28. April 1997, 12.00 Uhr bis 03. Mai 1997, 11.00 Uhr
Wo: Haus Wohldenberg 31188 Holle, Autobahn A7 Ausfahrt Derneburg>Holle>Sillium>Wohldenberg
Preis: einschließlich Vollverpflegung und Einzelzimmer 410 DM
Eine verbindliche Anmeldung muß durch Zahlung des Betrages von 410 DM bis zum 01. März 1997 auf folgendes Konto erfolgen: Karl Brügmann, Sonnenweg 33, 30171 Hannover, Tel: (05 11) 81 33 33, Konto 48559-306 bei Postbank Hannover.

Einladung zum 11. Treffen der deutschsprachigen DiatomologInnen

Vom 14. bis 16. März 1997 ist es wieder soweit. Wir würden uns freuen, wenn auch Sie dabei sind. Hier in Kürze das Wichtigste:
Ort: Walchwil, Kanton Zug, im Seminarhotel Aesch. Der Tagungsort liegt im Grünen mit Sicht auf den Zugersee. Die Essen finden mit Ausnahme der Exkursion im Hotel Aesch statt. Es besteht die Möglichkeit, Vollpension zu buchen (Zimmer, Übernachtung, Frühstück, Mittag- und Abendessen).
Datum: 14. März 1997: Exkursion; 15. und 16. März 1997: Tagung.
Exkursion: Die Exkursion führt uns in die Heimat Tells, den Kanton Uri. Hier besichtigen wir das Tellmuseum in Bürglen und das Telldenkmal in Altdorf. Am Südufer des Urnersees (Teil des Vierwaldstättersees) gewinnen wir Einblick in die Revitalisierung einer Flußmündung und wandern entlang eines Teiles des „Wegs der Schweiz". Kosten (ohne Mittagessen): 35 sFr.
Tagung vom 14. und 15. März: Das genaue Programm wird nach Eingang der Vortragsthemen zusammengestellt. Vorgesehen ist, drei Hauptthemen zu diskutieren:
1. Diatomeen und Trophie;
2. Diatomeen und Bildbearbeitung;
3. Diatomeen und Klimatologie.

Kosten: Tagungbeitrag (ohne Exkursion): 60 sFr. für Studierende, 100 sFr. für die anderen. Übernachtungen, Essen, Zwischenverpflegung sind ausgenommen.
Anmeldefrist: Tagung: So bald wie möglich. Als angemeldet gilt, wer den Tagungsbeitrag einbezahlt hat: Bankverbindung Raiffeisenbank CH - 6314 Unterägeri, Konto-Nr. 254-9012-6 lautend auf: AquaPlus, Gewerbestrasse 5a, CH 6314 Unterägeri, Schweiz, bitte den Vermerk „11. DDT 1997" machen.
Hotelreservation: bis 31. Januar 1997. Bezahlung bar während der Tagung.

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

Kieselalgen – hoch aufgelöst und kontrastreich fotografiert

Hans-Jörg Dethloff

Für die Bestimmung von Kieselalgen ist es sehr nützlich, wenn feinstrukturierte Schalen mit relativ einfachen Mitteln kontrastreich und gut aufgelöst fotografiert werden können. An solchen Fotos lassen sich bequem Messungen und Strukturvergleiche, die zur Bestimmung notwendig sind, durchführen. Nachfolgend soll eine Methode beschrieben werden, die mittels einfacher Eingriffe in den Strahlengang sowohl die Auflösung als auch den Kontrast verbessert.

Durch die physikalischen Eigenschaften des Lichtes werden dem Mikroskopiker klare Grenzen gesetzt. Nach der Abbeschen Theorie der mikroskopischen Bildentstehung ist die Auflösung eine Funktion der numerischen Apertur und der Wellenlänge des verwendeten Lichtes. Es ist für jeden Mikroskopiker eine interessante Herausforderung, sich dieser Grenze zu nähern. In den letzten Jahren sind zahlreiche Arbeiten im MIKROKOSMOS erschienen, die diese Problematik zum Thema hatten.

Auflösung und Physiologie

Die Lösung dieses Problems ist scheinbar ganz einfach: hohe Apertur und kurzwelliges Licht. Durch Verwendung von blauem Licht (400 nm) würde sich das Auflösungsvermögen beträchtlich steigern lassen. Dieses Licht wird aber von unserem Auge sehr schlecht wahrgenommen (die spektrale Empfindlichkeit liegt nur bei circa 5%, und achromatische Objektive sind für diesen Spektralbereich kaum korrigiert).
Öffnet man die Aperturblende, so entsteht ein sehr helles Bild, in dem bei zarten Objekten kaum Struktureinzelheiten zu erkennen sind. Deshalb wird auch immer wieder empfohlen, die Aperturblende bis zu $^1/_3$ zu schließen (Determann, Lepusch, 1988).

Ursache

Betrachtet man das primäre Beugungsbild eines regelmäßigen Gitters in der hinteren Brennebene des Objektivs, so kann man deutlich die Beugungsbilder der Leuchtfeldblende sehen. Dabei beinhaltet das sehr helle zentrale Beugungsbild nullter Ordnung alles Licht, das vom Objekt nicht abgelenkt wurde. Es enthält also keine Strukturinformationen, sondern hauptsächlich Intensität und liefert den hellen Bildhintergrund. Blendet man dieses aus, erhält man ein zentrales Dunkelfeld (Göke, 1990).
Die Strukturinformationen stecken in den Maxima höherer Ordnung, die eine gegenüber dem Maximum nullter Ordnung deutlich geringere Intensität besitzen. Deshalb kann man auch bei zarten Objekten und voll geöffneter Aperturblende deren Feinstruktur kaum wahrnehmen.
Mittels Dunkelfeldkondensor wird das Beleuchtungslicht so geführt, daß die Strahlen, die das Beugungbild nullter Ordnung ergäben, am Objektiv vorbeigehen. Bei diesem Verfahren gelangt also hauptsächlich Licht mit Strukturinformationen ins Objektiv. Da bei dieser Methode die Objektivapertur deutlich geringer sein muß als die Kondensorapertur, führt dies nicht immer zur gewünschten Auflösung.

Erhöhung von Auflösung und Kontrast

Durch Einschalten einer Zentralblende in den Kondensor läßt sich die Auflösung und die Kontrastsituation deutlich verbessern (Dethloff, 1993, van Duijn, 1990).
Einerseits wird die Intensität des zentralen Maximums reduziert, was zur Kontraststeigerung führt. Andererseits wird die Form der Airy-

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

schen Beugungsfigur so verändert, daß sich die Auflösungssituation verbessert (McKechnie, 1972, Beyer und Riesenberg, 1988). Nach McKechnie (1972) erzielt man eine maximale Auflösung mit einer Zentralblende, die circa 45% der Aperturblende bedeckt (lineare Zentralabschattung). Vorzuziehen ist natürlich immer eine möglichst kleine Zentralblende, da diese viel Licht schluckt.
Da ich für meine Versuche Diatomeen benutzte, gibt es noch eine weitere Möglichkeit der Kontrastverbesserung. Die Zellwände dieser Algen bestehen aus Kieselschollen, die in eine Grundsubstanz eingebettet sind. Dieser Aufbau führt zur Strukturdoppelbrechung, deren Stärke von der Brechzahldifferenz abhängig ist. Wurde ein hochbrechendes Einschlußmittel benutzt, ist diese Differenz ausreichend, und im polarisierten Licht erhält man kontrastreiche Bilder (Czaja, 1974).

Fototechnik

Als Filmmaterial benutzte ich Agfa Copex Pan Ahu, das in Rodinal (1 + 25) 4 min lang entwickelt wurde (Krammer, 1980). Alle Negative wurden auf Agfa-Papier der Gradation 5 abgezogen. Versuche, direkt auf Dia-Material zu fotografieren, erbrachten, entgegen anderslautender Literaturhinweise, keine befriedigenden Ergebnisse. So habe ich direkt von den SW-Vorlagen Diapositive hergestellt (Reproduktionen).

Bau einer Zentralblende

Wer es ganz exakt machen will, muß zunächst den Durchmesser der Zentralblende ermitteln. Nach der Theorie soll die Zentralabschattung 45% der Objektivapertur betragen:

$$\text{Zentralabschattung} = \frac{\text{N. A.}_{min}}{\text{N. A.}_{max}} = 0{,}45$$

Danach ergibt sich für ein Objektiv mit der numerischen Apertur 1,32 ein N. $A._{min}$ von etwa 0,6 und für ein Objektiv N. A. 1,40 ein Wert von 0,63. Wie läßt sich nun die wahre Größe einer solchen Scheibe bestimmen?
Man stellt mit einem Objektiv (40/0,65) ein Präparat ein. Der Kondensor wird jetzt mit dem geölten Immersionskopf eingesetzt und das Gerät geköhlert. Danach wird das Okular entfernt und die Austrittspupille des Objektivs betrachtet (Hilfsmikroskop!). Nun verändern wir die Aperturblende des Kondensors so lange, bis diese eben noch am Rand der Austrittspupille sichtbar ist. Ohne die Einstellung zu verändern, nehmen wir den Kondensor aus seiner Halterung, greifen z. B. mit einem Zirkel die lichte Weite der Blende ab und bestimmen so den Durchmesser. Der so ermittelte Wert entspricht dem Durchmesser unserer Zentralblende.
Hat man sich aus schwarzer Pappe oder dünnem Aluminiumblech eine geeignete Scheibe ausgeschnitten oder eine geeignete Scheibe (Reißzwecke, Unterlegscheibe, Münze ...) gefunden, muß man diese nur noch in der Aperturblende im Kondensor montieren. Einfach ist es, wenn die Aperturblende des Kondensors von unten frei zugänglich ist. In diesem Fall kann man sich aus Aluminiumblech oder feinem Draht leicht einen Blendenhalter herstellen. Ein Stück Messingdraht, am Ende zu einer Öse gebogen, ist an ein Stück Messingblech gelötet (Abb. 1).

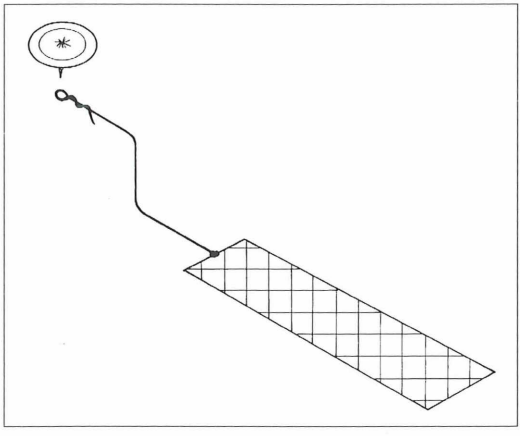


Abb. 1: Halter mit austauschbaren Zentralblenden.

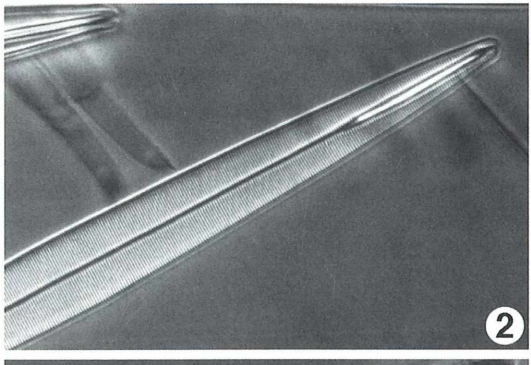
Die Blendenscheiben, die je auf eine Reißzwecke geklebt sind, werden in die Öse des Blendenhalters gesetzt. Dieser wird von unten in den Kondensor geführt und mit einer normalen Wäscheklammer am Schlitten befestigt. Durch Schieben und Drehen des Blendenhalters kann die Zentralblende exakt zentriert werden (Hilfsmikroskop!).

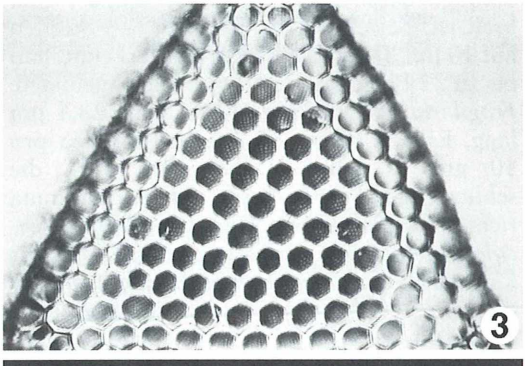
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier

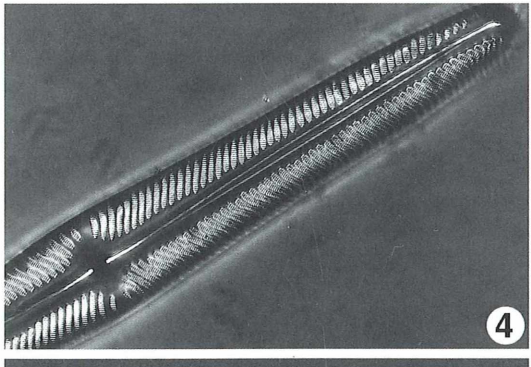
Versuchsobjekte

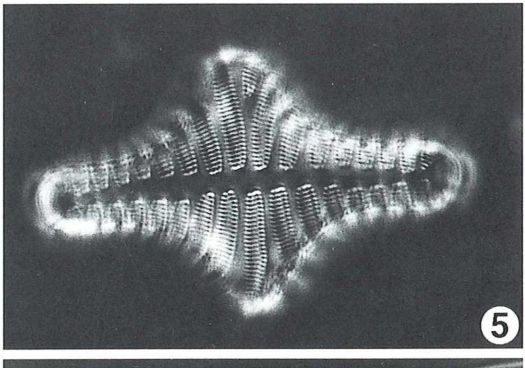
Geeignete Testobjekte zu finden, war gar nicht so einfach. Neben den käuflichen Testobjekten suchte ich nach geeigneten Kieselalgen. So musterte ich viele Diatomeenpräparate durch, auf der Suche nach Frusteln mit feinsten Strukturen, die dann fotografiert und ausgewertet wurden. Diese Vorgehensweise bringt es aber mit sich, daß die Objekte nicht immer sicher bestimmt sind und ein Vergleich mit REM-Aufnahmen nicht möglich ist.
Besonders interessant sind Objekte, deren Feinstruktur im normalen Hellfeld kaum aufgelöst werden. *Amphipleura pellucida* ist ein

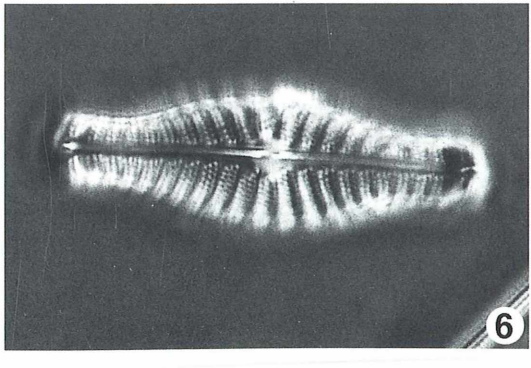
Abb. 2: *Amphipleura pellucida*. Planapochromat 63/1,40, Polarisation. – Abb. 3: *Triceratium favus*. Planapochromat 40/0,75. – Abb. 4: *Navicula oblonga*. Planapochromat 100/1,32; Polarisation. – Abb. 5: *Fragilaria leptostauron*. Planapochromat 63/1,40; Polarisation. Die Schale ist 28,1 µm lang. – Abb. 6: *Navicula capitata* var. *capitata*. Planapochromat 63/1,40; Polarisation. Die Schale ist 23,8 µm lang. – Abb. 7: *Pinnularia nobilis*. Planapochromat 63/1,40; Polarisation. Alle Bilder sind mit Zentralblende aufgenommen. Z9 (9 mm Zentralblende), Z12 (12 mm Zentralblende)

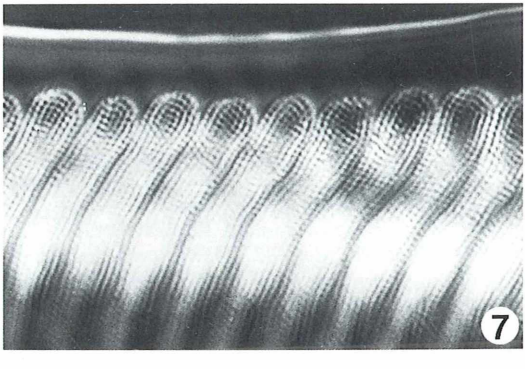












© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

solches Objekt. Die bis zu 40 Streifen/10 µm sind im Hellfeld kaum wahrnehmbar. Benutzt man eine Zentralblende, wird das feine Streifenmuster jedoch sofort sichtbar. Wird zusätzlich polarisiertes Licht verwendet, tritt das Streifenmuster sogar sehr kontrastreich hervor (Abb. 2). Dieses Testobjekt wird bereits von einem achromatischen Objektiv, einem alten Leitz Phaco Oel 100/1,30, aufgelöst.

Triceratium favus besitzt große Foramina in der Außenwand und feine Areolen in der Innenwand. Diese siebartig angeordneten Areolen sind mit einem mittleren Objektiv nur schwach zu sehen. Bei Benutzung einer Zentralblende tritt diese Struktur deutlich hervor (Abb. 3). Abbildung 4 zeigt eine *Navicula oblonga*, deren Schale 162 µm lang und 19 µm breit ist. Bei dieser Art entfallen 6–9 Streifen auf 10 µm. Innerhalb der Streifen erkennt man bis zu 32 Lineolae pro 10 µm. Die abgebildete *Fragilaria leptostauron* (Abb. 5) ist 28,1 µm lang. Es sind bis zu 35 Areolenforamina pro 10 µm zu sehen. Dabei wird auch die schlitzartige Form dieser Areolenforamina richtig wiedergegeben. Die abgebildete *Navicula capitata* var. *capitata* (Abb. 6) ist nur 23,8 µm lang. In den breiten Streifen sind die doppelten Punktreihen deutlich zu erkennen.

Besonders wertvoll ist diese Beleuchtungstechnik bei *Pinnularia*-Arten. Hiermit lassen sich bei vielen Arten innerhalb der Alveolen die Areolenreihen darstellen und bei geeigneten Objekten sogar die Beugungsbilder der einzelnen Areolen sehen. Bei der abgebildeten *Pinnularia nobilis* (Abb. 7) sind bis zu acht Areolenreihen pro Alveolus zu sehen. In großen Bereichen (das Bild zeigt nur einen Ausschnitt der Schale) sind die einzelnen Areolen als Beugungsscheibchen zu sehen. Die Mittelpunkte dieser Beugungsbilder sind etwa 200 nm voneinander entfernt.

Literaturhinweise

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

Czaja, A. T.: Einführung in die praktische Polarisations-Mikroskopie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1974.

Determann, H.: Tiefenwahrnehmung im Mikroskop – in memoriam Max Berek. Leitz Mitteilungen für Wissenschaft und Technik 9, 4–6 (1986).

Determann, H. Lepusch, F.: Das Mikroskop und seine Anwendung. Wild Leitz 1988.

Dethloff, H.-J.: Hohe Auflösung in der Durchlichtmikroskopie. Mitteilungen für Wissenschaft und Technik *10*, 215–220 (1993).

Duijn, C. van Jr.: Optische Filterung: Grundlagen der Methoden zur Steigerung der Sichtbarkeit, der Resolution und der Tiefenschärfe im Mikroskop. 3. Internationale Mikroskopie-Tage in Hagen, 1990.

Gerlach, D.: Hochauflösende Lichtmikroskopie mit einfachen Mitteln. Mikrokosmos *80*, 58–62 (1991).

Göke, G.: Das zentrale Dunkelfeld. Mikrokosmos *79*, 346–349 (1990).

Kaufmann, M.: Die schiefe Beleuchtung. Mikrokosmos *68*, 299–302 (1979).

Krammer, K.: Zur Deutung der Diatomeen-Feinstrukturen im Lichtmikroskop. Mikrokosmos *68*, 66–71 (1979).

Krammer, K.: Mikroskopie und Fotografie von Kieselalgen. Mikrokosmos 69, 226–233 (1980), *69*, 300–305 (1980).

Krammer, K.: Kieselalgen. Franckh'sche Verlagshandlung. Stuttgart 1986.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae, H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer (Hrsg.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1986.

McKechnie, T. S.: The effect of condenser obstruction on the two-point resolution of a microscope. Optica Acta *19*, 729–737 (1972).

Wiertz, B.: Schieflicht bei Mikroskopen mit eingebauter Beleuchtung. Mikrokosmos *78*, 377–381 (1989).

Verfasser: Hans-Jörg Dethloff, Reiniger Str. 10, 54332 Wasserliesch

Nachricht

Gewässerökologischer Einführungskurs

In der Zeit vom 10. bis 13. März 1997 veranstaltet das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wasserforschung, Kaulbachstraße 37, 80539 München, den 52. Gewässerökologischen Einführungskurs mit dem Thema: Abwasser- und Wasserchemie, Schadstoffökologie. Ansprechpartner ist Dr. Kalbfus, Telefon: 089/2180-2291.

Möchten Sie in der Zeitschrift

MIKROKOSMOS

inserieren?

Bitte richten Sie Ihre Anfragen und Wünsche an
Gustav Fischer Verlag, Anzeigenleitung
Postfach 10 05 37, 07705 Jena
Telefon 03641 - 62 64 28
Telefax 03641 - 62 65 00

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

Mikro-Einsteiger

Bärtierchen: Überlebenskünstler aus dem Moospolster

Bernd Walz

„Tardigraden – niedlich, bärig und immer schön langsam". So überschrieb Christina Kaeser im letzten Heft des MIKROKOSMOS ihren Artikel für den MIKRO-EINSTEIGER. Sie wies kurz auf die „höchst bemerkenswerte Lebensweise" einiger Bärtierchen hin und nannte in diesem Zusammenhang die Fähigkeit moosbewohnender Arten, außerordentlich widerstandfähige Trockenstadien zu bilden. Diese Thematik soll hier aufgegriffen und um einige wissenschaftsgeschichtlich interessante, biologische und neuere biochemische Erkenntnisse erweitert werden.

Moospolster, Flechtenkrusten und niedrige Phanerogamenpolster sind vertraute Anblicke auf ansonsten vegetationsfreiem Gestein, der Bodenoberfläche, auf manchen Hausdächern, in Dachrinnen und auf dem Geäst von Bäumen. Pflanzen in diesen unwirtlichen Lebensräumen sind allen Unbilden der Witterung ausgesetzt: Extremer Trockenheit und Hitze in den Sommermonaten, Trockenheit und Frost im Winter, regelmäßig auch heftigen Regengüssen und Wind. Untersucht man diese kargen Moospolster und Flechten mit der Lupe, wird man beobachten können, daß sie vielen Kleininsekten, Tausendfüßlern, auch Asseln, Spinnen und Milben Lebensraum und Lebensgrundlage bilden. Diese Organismen sollen hier nicht behandelt werden, sondern diejenigen mikroskopisch kleinen Lebewesen, die in den Moospolstern und Flechtenrasen nach einem ergiebigen Regenguß ihre Aktivität entfalten. Die Moospolster saugen sich mit Wasser voll; die Flechtenrasen werden weich und naß. In dem dünnen, vergänglichen Wasserfilm, der sich kapillar zwischen den Moosästchen und in den Flechten hält, werden einige rein an das Leben im Wasser angepaßte Kleinstorganismen aktiv. Trockenperioden haben sie in einem Zustand latenten Lebens überdauert.

Beobachtungsanregung
Kratzen Sie einige Moospolster von einer Mauer oder einem Dach ab, weichen Sie das Moos für 1–2 Stunden in etwas Wasser ein, drücken Sie das Moos aus und durchmustern Sie den etwas sandigen Bodensatz in einer kleinen Petrischale unter dem Stereomikroskop oder Ihrem Mikroskop bei schwächster Vergrößerung nach tierischen Lebewesen. Neben Protozoen werden Sie regelmäßig Rotatorien (Rädertierchen), Nematoden (Fadenwürmer) und, mit etwas Fleiß und Glück, dann schließlich auch Tardigraden (Bärtierchen) entdecken, welche, aus der Trockenruhe erwacht, langsam wieder zum aktiven Leben zurückkehren.

Die moosbewohnenden Vertreter dieser drei Tiergruppen sind Kleinstmetazoen, deren Körpergröße zwischen 100 und 500 µm liegt. Den meisten MIKROKOSMOS-Lesern werden sie vertraut sein. Die Abbildungen 1 und 2 stellen zwei häufigere, moosbewohnende Tardigraden vor. Ihnen soll in diesem und folgenden Artikeln besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, da sie für den Hobby-Mikroskopiker ein nicht nur possierliches, sondern lohnendes Untersuchungsobjekt sind.
Was macht die Tardigraden so interessant für den Biologen? Drei Punkte wären zu nennen:

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

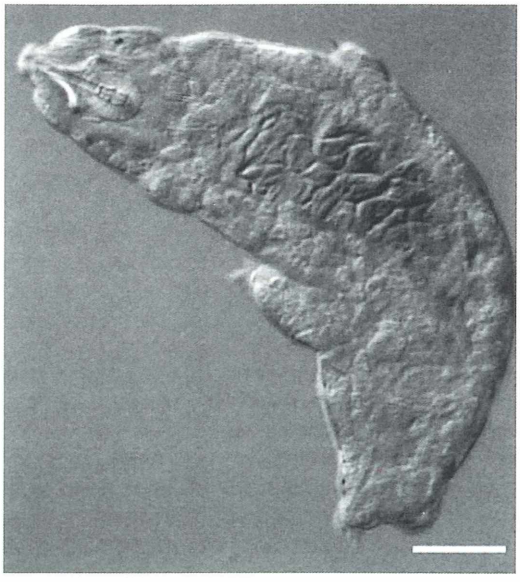


Abb. 1: Aktiver *Macrobiotus hufelandi*. Häufige, moosbewohnende Tardigraden-Art. Differentieller Interferenzkontrast. Balken 50 µm.

1. Die bis heute ungeklärte und umstrittene systematische Stellung der Tardigraden im natürlichen System der Tiere (über dieses Problem soll im nächsten Artikel im Zusammenhang mit dem Bauplan der Tardigraden berichtet werden).
2. Unzureichendes Wissen über die Lebensweise und Biologie der meisten Arten.
3. Die rekordverdächtige Resistenz der Tardigraden gegenüber völliger Austrocknung.

Trocknet das Moos nach einem Regenguß aus, kontrahieren die Tiere, bilden die sog. Tönnchenstadien (Abb. 3), trocknen ebenfalls aus, stellen ihren Stoffwechsel weitgehend ein und sind in diesem Zustand des latenten Lebens (Cryptobiose) widerstandsfähig gegenüber extremer Hitze- und Kälteeinwirkung.

Etwas Wissenschaftsgeschichte

Die Entdeckung, daß moosbewohnende Rädertierchen (Fadenwürmer und Bärtierchen waren noch unbekannt) reversibel eintrocknen können, wobei sie sich zu einer tönnchenartigen Form zusammenziehen können, geht auf den Holländer *Antonie van Leeuwenhoek* zurück. 1702 berichtet er in einer Mitteilung an die Royal Society über „*certain animalcules found in the sediment on the roofs of houses ... I found that when all the water was evaporated so that the creature was no longer covered with water, nor could move itself as usual, it then contracted itself into an oval figure, and in that state remained, nor could I perceive that the moisture evaporated from is body, for it preserved its oval round shape unhurt.*" Nachdem Leeuwenhoek die getrockneten Organismen wieder mit Wasser bedeckte, beobachtete er: „*I stirred the whole about, and perceived some of the animalcules lying close together. In a short time afterward they began to*

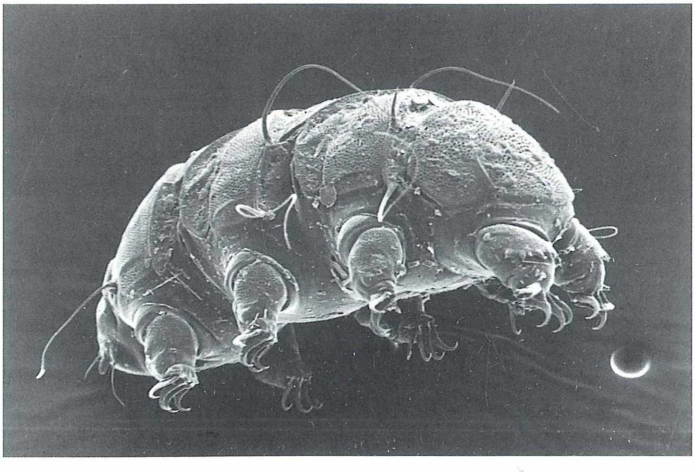


Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des moosbewohnenden Tardigraden *Echiniscus testudo*. Bildbreite 600 µm.

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

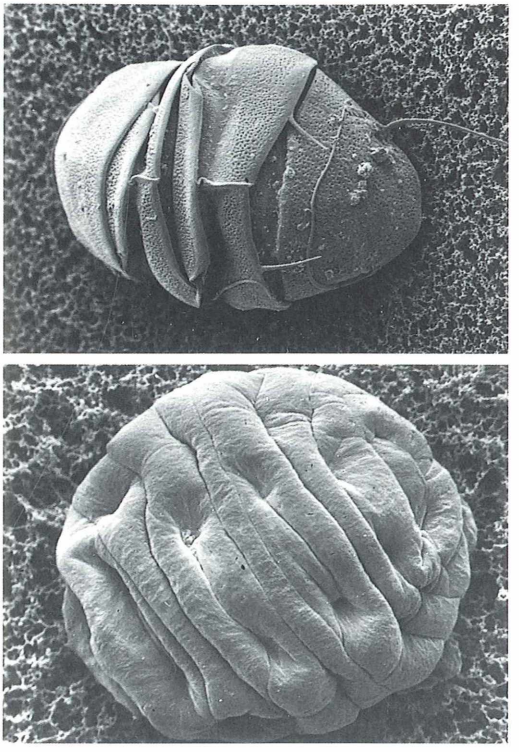


Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Tönnchenstadien von *Echiniscus testudo* (oben) und *Macrobiotus hufelandi* (unten). Bildbreite: oben 250 µm, unten 150 µm.

extend their bodies, and in half an hour at least a hundred of them were swimming about the glass".

Leeuwenhoek schlug niemals vor, daß die von ihm beschriebenen Organismen vollständig austrocknen, obwohl er beobachtete, daß sie mehrere Monate lang trocken aufbewahrt werden können, ohne irgendwelche Lebensäußerungen zu zeigen. Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen brachte er nie die für kirchliche Augen konfliktträchtigen Konzepte Leben, latentes Leben, Tot und Wiederbelebung in die Diskussion wie einige spätere Autoren. Leeuwenhoeks Entdeckung beeindruckte seine Zeitgenossen nicht und geriet in Vergessenheit.

Etwa 70 Jahre später wiederholte *Felice Fontana* (1720–1805; Direktor des Naturgeschichtlichen Museums in Florenz) die Experimente Leeuwenhoeks und bestätigte sie: „*I have since found a number of small animals, either on the tops of houses, in earth or in water, which in the same way, alternately lose and recover the use of their organs, on being dried and afterwards returned again into water. I purpose speaking of these little prodigies in a work apart to be entitled. 'On the Life and Apparent Death of Animals'*" (diese Arbeit wurde nie publiziert).

Etwa zur gleichen Zeit beschäftigte sich auch Lazzaro Spallanzani (1729–1799; Professor für Naturgeschichte an der Universität Paris) mit diesem Phänomen. Er schreibt über seine Experimente mit Tardigraden in der Arbeit „*Observations and experiments upon some singular animals which may be killed and revived*" (1776) (aus einer Übersetzung ins Englische von 1803): „... *there are other animalcula which, notwithstanding they inhibit infusions, are so much distinguished and privileged by nature, so to enjoy the advantage of real resurrection after death. ... An animal, which revives after death, and within certain limits, revives as often as we please, is a phenomenon, as incredible as it seems improbable and paradoxical*". Spallanzani experimentierte auch bereits mit den Trockenstadien der Rädertierchen. So berichtet er, daß aktiv lebenstätige Tiere starben, wenn man sie über 45 °C erwärmte, ausgetrocknete Tier jedoch Temperaturen bis zu +73 °C bzw. –24 °C überlebten.

Heute wissen wir insbesonders durch die systematischen Experimente, die in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts durch den Benediktinerpater G. Rahm durchgeführt wurden, daß die Trockenstadien von Tardigraden kurzzeitiges Erhitzen auf bis zu 125 °C und Abkühlung in die Nähe des absoluten Nullpunkts (–273 °C) überlebten. Wir werden uns noch zu fragen haben, wie dieses biochemisch möglich ist.

Nun, die Schlußfolgerungen Spallanzanis wurden bei weitem nicht von all seinen Zeitgenossen akzeptiert. Ein entschiedener Gegner des Konzepts eines Wiederauflebens toter Trockenstadien war der berühmte Protozoologe Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876). Seiner Ansicht nach waren die Trockenstadien nur Scheintod – ihre Lebensprozesse nur stark verlangsamt – ein Konzept, das unseren heutigen Ansichten sehr nahe kommt. Aufgrund der großen Autorität Ehrenbergs wurden seine Ansichten von vielen Zeitgenossen akzeptiert. In der Mitte des vorigen

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

Jahrhunderts wurden die Arbeiten an den Trockenstadien mit Tardigraden von L. Doyère wieder aufgenommen. In seiner Arbeit *„The faculty which possess tardigrades, rotifers, anguillules of the roofs, and certain other animalcules, of returning to life after beeing completely desiccated"* vertritt er die sehr moderne Auffassung, daß in den Trockenstadien die molekulare Ordnung der Biomoleküle und Gewebe erhalten bleibt. Doyéres Arbeiten gerieten fast 20 Jahre lang in Vergessenheit. Dann entwickelte sich, etwa 1860 im Schlepptau der kontroversen Diskussion um die Urzeugungstheorie an der französischen Akademie der Wissenschaften in Paris, eine heftige Auseinandersetzung zwischen Doyère und Felix Pouchet (1800–1872), dem Direktor des Naturhistorischen Museums und des Botanischen Gartens in Rouen und Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Pouchet behauptete, daß kein Organismus zum aktiven Leben zurückkehren kann, wenn alle Lebensprozesse zum Stillstand gekommen sind. Die französische Akademie der Wissenschaften war schnell in zwei Lager gespalten: Resurrektionisten und Anti-Ressurektionisten. Pouchet war ein Vertreter der Urzeugungstheorie, der auch mit Trockenstadien von Tardigraden experimentierte, jedoch zu ganz anderen Ergebnissen als Doyère kam. Die französische Biologische Gesellschaft mußte zur Klärung der Kontroverse 1859 eine Schiedskommission einsetzen, welcher u. a. der berühmte Protozoologe Edouard Gerard Balbiani und der Anthropologe Paul Broca angehörten. Die Kommission wiederholte die Experimente Doyères und Pouchets. In einem 60.000 Worte umfassenden Abschlußbericht, der als *Broca's Report* bekannt ist, wurden Doyères Arbeiten bestätigt. Der Bericht stellt auch fest, daß die früheren Arbeiten *Needhams, Bakers* und *Fontanas* stark durch die kirchliche Aufmerksamkeit beeinträchtigt waren, da diese Forscher die Zensur oder sogar den Ausschluß aus der Kirche befürchteten.

Neuere Erkenntnisse

Was wissen wir heute über die erstaunliche Fähigkeit vieler Rotatorien und Tardigraden, auszutrocknen und nach dem Wiederbefeuchten zu aktivem Leben zurückzukehren? Wir wissen vor allen Dingen, daß die Lebensvorgänge in den Trockenstadien fast unmeßbar langsam ablaufen, daß die Tiere also keinesfalls tot sind. – Der britische Biochemiker David Keilin prägte 1959 für den Zustand des latenten Lebens den Ausdruck Cryptobiose für die Trockenstadien all derjenigen Organismen, die „trockene" oder anhydrobiotische Dauerstadien bilden können. Hierzu zählen zwei Kategorien lebender Systeme:

1. Tierische und pflanzliche Organismen, die nur zu bestimmten Stadien ihres Lebenszyklus Cryptobiose zeigen: Sporen von Bakterien und Pilzen, Samen höherer Pflanzen, die sog. Wintereier mancher Krebse, z. B. des Salinenkrebses *Artemia salina*.
2. Organismen, die zu allen Zeiten ihres Lebenszyklus cryptobiotische Stadien bilden können. Hierzu zählen manche Rotatorien, Nematoden und Tardigraden.

Man weiß nicht genau, wie lange cryptobiotische Organismen überleben können. Für Nematoden sind 39 Jahre belegt, für Tardigraden 120 Jahre. Rekordhalter sind die Samen der Lotusblume, die, das ist offenbar belegt, 1000 Jahre keimfähig geblieben sind.

Wie steht es um die strukturelle Integrität der cryptobiotschen Trockenstadien? Zeigen die Trockenstadien noch Stoffwechselaktivität?

Elektronenmikroskopische Untersuchungen zeigten, daß die Gewebe und Zellen in den Trockenstadien von Rotatorien und Tardigraden unverändert bleiben (Walz, 1979). Mit anderen Worten: Die Zellorganellen sind bis in molekulare Dimensionen „mumifiziert". Der Stoffwechsel cryptobiotischer Tardigraden wurde in den fünfziger Jahren von den polnischen Wissenschaftlern A. Pigon und B. Weglarska an der Jagellonischen Universität Krakau in einer Serie eleganter Experimente gemessen. Diese beiden Wissenschaftler fanden, daß die Trokenstadien auch bei sehr geringer Luftfeuchtigkeit zwar sehr wenig, aber noch meßbar Sauerstoff verbrauchten.

Wie steht es mit den biochemischen Anpassungen? Alle Lebensprozesse setzen das Vorhandensein von Wasser voraus. Stoffwechsel und die strukturelle Integrität der Biomoleküle sind ohne Wasser nicht möglich. Eiweiße und Phospholipide, welche biologische Membranen aufbauen, benötigen auch zur Aufrechterhaltung ihrer natürlichen, funktionsfähigen Struktur Wassermoleküle. Wir wissen, daß der Austrocknungsprozeß langsam erfolgen muß. Eine Voraussetzung hierfür ist, daß die Tiere sich

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

während der Austrocknung zu den typischen Trockenstadien (Tönnchen, Abb. 3) kontrahieren können. Die Tönnchenstadien verlieren ihr Wasser sehr langsam. Der Grund für die Notwendigkeit einer langsamen Austrocknung liegt darin, daß sich die Tiere biochemisch auf die Trocknung der Zellen vorbereiten müssen. Wir wissen heute, daß alle anhydrobiotischen Stadien im Verlauf des Trocknungsprozesses u. a. das Disaccarid Trehalose synthetisieren. Trehalose kann im Verlauf der Austrocknung Wassermoleküle in der Hydrathülle der Proteine und Phospholipide teilweise ersetzen und die Denaturierung der Proteine verhindern. Auch Membranen werden durch Trehalose stabilisiert. Trehalose und einige andere Substanzen mit ähnlichen protektiven Eigenschaften werden als kompatible Solute bezeichnet. Ihre Bildung im Verlauf des Austrocknungsprozesses cryptobiotischer Trockenstadien scheint bei Pro- und Eukaryonten ein universelles Prinzip zu sein.

Literaturhinweise

Crowe, J. H., Hoekstra, F. A., Crowe, L. M.: Anhydrobiosis. Annu. Rev. Physiol. *54*, 579–599 (1992).

Greven, H.: Bärtierchen. Neue Brehm Bücherei, Ziemsen Verlag 1980.

Kaeser, C.: Tardigraden – niedlich, bärig und immer schön langsam. Mikrokosmos *85*, 371–375 (1996).

Keilin, D.: The problem of anabiosis or latent life: history and current concepts. Proc. R. Soc. Lond. *B 150*, 149–191 (1959).

Marcus, E.: Tardigrada. In Klassen und Ordnungen des Tierreichs (Bronn, H. G., ed.), Bd. 5, Abtlg. IV, Buch 3. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1929.

Walz B.: The morphology of cells and cell organelles in the anhydrobiotic tardigrade, *Macrobiotus hufelandi*. Protoplasma *99*, 19–30 (1979).

Verfasser: Prof. Dr. Bernd Walz, Universität Potsdam, Institut für Zoophysiologie und Zellbiologie, Lennéstraße 7a, D-14471 Potsdam

Aus der Industrie

Die neuen Olympus-Mikroskope der C-Serie: Kurs- und Labormikroskope

Mit der Einführung der neuen Mikroskope CH30, CH40 und CX40 hat Olympus konsequent die Linie weitergeführt, die mit den Routine- und Forschungsmikroskopen der Serien BX, IX und AX ins Leben gerufen wurde. Neben der Ergonomie wurde bei der Konstruktion dieser Mikroskope besonderer Wert gelegt auf die robuste und standfeste Ausführung. Somit sind sie hervorragend geeignet für den Einsatz als Kursmikroskope.

Um die Studierenden mit allen wichtigen mikroskopischen Verfahren vertraut zu machen, bieten das CH30, CH40 und CX40 neben dem Hellfeld ebenfalls die Kontrastverfahren Phasenkontrast, Dunkelfeld und Polarisation an. In Verbindung mit der Möglichkeit, an allen Geräten die köhlerbare Beleuchtung zu demonstrieren, bleibt keine Anforderung an die Ausbildung unerfüllt.

Während beim CH30 und CH40 die bewährten Objektive der Olympus LB-Serie zum Einsatz kommen, wartet das CX40 mit einer Besonderheit auf: Hier finden sich die unendlich korrigierten Objektive der Olympus UIS-Serie, die mittlerweile in der ganzen Welt einen herausragenden Ruf in der Routine- und Forschungsmikroskopie genießen.

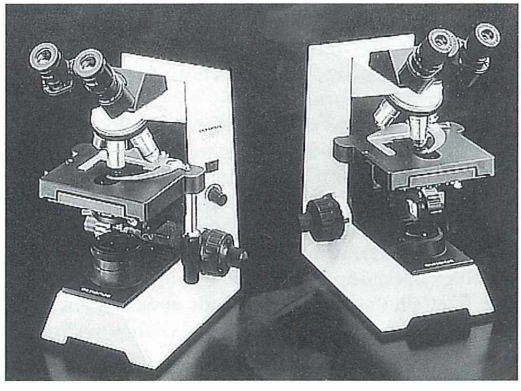


Abb. 1: Olympus-Mikroskope der C-Serie.

Das Zubehörprogramm für das CH30, CH40 und CX40 läßt keinerlei Wünsche offen. Es umfaßt unter anderem verschiedene Kondensoren für Hellfeld, Dunkelfeld und Phasenkontrast, mehrere Beobachtungstuben, zum Beispiel für die Foto und Videodokumentation, sowie diverse Okulare mit Sehfeldzahl 18 oder 20. Auch eine Mitbeobachtereinrichtung und ein Zeichentubus sind verfügbar.

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

Buchbesprechungen

Hahn, H., Michaelsen, I.: Mikroskopische Diagnostik pflanzlicher Nahrungs-, Genuß- und Futtermittel einschließlich Gewürze. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1996, 174 Seiten, 84 Abbildungen in 256 Einzeldarstellungen, broschiert, DM 48,00, ISBN 3-540-60052-3

Lebensmittel und zumal Nahrungsprodukte pflanzlicher Herkunft haben nicht nur einen besonderen diätetischen oder kulinarischen Wert. Man kann sie qualitativ auch an ihren mikroskopischen Strukturen erkennen und zuordnen. So ist das Mikroskop in der Diagnostik und Qualitätskontrolle pflanzlicher Produkte ein völlig unentbehrliches Instrument. Außerdem verspricht die eigene Untersuchung pflanzlicher Lebens- oder Genußmittel dem Mikroskopiker besonders themenreiche und interessante Betätigungsfelder.
Das vorliegende Werk bietet eine praxisorientierte und aus reicher Erfahrung gewonnene Zusammenstellung der mikroskopischen Untersuchungstechniken und Merkmale wichtiger Nutzpflanzengruppen, von den Karyopsen der Getreide über Hülsenfrüchte, öl- und fettliefernde Samen oder Früchte, stärke- und zuckerhaltige Wurzeln und Knollen bis hin zu Gewürzen, Küchenkräutern und Obst – eine umfassende Revue wichtiger Pflanzenteile und ihrer Handelsprodukte, mit denen wir täglich umgehen. Jedes Teilkapitel gibt detaillierte Hinweise zur Präparation und Untersuchung (z. B. Schnittführung, empfohlene Färbeverfahren) und führt die mikroskopisch wichtigen Erkennungs- oder Strukturmerkmale in übersichtlichen, erläuternden Bildtafeln mit Strichzeichnungen auf. Ein vorzügliches und gerade wegen seiner guten Handhabbarkeit sehr empfehlenswertes Werk für die mikroskopische Arbeit oder Untersuchungspraxis.

Bruno P. Kremer, Köln

Schwantes, H. O.: Biologie der Pilze. Eine Einführung in die angewandte Mykologie. UTB 1871, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1996, 478 Seiten, 60 Abbildungen, 29 Tabellen, broschiert, DM 42,80, ISBN 3-8252-1871-6

Pilze wirken mit ihren oft als geheimnisvoll erscheinenden Fähigkeiten sehr im Verborgenen und sind folglich ein geradezu klassisches Themenfeld für die mikroskopische Untersuchungspraxis. Ihre enorme typologische Spannweite unterschiedlicher Baupläne und Lebensweisen verlangt nach einer hilfreichen, ordnenden Übersicht und Darstellung zum Lernen oder Nachschlagen. Diese bietet das vorliegende Werk kompetent und umfassend an. Es widmet sich nur zu rund einem Drittel der Pilzsystematik und behandelt auf etwa 300 Seiten um so eingehender Themen wie Thallusstruktur, Vermehrung, Lebensansprüche und Sekundärstoffwechsel. Die Bereiche „Pilze und Umwelt" oder „Pilzsoziologie" sind dagegen auf nur wenige Seiten zusammengedrängt und eher nachrichtlich dargestellt. Angesichts des relativ kleinen und nicht allzu lesefreundlichen Schriftgrades ist die dargebotene Information auch rein quantitativ beträchtlich und auch hinreichend aktuell (Recherchenstand nach Literaturverzeichnis: 1992). Die Übersichten und Teilthemen greifen fallweise viele interessante Facetten aus der Biologie der Pilze oder ihrer praktischen Bedeutung auf (z. B. Allergien, Laborkultur, Nahrungsmittelproduktion). Einen angemessenen Raum nimmt die Diskussion darüber ein, daß Pilze nach modernem Verständnis ein eigenes Organismenreich bilden. Völlig unbefriedigend sind dagegen die eher spärlich eingestreuten, viel zu klein geratenen oder fallweise sehr ungelenken Zeichnungen. Klar lesbare und professionell ausgeführte Schemata hätten den Gebrauchswert dieses Werkes zweifellos sehr erhöht.

Thomas Waßmann, Bonn

Fey, J. M.: Biologie am Bach – Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz. Quelle & Meyer, Wiesbaden, 1996, 187 Seiten und 8 Farbtafeln, broschiert, DM 36,90, ISBN 3-494-01220-2

Dieses Buch ist aus der Praxis entstanden, indem der Autor die verschiedenen biologisch-ökologischen Erkenntnisse, die er aus zahlreichen Lehrerfortbildungsveranstaltungen zum Thema „Der Bach" hat gewinnen können, zusammengefaßt hat. Der Stoff ist in fünf Kapitel (mit umfangmäßig unterschiedlicher Gewichtung) untergliedert: Vorbereitung und Methodik (21 Seiten); Der Bach und sein Umfeld (1 Seite); Pflanzen am Bach (47 Seiten); Tiere im und am Bach (75 Seiten); Spezielle Bachthemen (25 Seiten). Erwartungsgemäß sind die Themen insbesondere im Hinblick auf die Bearbeitung im schulischen Rahmen aufbereitet, indem sehr viele Hinweise, Ratschläge und Beobachtungsanregungen gegeben werden. Insgesamt liegt ein erfreuliches, da ansprechendes und motivierendes Buch vor. Für die MIKROKOSMOS-Leser ist es allerdings bedauerlich, daß die mikroskopische Dimension bis auf ganz rare Ausnahmen keine Berücksichtigung gefunden hat.

Klaus Hausmann, Berlin

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

Aus den Arbeitsgemeinschaften

Mikrographische Gesellschaft Wien

Programm April bis September 1997

1. 4.: Osterferien
8. 4.: Prof. Peter Schulz: Botanischer Präparationsabend
15. 4.: Ing. Konrad Liebeswar: Botanische Kuriositäten (Präparationsabend)
22. 4.: Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Starmühlner: Forschungsreise nach Taiwan und Süd-Korea (mit Dias und Tonbandbeispielen)
29. 4.: Vorweisungsabend. Die Mitglieder der Gesellschaft werden ersucht, Präparate zur Besprechung mit der Mikroskop-Videoeinrichtung mitzubringen.
6. 5.: Friedrich Wertl: Botanischer Präparationsabend
13. 5.: Alfred Schultes: Die Anatomie der Stubenfliege (Mikro-Dias-Abend)
20. 5.: Pfingstferien
27. 5.: Hermann Hochmeier: Diatomeen (Präparationsabend)
3. 6.: Lothar Sandmann: 3D-Dias-Show
10. 6.: Friedrich Posch: Nanofossilien (Präparationsabend)
17. 6.: Leopold Schweighofer: Botanischer Präparationsabend
24. 6.: Urlaubsvorbereitungen, Berichte, Vorweisungen

Im Juli und August bleiben die Räume der Gesellschaft geschlossen!

2. 9.: Mikroprojektion: Besprechung von Präparaten, Kurzvorträge, Vorweisungen und Berichte
9.9.: Dr. Gabriele Hrauda: Streifzüge durch die Evolution (mit Dias)
16. 9.: Anton Losert: Histologischer Präparationsabend
23. 9.: Mag. Walter Ruppert: Unterwasserbiotope der Welt (mit Dias)
30. 9.: Georg Sverak: Diamanten – Ihre Entstehung und ihre Nachahmung (mit Video-Film und Dias)

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

Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken

Die Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken lädt zum 25. Treffen am 19. April 1997 im BIO-Zentrum der Universität Würzburg in Gerbrunn ein.

Programm

1. Auflichtmikroskopie in der Paläobotanik und Petrologie
2. Schmelzpräparate für die Polarisationsmikroskopie
3. Herstellung von Dünnschliffen
4. Wasserimmersionen
5. Schleimpilze
6. Einblicke in das 3D-REM

Beginn pünktlich um 10 Uhr! Bitte den letzten Parkplatz aufsuchen.

Neue Interessenten sollten sich melden bei:
K. H. Orlishausen, Friedhofstr. 5, 96215 Lichtenfels, Tel.: 09571/3477.

Mikro-Markt

Kleinanzeigen im MIKRO-MARKT kosten DM 20,– (bis 4 Zeilen); jede weitere Zeile DM 5,–. Chiffregebühr DM 5,–. Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an den: GUSTAV FISCHER VERLAG, Frau S. Schröter, Postfach 10 05 37, 07705 Jena

Verkaufe: 2 gleichwertige Meopta-Stative mit sehr reichhaltigem Zubehör (Okulare, Objektive, Kondensoren, Phako, große Pol-Einrichtung, Aufsicht + Durchsicht, Tuben etc.). Preis VS.
Tel. 06421/16 26 18

Liebhaberstück: **Leica M1** KB-Kameragehäuse mit Leitz **„MIKAS"** Fotoadapter m. Einstellfernrohr und eigenem Verschluß, für Okulare bis 25 mm Durchm., 1500,– DM VHB,
Tel. 0421/45 25 39

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

Ich biete zu günstigen Konditionen Zeiss und Leitz Optiken und Zubehör an. Biete schönes Will Stativ für 1100,– DM an. Suche Olympus Optiken und Zubehör. Auch an Tausch mit Präparaten (Botanik, Geologie etc.) interessiert. Chiffre 197-1

Biete zu günstigen Konditionen Zeiss unendlich Optik an. Chiffre 197-2

Mikroskopische Präparate aus Zoologie und Botanik in **bester Qualität direkt vom Hersteller.** Wir liefern auch **Semi-Dünnschnitte** (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

VERKAUFE: Exkursionsmikroskop 150,–, fabrikneues Mikr. (Binok.tub., eingeb. regelb. Bel., Mikroblitz, einf. Ok.kamera) 1200,–; 15 dekor. Orig.mikrofotos (17×27) von mehrfach. Preisträger mit Text (Prospekt anfordern) 90,–; Invers. Forschungsmikr. (IMT, Olympus), Phototub., Hellfeld, Phase (HF-Obj. verwendbar!) Zubehör. Kaum benutzt. 4500,–. Tel. 030/4 31 59 09

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

Neuerscheinung: **Wanzen und Zikaden**, nach Farbfotos erkannt. 182 Seiten, 302 Fotos, DM 28,–. Zu beziehen beim Fauna-Verlag, Eichenweg 8, 85757 Karlsfeld.

Verkaufe großes Leitz-Metallmikroskop MM 5 px für Oberflächenbetrachtung und Fotografie, mit Xenonlampe 450 W, Binokulartubus, Planobjektive, kugelgelagerter Drehtisch, Projektionseinrichtung 340 mm, Arbeitstisch, Vorschaltgerät. Näheres auf Anfrage, Max Dorsch, Kaipershof 14, D-96047 Bamberg, Tel. 0951/20 25 43.

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

Impressum

Verlag: Gustav Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Postfach 10 05 37, D - 07705 Jena; Telefon 0 36 41/62 63, Fax 0 36 41/62 65 00.

Herausgeber: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Zoologisches Institut der Freien Universität, Königin-Luise-Str. 1–3, 14195 Berlin, und Dr. Bruno P. Kremer, Johann-Henk-Str. 35a, 53343 Wachtberg.

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

Druck und Buchbinderei: Gulde-Druck GmbH, Tübingen.

Anzeigen: Gustav Fischer Verlag, Anzeigenleitung Frau S. Schröter, Postfach 10 05 37, D - 07705 Jena; Telefon 0 36 41/62 64 28, Fax 0 36 41/62 65 00. Die Preisliste vom 01. 10. 1994 ist gültig.

Vertrieb: SFG-Servicecenter Fachverlage, Niederlassung Jena, Frau B. Dressler, Villengang 2, 07745 Jena, Telefon 0 36 41/62 64 44, Fax 0 36 41/62 64 43.

Erscheinungsweise (1997): 1 Jahrgang mit 6 Heften.

Zeitschriftenpreise (1997): 112,– DM / 818,– ÖS / 108,– SFr (zuzüglich Versandkosten); Einzelheftpreis 23,– DM / 168,– ÖS / 22,50 SFr (zuzüglich Versandkosten); Vorzugspreis für Schüler und Studenten 79,– DM / 577,– ÖS / 76,– SFr (zuzüglich Versandkosten). Folgende Kreditkarten werden zur Zahlung akzeptiert: Visa / Eurocard / Mastercard / American Express (Bitte Kartennummer und Gültigkeitsdauer angeben).

Bezugshinweise: Ihre Bestellung richten Sie bitte an Ihre Fachbuchhandlung, Ihren Grossisten oder direkt an den Verlag. Das Abonnement gilt bis auf Widerruf oder wird auf Wunsch befristet. Die Lieferung der Zeitschrift wird fortgesetzt, wenn sie nicht bis zum 31. 10. eines Jahres abbestellt wird.

Bankverbindungen: Postbank Leipzig, Konto-Nr. 149 249-903, BLZ 860 100 90; Deutsche Bank Jena, Konto-Nr. 390 765 600, BLZ 820 700 00; Commerzbank AG, Filiale Jena, Konto-Nr. 2 581 122, BLZ 820 400 00.

Urheberrecht: 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 eine 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.

Printed in Germany © Gustav Fischer Verlag 1997

Hinweise für Autoren

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

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

2. Die Redaktion bittet, Manuskripte grundsätzlich nur auf einseitig beschriebenen, fortlaufend 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. Soweit 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).

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

Mikrokosmos
Heft 1/97
1 Bote(6)
300229
Bibliothek des OO.Landesmuseum
Museumstraße 14
4020 Linz

Die Zelle

- Atlas der Ultrastruktur -

Von Prof. Dr. Joachim UDE, Jena,
und Dr. Michael KOCH, Jena

2., völlig neubearb. und erweiterte Auflage. 1994. 309 S., mit 238 elektronenmikroskopischen Aufnahmen, 43 Farbtafeln, 52 zweifarbigen Textabbildungen und 4 Tab., 17 x 24 cm, kt. DM 78,-
ISBN 3-334-60532-9

Für jeden, der sich mit biologischen Problemen beschäftigt, ist die Kenntnis der Ultrastruktur der Zelle und ihrer Elemente eine unabdingbare Notwendigkeit, wird doch erst durch die Synthese von Struktur und Funktion ein Gesamtsystem voll verständlich.
Tiefe Einblicke in die morphologischen Dimensionen der makromolekularen Elemente hat erst das Elektronenmikroskop erschlossen und damit die biochemischen, physiologischen und molekularbiologischen Sachverhalte leichter verständlich gemacht.
Nach einer Einführung in die apparativen Grundlagen folgt im zweiten Teil des Buches die Beschreibung der submikroskopischen Morphologie der Zellorganelle, im dritten Teil wird das Gesamtsystem an ausgewählten Zellformen der vier Grundgewebearten (von Tieren) erläutert.

GUSTAV
FISCHER

Preisänderungen vorbehalten

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 86_1

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 86_1 1