



Klaus Hausmann

Einzeller

Mikroskopisch kleine Multitalente



Schweizerbart

Klaus Hausmann

Einzeller

Mikroskopisch kleine
Multitalente



Schweizerbart Science Publishers • 2024

Klaus Hausmann
Einzeller – Mikroskopisch kleine Multitalente



Adresse des Autors:
Prof. a. D. Dr. Klaus Hausmann
ehemals Freie Universität Berlin
Institut für Zoologie / Protozoologie
privat: Rothenburgstr. 27b, 12165 Berlin

*Gerne nehmen wir Ihre Hinweise zum Inhalt und Bemerkungen zu diesem Buch entgegen:
editors@schweizerbart.de*

Umschlagbild Vorderseite:
Schwach vergrößerte Planktonprobe mit zahlreichen Einzellern (Foto: Eckhard Völcker, Berlin)

Umschlagbilder Rückseite:
links: Termitenflagellaten (Foto: Klaus Hausmann, Berlin)
Mitte: Rekonstruktion eines Axonems (3D-Grafik: Michael Gradias, Wolfenbüttel)
rechts: Ciliat *Trithigmostomum* (Foto: Gerd Günther, Düsseldorf)

1. Auflage 2024

ISBN 978-3-510-65556-4
Informationen zu diesem Titel: schweizerbart.de/9783510655564

© 2024 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, Germany

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Verlag: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller)
Johannesstraße 3A, 70176 Stuttgart, Germany

mail@schweizerbart.de, www.schweizerbart.de

♾ Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

Layout und Typographie: Schweizerbart
Printed in Poland by Totem, Inowroclaw

**Der Welten Kleines auch ist wunderbar und groß,
und aus dem Kleinen bauen sich die Welten**

(Christian Gottfried Ehrenberg, 1795–1876)

Leseprobe

Leseprobe

Inhalt

Vorwort	IX
Vorstoß in den Mikrokosmos	
Prokaryoten – Eukaryoten	1
Antoni van Leeuwenhoek, ein begnadeter Dilettant	3
Christian Gottfried Ehrenberg, ein Visionär	5
Dimensionen	7
Untersuchungsmethoden	8
Lebensräume	
Neuston – Benthos – Plankton	12
Edaphon – Solekanäle – Aeroplankton	13
Einzellerleben in Einzellern	15
Einzellerleben in Vielzellern	18
Mitreisende	22
Morphologie und Ultrastruktur	
Amöben	25
Flagellaten	29
Ciliaten	31
Bewegung	
Amöboide Bewegung	38
Flagellen- und Cilienbewegung	40
Plasmaströmungen	45
Metabolie – Gleiten	45
Kontraktionen – Körperverformungen	50
Nahrungserwerb	
Nahrungserwerb durch Pseudopodien	56
Nahrungserwerb durch Cilien und Flagellen	63
Nahrungserwerb über Mundapparate	65
Beuteerwerb durch Extrusome	72
Unkontrollierter Nahrungserwerb	79
Verdauen und Ausscheiden	
Nahrungsaufschluss	81
Ausscheidung	86

Vermehrung – Fortpflanzung – Lebenszyklen	
Asexuelle Vermehrung	88
Sexuelle Fortpflanzung	92
Lebenszyklen	94
Zurechtfinden in der Umwelt	
Osmoregulation	103
Taxien	107
Verbreitung	
Alles-ist-überall <i>versus</i> Endemismus	116
Algenblüten	116
Einzeller als Baumeister	
Schuppen	125
Gehäuse	131
Skelette	142
Einzeller als Vorbild	
für Bioniker	149
für Künstler	150
Einzeller für Jedermann	
Erschließung des Mikrokosmos für breitere Volksschichten	168
Mikroskopikervereinigungen	171
Schlussbetrachtung	173
Glossar	176
Literaturverzeichnis	181
Danksagungen	182
Bildquellen	183
Index	184

Vorwort

Der Anstoß zu diesem Buch erfolgte während einer mehrwöchigen Nil-Schiffahrt mit dem Fokus auf die ägyptische Antike. Mein Tischnachbar, ein hochbeagter Pensionär, der in seinem Berufsleben als Ingenieur in der Entwicklung von Kampfflugzeugen tätig war, sowie ich, der Protistologe im Ruhestand, führten oft angeregte Gespräche über Alltägliches, aber auch über Besonderheiten aus unseren ehemaligen beruflichen Tätigkeitsfeldern.

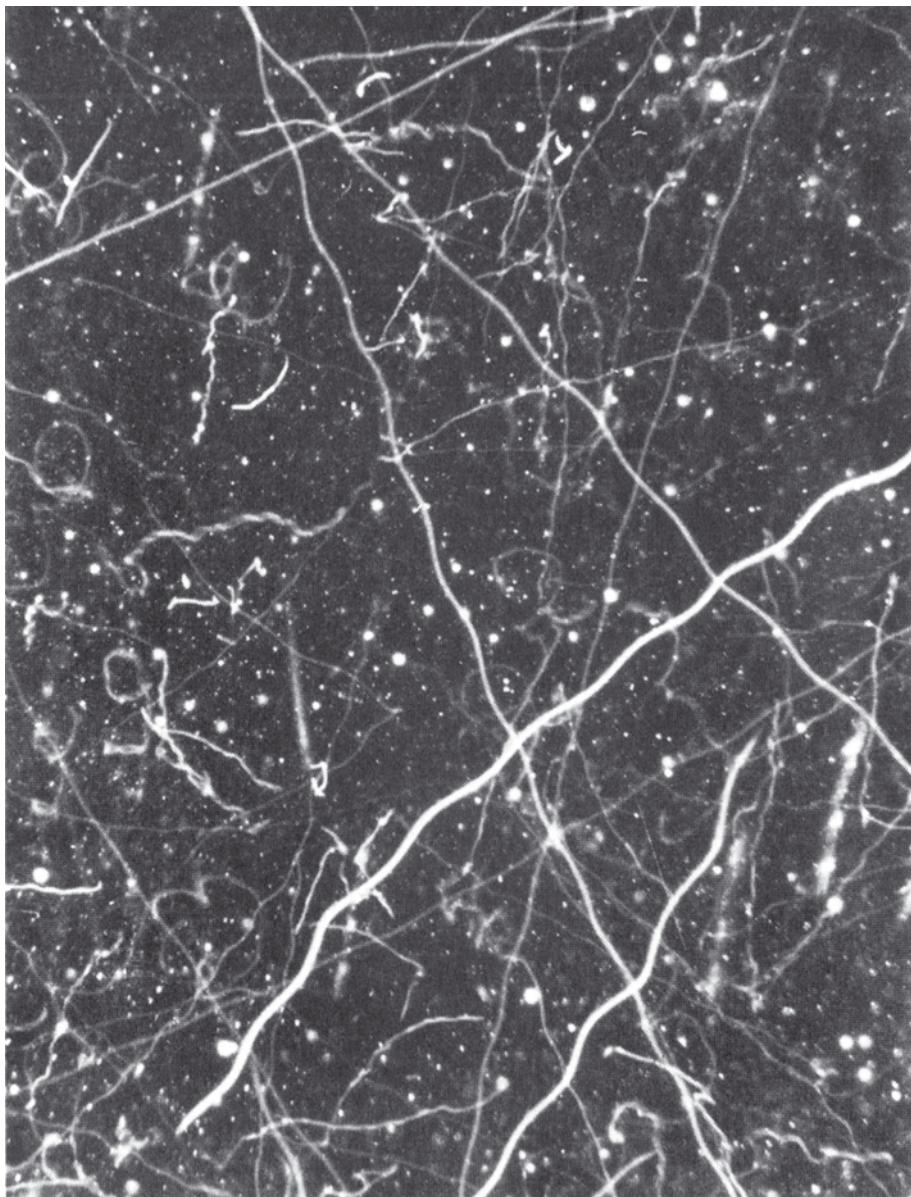
Er versuchte mir für ihn offenbar einfachste physikalische Zusammenhänge zu erklären, die beispielsweise beim Abbremsen eines Kampfflugzeugs berücksichtigt werden müssen. Seine Ausführungen brachten mich oft genug an den Rand meines Verständnisvermögens. Er hingegen kam bisweilen kaum aus dem Staunen über die große Palette des Könnens einzelliger Lebewesen heraus, von dem ich ihm zu berichten wusste. So vernahm er von mir, dass das Pantoffeltier *Paramaecium* – vier davon hintereinandergelegt ergeben gerade maximal einen Millimeter – mit über 10.000 Wimpern (heute weiß ich, dass es sogar um die 20.000 sind) ausgestattet ist, die so koordiniert schlagen, dass daraus ein gezieltes Vorwärts- oder Rückwärtsschwimmen resultiert, gesteuert von einer einzigen Zelle. Derartige für mich selbstverständliche Fakten waren für ihn vielfach kaum vorstellbar.

Wegen seines hin und wieder fast ungläubigen Sich-Wunderns und seiner gleichzeitig großen Wissbegier ließ mein Tischnachbar in mir den Entschluss reifen, für einen den Einzellern nicht so nahe stehenden Interessentenkreis erstaunliche Sachverhalte über eukaryotische Einzeller zusammenzustellen und sie in einer auch für Nichtspezialisten verständlichen Sprache zu erklären. Dabei konzentrierte ich mich allerdings in erster Linie auf die freilebenden Protisten. Denn die nicht zuletzt wegen ihrer bisweilen bizarren Befallsstrategien und sehr komplexen Lebenszyklen ausgesprochen interessanten einzelligen Krankheitserreger bieten genügend Stoff für ein eigenes Buch.

Den Lesern wünsche ich, dass sie möglichst oft darüber staunen, was sie über die facettenreiche Biologie der einzelligen Lebewesen unseres Mikrokosmos erfahren können.

Berlin, Frühjahr 2024

Klaus Hausmann



Schwimmspuren zahlreicher Einzeller,
sichtbar gemacht durch fotografische Dunkelfeld-Langzeitbelichtung. (KH)

Vorstoß in den Mikrokosmos

Das Anliegen dieser Zusammenstellung ist es nicht, einen Gesamtüberblick der Biologie von Protisten zu vermitteln. Es geht vielmehr darum, aufzuzeigen, wie komplex einzellige Wesen aufgebaut sind und – soweit möglich – kausal zu erklären, zu welch teilweise erstaunlichen Leistungen die aus einer einzigen Zelle bestehenden Protisten befähigt sind, wozu Vielzeller nicht nur außerordentlich zahlreiche, sondern auch sehr unterschiedliche Zellen benötigen. So besteht einer jüngst durchgeföhrten Erhebung zufolge ein erwachsener Mann mit einem Gewicht von 70 Kilogramm aus etwa 36 Billionen Zellen. (Eine Billion ist eine 1 mit 12 Nullen = 1.000.000.000.000.) Bei einer Frau mit 60 Kilogramm sind es 28 Billionen und bei einem 10 jährigen Kind mit 32 Kilogramm 17 Billionen Zellen. Nicht genug damit: Im menschlichen Körper werden 60 Gewebesysteme unterschieden, die sich weiter in 400 Hauptzelltypen und diese in 1265 separate Zellgruppen untergliedern lassen. Demgegenüber stehen die aus nur einer einzigen Zelle bestehenden Protisten, welche die gleichen Kriterien des Lebens erfüllen wie die Vielzeller, nämlich Bewegung, Reizbarkeit, Stoff- und Energiewechsel, Wachstum und Fortpflanzung.

Bevor es *in medias res* geht, müssen vorweg einige Begrifflichkeiten geklärt werden. Eine anschließende Würdigung zweier für die Einzellerkunde maßgeblicher Persönlichkeiten soll ein Gefühl für die historische Dimension der unterdessen über einige Jahrhunderte andauernden wissenschaftlichen Beschäftigung mit einzelligen Organismen vermitteln. Schließlich werden Größenordnungen definiert und wesentliche Mikroskopiermethoden erläutert.

Prokaryoten – Eukaryoten

Dass es einzellige Wesen gibt, dürfte hinlänglich bekannt sein. Dass man diese in die zwei großen Gruppen Prokaryoten (Archaeen, Bakterien) und Eukaryoten (alle anderen Organismen) aufteilt, mag dahingegen vielleicht nicht ganz so geläufig sein. Die Protisten, mit denen sich diese Zusammenstellung beschäftigt, gehören zu den Eukaryoten. Erstaunlich ist, dass alle oben genannten Lebensfunktionen, die in Vielzellen, uns Menschen inbegriffen, von unterschiedlichst differenzierten und damit hocheffektiven Zelltypen geleistet werden, bei einzelligen Lebewesen innerhalb einer einzigen Zelle ablaufen.

Pro- und Eukaryoten unterscheiden sich in erster Linie hinsichtlich ihrer im Detail erst unter Anwendung der Elektronenmikroskopie erkennbaren internen Organisation, wobei, wie die Bezeichnung vermuten lässt, ein wesentliches Unterscheidungskriterium die Organisation des Kernmaterials ist.

Während in den Prokaryoten die Erbsubstanz, also die langen, fadenförmigen DNS-Moleküle (Chromosomen), frei im Plasma in einem relativ transparenten, nicht scharf umrissenen Bereich, der Nukleoid genannt wird, vorliegt (Abb. 1a), ist sie in den Eukaryoten von einer Hülle umgeben und als vielfach kugeliges Gebilde zu erkennen, dem Kern

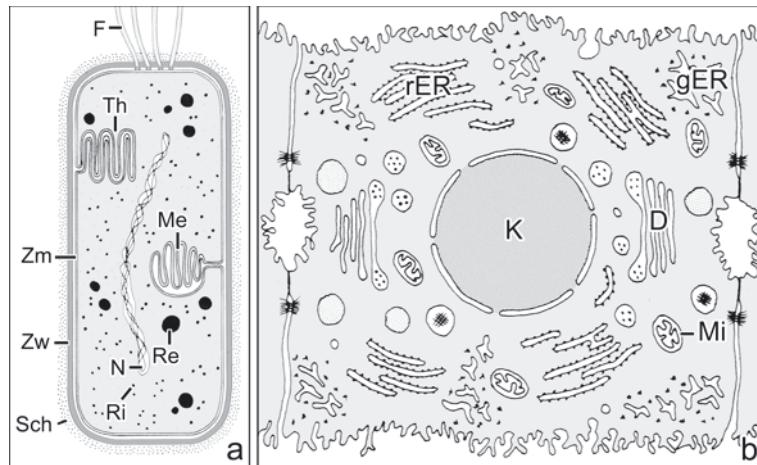


Abb. 1: Vergleich Prokaryoten- mit Eukaryotenzelle. Prokaryoten (a) zeigen ein wenig strukturiertes Inneres, Eukaryoten (b) – Beispiel Leberzelle – verfügen über ein reich kompartimentiertes Cytoplasma (siehe auch Abbildung 33 b). D – Dictyosom, F – Flagellum, gER – glattes endoplasmatisches Retikulum, Me – Mesosom, Mi – Mitochondrium, N – Nukleoid, Re – Reservestoff, rER – raues endoplasmatisches Retikulum, Ri – Ribosom, Sch – Schleimhülle, Th – Thylakoid, Zm – Zellmembran, Zw – Zellwand. (a: EH, b: nach Kleinig und Sitte, 1999)

(Abb. 1b). Darüber hinaus ist das Zellinnere bei den Prokaryoten wenig strukturiert, wohingegen das der Eukaryoten durch vielfältige Strukturelemente, insbesondere durch membrumgrenzte Funktionsräume (Organellen) verschiedenster Art untergliedert ist. Diese Organisationsform wird Kompartimentierung genannt (Abb. 1b, siehe Abb. 33).

Gemäß der Endosymbiontentheorie (griechisch ἔνδον éndon = innen und συμβίωσις symbiosis = Zusammenleben) sind die Eukaryoten im Verlaufe der Evolution aus einer Endosymbiose prokaryotischer Vorläuferorganismen hervorgegangen. Demnach sind chemo- und phototrophe Bakterien von Archaeen (früher Archebakterien genannt, abgeleitet von griechisch ἀρχαῖος archaíos = uralte, ursprünglich) aufgenommen worden, in denen sie sich zu Zellorganellen ihrer Wirtszellen entwickelt haben, darunter Mitochondrien und Plastiden.

Das vorliegende Buch beschäftigt sich ausschließlich mit eukaryotischen Einzellern. In

früheren Zeiten wurden diese Organismen Protozoen (Urtiere) und, wenn sie zur Fotosynthese befähigt waren, Protophyten (Urpflanzen) genannt. In den letzten Dekaden hat sich durch die Anwendung neuer Forschungsmethoden jedoch gezeigt, dass eine derartige Untergliederung nicht sinnvoll ist. Denn es gibt zahlreiche Fälle, in denen ganz eng miteinander verwandte Arten, abgesehen von der Fähigkeit bzw. Unfähigkeit Fotosynthese zu betreiben, nahezu identisch sind. Darüber hinaus fand man heraus, dass im Verlaufe der Evolution hin und wieder ehemals freilebende grüne Einzeller die Fähigkeit zur Fotosynthese verloren haben, aber beispielsweise als nun in anderen Organismen lebende Parasiten immer noch Reste von Chloroplasten aufweisen. So wird heute der neutrale Terminus Protisten (Urwesen, Erstlinge) oder Einzeller bevorzugt. Dabei muss man sich aber darüber im Klaren sein, dass mit Protisten keine taxonomische Kategorie, sondern eine Vielfalt nicht näher

Nahrungserwerb

Für alle Lebensaktivitäten benötigen Organismen Energie, die von außen zugeführt werden muss. Bei pflanzlichen Lebewesen erfolgt dies durch die Sonnenstrahlung, mit deren Hilfe über den Prozess der Fotosynthese in den dafür spezialisierten Organellen, in den Chloroplasten, physikalische Energie in chemische umgewandelt wird. Diese Art der Energieversorgung, die von den vormals Protophyten oder Algen genannten Einzellern betrieben wird, bezeichnet man als Autotrophie (griechisch αὐτός autós = selbst und τροφή trophé = Ernährung). Tierische Lebewesen müssen dagegen organische Stoffe aus ihrer Umwelt aufnehmen, sei es in molekularer, sei es in partikularer Form. Eine derartige Energieversorgung nennt man heterotroph (griechisch ἔτερος héteros = fremd, anders), also sich von Anderem ernährend.

Die molekulare Stoffaufnahme, Osmotrophie, ist bei vielen Parasiten verwirklicht, die sich in ihren Wirten über ihre Körperoberfläche, also über ihre Plasmamembran mit energiehaltigen Stoffen versorgen. Alle anderen betreiben Phagotrophie, ein Vorgang, bei dem partikuläre Nahrung ingestiert (aufgenommen) wird. Die Aufnahme erfolgt vielfach mit Hilfe sehr kompliziert aufgebauter Cytostome (Mundapparate). Die inkorporierte Nahrung wird dann in ihre molekularen Bestandteile zerlegt und damit für den Zellstoffwechsel zugänglich gemacht. Nicht alle ingestierten Stoffe können verdaut werden. Sie werden wieder ausgeschieden (egestiert). Alle diese Vorgänge laufen in den Protisten sehr geregelt ab.

Nahrungserwerb durch Pseudopodien

Um Nahrung aufnehmen zu können, muss ein Protist ihrer zunächst habhaft werden. Diesen Vorgang, der simpel zu hinterfragen, aber schwierig zu erklären ist, kann man mit einiger Geduld und einem Quäntchen Glück unmittelbar im Lichtmikroskop beobachten. Beginnen wir mit den Amöben.

Sieht man eine sich gemächlich vorwärts bewegende *Amoeba proteus*, kann man sich kaum vorstellen, dass dieser Einzeller schnell schwimmende Beuteorganismen wie beispielsweise Paramecien einfangen und dann ingestieren kann. Die mikroskopische Beobachtung lässt ein merkwürdiges Verhalten der potentiellen Beute insofern erkennen, als dass

sie erstaunlicherweise in der Nähe ihres Räubers verbleibt, obgleich sie wegschwimmen könnte. Stößt ein *Paramecium* an eine *A. proteus*, kann diese Amöbe – muss aber nicht unbedingt – damit beginnen, in Richtung des Reizes Fangpseudopodien auszubilden, ein relativ langsamer Prozess, an dessen Ende aber die Beute umschlossen ist (Abb. 68). Die Beute erscheint wie gelähmt und versucht nicht zu fliehen. Erst wenn es zu spät ist, also die Nahrungsvakuole geschlossen ist, setzen heftige Fluchtbewegungen der Beute ein, die verständlicherweise zu keinem Erfolg führen.

Es wird vermutet, dass der Räuber chemische Substanzen in Richtung Beute abgibt, welche diese gewissermaßen lähmt, also daran hindert, zu fliehen. Auch muss die Amöbe –



Abb. 68: Einige Minuten während der Phagocytosevorgang bei *Amoeba proteus*. Der Beuteciliat *Paramecium bursaria* ist wie gelähmt und versucht nicht zu fliehen. (GZ)

vermutlich ebenfalls über chemische Signale – eine Information über die Art der potentiellen Beute erhalten, denn sie wird bei einer Kollision mit beispielsweise einem Quarzkorn nicht beginnen, dieses zu ingestieren. Experimentell geprüft sind diese Hypothesen allerdings nicht.

Schaut man sich die verschiedenen Amöbentypen an, laufen Nahrungserwerb und Nahrungsingestion vielfach vom Prinzip her so ab, wie es oben für *A. proteus* beschrieben wurde. Bei *Thecamoeba sphaeronucleolus* kommt noch eine weitere Qualität hinzu. Diese Amöbe kann lange Fäden der Blaualgen-gattung *Oscillatoria* aufnehmen und im Zellinneren aufknäueln (Abb. 69), was den Vorteil hat, dass in der Amöbe weniger Volumen für die Nahrungsvakuole voneinander ist. Zur Beschreibung des Knäuelvorgangs wurden für temporäre Differenzierungen Begriffe wie Knäulpseudopodien, Initialfasern, Pressbäcken und Zugfasern geprägt. Darüber hinaus wurden in den Amöben kontraktile Elemente zwar gefordert, aber nicht zweifelsfrei nachgewiesen, die im Wesentlichen für das Aufknäueln der Algenfäden verantwortlich sein sollen.

Außer diesen hauptsächlich deskriptiven Beobachtungen sind keine weiteren Details über den Aufknäuelungsvorgang bekannt.

Man kennt aber auch deutlich anders ablaufende Prozesse, so beispielsweise bei dem

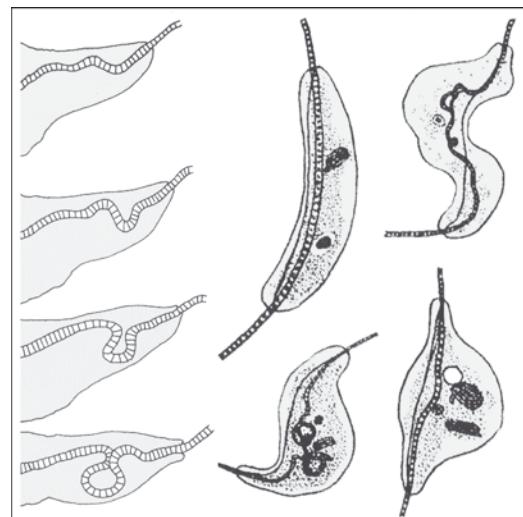


Abb. 69: Verschiedene Aufknäuelungsprozesse im Zusammenhang mit der Phagocytose von *Oscillatoria*-Fäden durch *Thecamoeba sphaeronucleolus*. (nach Haberey, 1973; Wittmann, 1950)

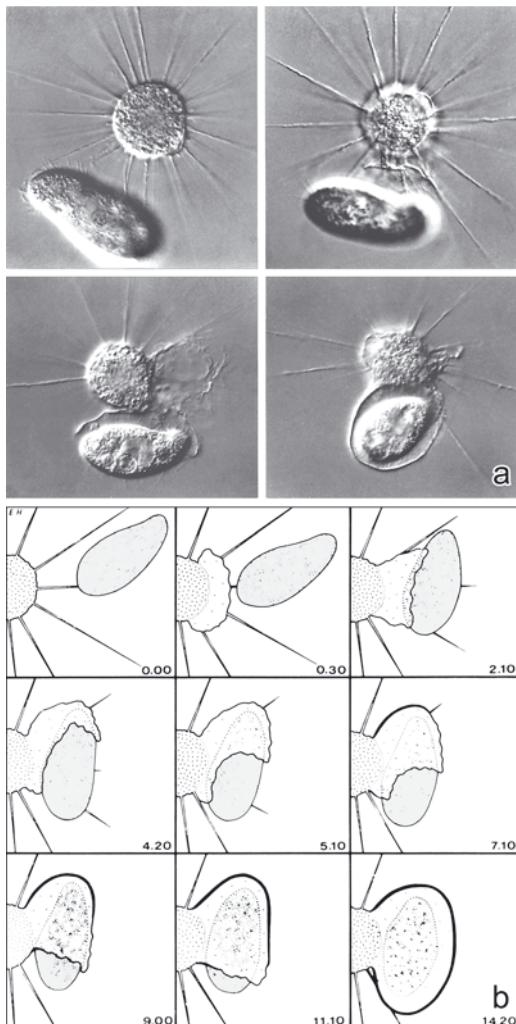


Abb. 70: Nach einem Berührungsreiz durch den Ciliaten *Colpidium* bildet *Actinophrys sol* ein trichterförmiges Pseudopodium aus (a), das nach rund 15 Minuten die Beute völlig eingeschlossen hat. Die Zahlen unten rechts in den Teilbildern (b) geben die Zeit nach der Beute-
arretierung in Minuten an. (a: KH, b: EH)

Sonnentier *Actinophrys sol*. Dieses ist ein typischer Plankter, der im Wasser ohne eigenen Antrieb schwebt, von der Wasserströmung getrieben. Wie gelangt ein solcher Protist an seine Nahrung? Durch Zufall. Stößt beispiels-

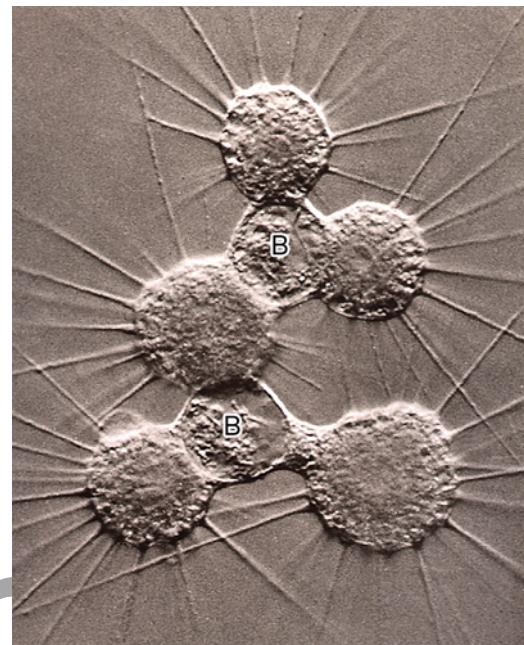


Abb. 71: Fressgemeinschaft von *Actinophrys sol*. B – Beute. (KH)

weise ein Ciliat an die Axopodien von *A. sol* (vgl. Abb. 32), werden augenblicklich Klebstoffe ausgeschieden und feine, schlauchofrmige Ausstülpungen der Plasmamembran in Richtung der Beute ausgebildet, wodurch diese festgehalten wird. Nur in Ausnahmefällen gibt es danach noch ein Entrinnen (Abb. 70a).

Natürlich stellt sich auch hier die Frage, wie der Räuber nach einem Reiz registriert, dass ein Target vorliegt, das sich zu erbeuten lohnt. Eine rein mechanische Kollision der Axopodien mit einem x-beliebigen Partikel löst keine Fangreaktion aus. Es gehören wohl auch chemische Signale dazu, die dem Räuber mitteilen, dass eine verwertbare Beute vorliegt.

Nach der Arretierung der Beute setzt ein rund 15-minütiger Prozess ein, während dessen – ausgehend von der Plasmamembran des Räubers – ein großes, becherförmiges Pseudopodium ausgebildet wird, das letztendlich

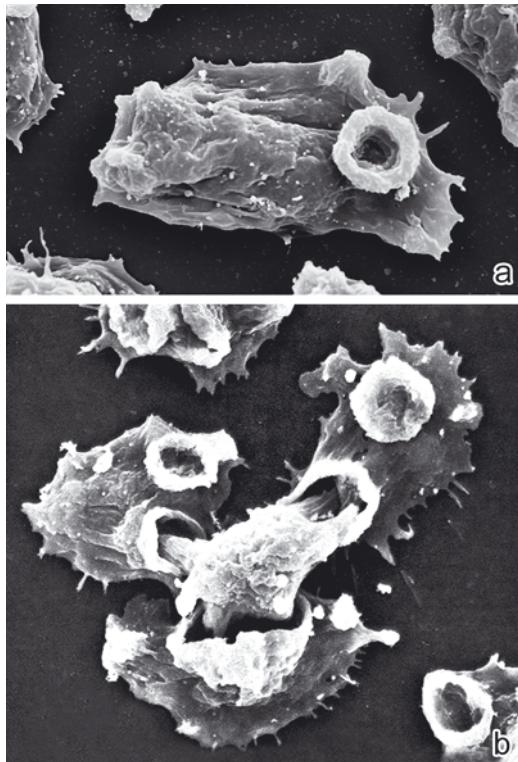


Abb. 72: Temporäre Amoebostombildung bei *Naegleria fowleri* (a). Über diese Einrichtung können Gehirnzellen gefressen werden (b). (DTJ)

die Beute völlig umhüllt (Abb. 70b). Dieser Vorgang wirft eine bedeutende Frage auf: Woher kommt die Membran, welche die Beute einhüllt?

Lichtmikroskopisch kann man deren Ursprung nicht ohne weiteres erkennen. Elektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen zahllose Granula unmittelbar unter der Plasmamembran von *A. sol*. Hierbei handelt es sich zum einen um die für die Arretierung der Beute wesentlichen Klebstofflieferanten und zum anderen um Lipidvorräte. Diese Lipide, die ein Hauptbestandteil von Biomembranen sind, werden von der Zelle in sehr großer Anzahl an den Entstehungsort des Fangpseudopodiums transportiert. Hier verschmelzen sie mit der Plasmamembran, wodurch diese kontinuierlich wächst. Die Membran wird also nicht während der Nahrungsaufnahme synthetisiert, sondern in vorgefertigter Form angeliefert.

A. sol zeigt beim Nahrungserwerb und bei der anschließenden Verdauung große Tendenzen, mit Seinesgleichen zu fusionieren. Dieses Verhalten wird zwar nicht ausschließlich, aber doch vorwiegend dann beobachtet, wenn



Abb. 73: Filmplakate zu *Der Blob* von 1958 (links) und 1988 (rechts).

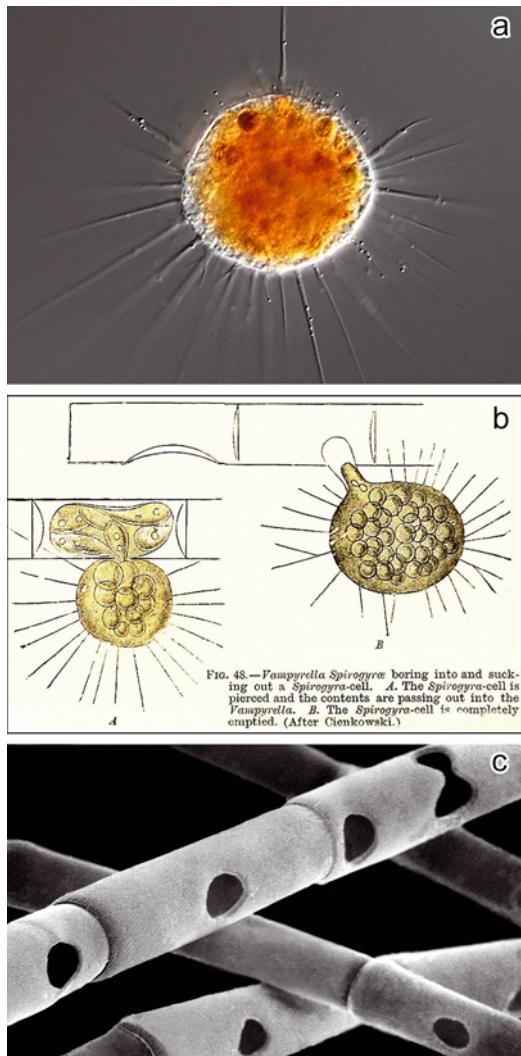


Abb. 74: Habitus von *Vampyrella lateritia* (a) und nach erfolgter Zellwandpenetration bei der Aufnahme des Protoplasten (b). Leergefressene Zellen einiger *Oedogonium*-Filamente mit Wandperforationen (c). (a: FS, b: nach Verworn, 1899, c: NH)

größere Beute, wie beispielsweise Ciliaten oder Rotatorien gefressen werden. Fresskolonien von fünf bis acht Zellen sind dabei keine Seltenheit (Abb. 71). Es wird vermutet, dass diese Fusionen die Ingestion und den Abbau mehrerer oder größerer Beuteorganismen er-

leichtern. Es lässt sich beobachten, dass sich zunächst noch unbeteiligte *A. sol* auf eine bestehende Fressgemeinschaft hinzubewegen und mit ihr fusionieren. Wie fressende Zellen voneinander Kenntnis nehmen und dann zueinander finden, ist nicht bekannt. Mit einiger Gewissheit geht aber wohl von der Fressgemeinschaft eine Art chemischer Reiz aus, der auf Zellen anlockend wirkt. Nach oder auch schon während des Nahrungsaufschlusses trennen sich die Zellen voneinander.

Bislang war bei Amöben im Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme nicht von speziellen Mundstrukturen die Rede. Es gibt sie aber, allerdings nur vorübergehend, so bei *Naegleria fowleri*. Das ist eine in Tümpeln und Seen freilebende, meist harmlose, aber potentiell auch sehr gefährlichen Amöbe, die eine als Primäre Amöben-Meningoenzephalitis (PAME) bezeichnete, fast immer innerhalb weniger Tage tödlich verlaufende Hirnhautentzündung hervorrufen kann. Diese Amöbe kann für eine gewisse Zeit sogenannte Amoebostome ausbilden, mit deren Hilfe sie stückweise Gehirnzellen ingestiert (Abb. 72), ein Vorgang, der mit dem Terminus Trogocytose (griechisch $\tau\varphi\omega\gamma\epsilon\iota\tau$ trogein = nagen) belegt wurde.

Für den cineastisch Interessierten sei in diesem Zusammenhang auf das 1988 erschienene Remake des amerikanischen Horror-Films *Der Blob – Schrecken ohne Namen* aus dem Jahr 1958 hingewiesen (Abb. 73). In diesem Film kehrt eine im Verlaufe eines im All fehlgeschlagenen biologischen Experiments des US-Militärs außer Kontrolle geratene Amöbe mit Hilfe eines Meteoriten zur Erde zurück, wächst zu einem menschenverschlingenden Riesenmonster an und treibt hauptsächlich in der Kanalisation einer Kleinstadt sein Unwesen. Die Macher dieses Shockers haben im Vergleich mit dem Original nicht nur außerordentlich beeindruckende Animationen geschaffen, sondern sich allem Anschein nach

Verbreitung

Wie eingangs dargelegt, gibt es Protisten überall dort, wo es die für sie wesentliche Lebensgrundlage gibt, nämlich Wasser. Aber darin sind sie nicht überall gleichmäßig verteilt, sondern hier und da und dort und in durchaus unterschiedlichen Dichten.

Alles-ist-überall *versus* Endemismus

Vor nicht allzu langer Zeit gab es noch heftige Dispute darüber, ob man alle Einzellerarten überall findet oder ob es doch Protisten gibt, die nur in ganz bestimmten Regionen unserer Erde vorkommen, also dort endemisch leben. Unterdessen hat sich aber wohl die Einsicht durchgesetzt, dass man nicht nur lange und intensiv genug in irgendeinem Tümpel, See, Fluss oder Ozean suchen muss, um jedes Mal alles an Protisten zu finden, was es auf unserem Planeten gibt, sondern dass es durchaus endemische, also nur in ganz begrenzten Arealen der Erde lebende Arten gibt.

Man kann sicherlich eine Vielzahl an Endemiten finden. Besonders interessant sind bei einer derartigen Suche solch exotische Habitate wie die Blattachsen der ananasverwandten, in Tropenwäldern epiphytisch auf Bäumen lebenden Bromelien. In diesen meist nur wenigen Kubikzentimetern Wasser Platz bietenden Trichtern, auch Bromelientanks genannt, findet sich neben einer Vielzahl von Insekten-, Kleinkrebs- und Amphibienentwicklungsstadien sowie zusätzlich zu den von anderen Biotopen her bekannten Protisten eine ganz eigene Einzellerwelt mit Vertretern, die es sonst nirgendwo gibt.

Algenblüten

Mit bloßem Auge lässt sich in der Regel nicht feststellen, wie üppig ein Gewässer von

Einzellern besiedelt ist, es sei denn, dass sich das Wasser zum Beispiel ganzer Seen verfärbt und grün, rot oder violett wird (Abb. 141). Dann liegen Algenblüten vor. Diese treten immer wieder natürlicherweise auf, sie selbst sind nicht gefährlich. Die entsprechenden Algen haben die Fähigkeit, sich unmittelbar an oder unter der Wasseroberfläche anzusammeln. Sie können allerdings dann schädliche Auswirkungen haben, wenn ihre Konzentration sehr hoch ist und noch giftproduzierende Arten hinzukommen. Bei einer Massenentwicklung wird das Licht bereits an der Oberfläche stark geschwächt, so dass nur noch bis zu geringen Tiefen ausreichend Licht für die Fotosynthese vorhanden ist. Sowohl durch die absinkenden Algen als auch durch die vermehrt wachsenden Konsumenten wird übermäßig Sauerstoff verbraucht, was letztendlich zur Eutrophierung eines Gewässers führen kann.

Bei den giftigen Algen handelt es sich in der Regel um Cyanobakterien (früher Blaualgen genannt, griechisch κυανός kyanós = blau), also um Prokaryoten, die eigentlich nicht im Fokus dieser Zusammenstellung stehen, aber in diesem Zusammenhang genannt werden sollen. Einige ihrer Toxine gehören zu den stärksten natürlichen Nerven- oder Lebergiften und können bei Menschen zu Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Hautreizungen, geröteten Augen, Fieber und Atemnot führen. Im schlimmsten Fall kann es auch zu Lähmungen der Atemmuskulatur und zur Schädigung des Nervensystems kommen. Hunde können nach einem



Abb. 141: Massive Algenblüte im Barkenberger See, Wulfen. (GB)



Abb. 142: Warnschild vor gefährlichen Algenblüten. (Internet)

Bad in einem See mit erhöhter Cyanobakterienkonzentration sterben, wenn sie dabei zu viel Wasser getrunken haben. Unterdessen werden an entsprechenden Gewässern bei „Blaualgenblüten“ Warnschilder aufgestellt (Abb. 142).

Zusammenhänge zwischen Algenblüten und Massensterben von Tieren sind altbekannt. So findet sich bereits in der Bibel mit folgenden Worten ein Bericht über eine derartige Situation: *Moses und Aaron taten, wie der Herr befohlen hatte. Er erhob den Stab und schlug das Wasser im Nil vor den Augen des Pharaos und seiner Diener. Da verwandelte sich alles Wasser im Nil zu Blut. Die Fische im Nil starben, der Nil stank, und die Ägypter vermochten kein Wasser mehr aus dem Nil zu trinken* (Exodus 7, 20–21). Eine klare Schilderung einer Algenblüte.

Sieht man Algenblüten in Seen oder Meeren, macht man sich wahrscheinlich keine realistischen Vorstellungen darüber, welche Größe sie annehmen können. Begibt man sich ins All und schaut sich Europa von oben an, wird man immer wieder Algenblüten mit riesigen Ausmaßen entdecken, so beispielsweise im Englischen Kanal vor Plymouth (Abb. 143). Hier verursachen die Blüte sogenannte Kalkalgen (Coccolithophoriden), die uns später noch bei der Besprechung von Kreidefelsen interessieren werden. Wem das immer noch nicht groß genug ist, der sollte sich einmal Satellitenbilder von der Antarktis ansehen. Dort sind Algenblüten in Ausdehnungen von ziertausend Quadratkilometern registriert worden (Abb. 144).



Abb. 143: Algenblüte vor der Küste Südwest-Englands. (JD)

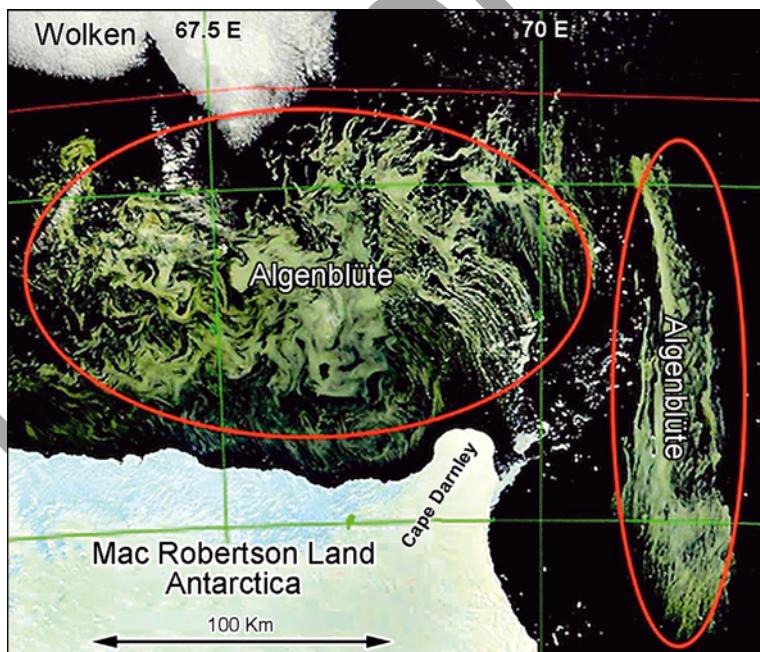


Abb. 144: Algenblüten mit riesiger Ausbreitung in der Antarktis. (NASA)

An den Küstengebieten der Nord- und Ostsee kann man ein Naturschauspiel besonderer Art beobachten, das sogenannte Meeres-

leuchten (Abb. 145a), das zum Phänomen der Biolumineszenz gehört. Als Biolumineszenz (griechisch $\beta\lambda\omega\zeta$ $\beta\iota\omega\zeta$ $\beta\iota\omega\zeta$ = Leben und lateinisch

lumen = Licht) wird in der Biologie die Fähigkeit von Lebewesen bezeichnet, selbst oder mit Hilfe von Symbionten Licht zu erzeugen. Das Enzym Luciferase spielt dabei die zentrale Rolle. Es bindet und oxidiert mit Hilfe von Sauerstoff das Molekül Luciferin. Dadurch wird dieses energetisch angeregt. Beim anschließenden Zerfall wird Energie in Form von gelb-grünem Licht abgegeben, das Meeresleuchten.

Beim Meeresleuchten scheint das Meerwasser blau zu lumineszieren (Abb. 145a). Hierfür verantwortlich sind im Seewasser lebende Einzeller wie beispielsweise die Dinoflagellaten *Noctiluca scintillans* (lateinisch *noct-* = Nacht, *lucere* = leuchten, *scintillans* = funkelnd) (Abb. 145b) und *Pyrocystis fusiformis* (griechisch $\pi\upsilon\rho\circ\zeta$ *pyrós* = Feuer) (Abb. 145c), aber auch gewisse mikroskopisch kleine Vielzeller. Diese Organismen senden nach mechanischer Reizung mehr oder weniger lang andauernde Lichtsignale aus. Dass das Leuchten durch Berührungsreize ausgelöst wird, lässt sich am Strand beobachten. Wenn in der Brandung Meeresleuchten zu beobachten ist, kann man es auch im Sand des Strandes hervorrufen, indem man mit den Händen oder Füßen über den Sand streicht. Die Organismen, die man dabei berührt, werden als kleine leuchtende Punkte sichtbar. Meeresleuchten ist nur gelegentlich anzutreffen, denn die entsprechenden Mikroorganismen treten nicht immer in der hierfür erforderlich hohen Konzentration im Meerwasser auf.

Im Zusammenhang mit dem Meeresleuchten taucht weiterhin der Terminus Rote Tide auf. Dahinter verbirgt sich eine mächtige Blüte von *Noctiluca*, so dass das Meer tagsüber rötlich gefärbt erscheint (Abb. 146). Dieses harmlose Phänomen hat allerdings nichts mit der hochtoxischen Red Tide zu tun, die im Golf von Mexiko vor allem durch den Dinoflagellaten *Karenia brevis* verursacht wird. Blüten dieser Protisten emittieren riesige

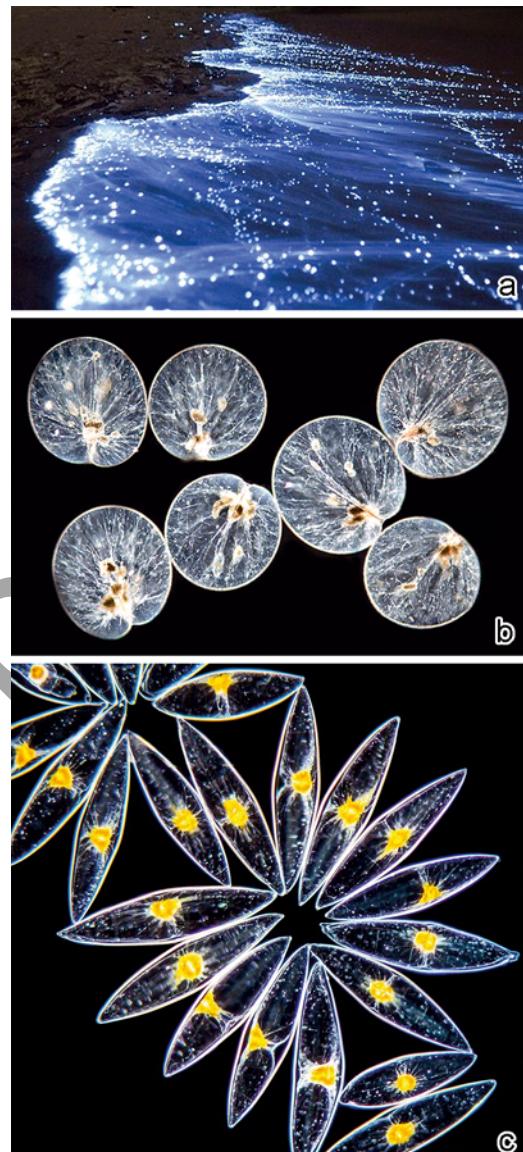


Abb. 145: Nächtliches Meeresleuchten vor dem Nordseebad Neuharlingersiel, Esens (a). Die Dinoflagellaten *Noctiluca scintillans* (b) und *Pyrocystis fusiformis* (c) verursachen ein derartiges Meeresleuchten. (a: Internet, b, c: GG)

Wolken von Nervengasen, was ein millionenfaches Fischsterben zur Folge haben kann. Unterdessen sind rund 100 Dinoflagellaten



Abb. 146: Durch eine gewaltige Vermehrung von *Noctiluca* hervorgerufene Rote Tide bei Tageslicht. (Internet)

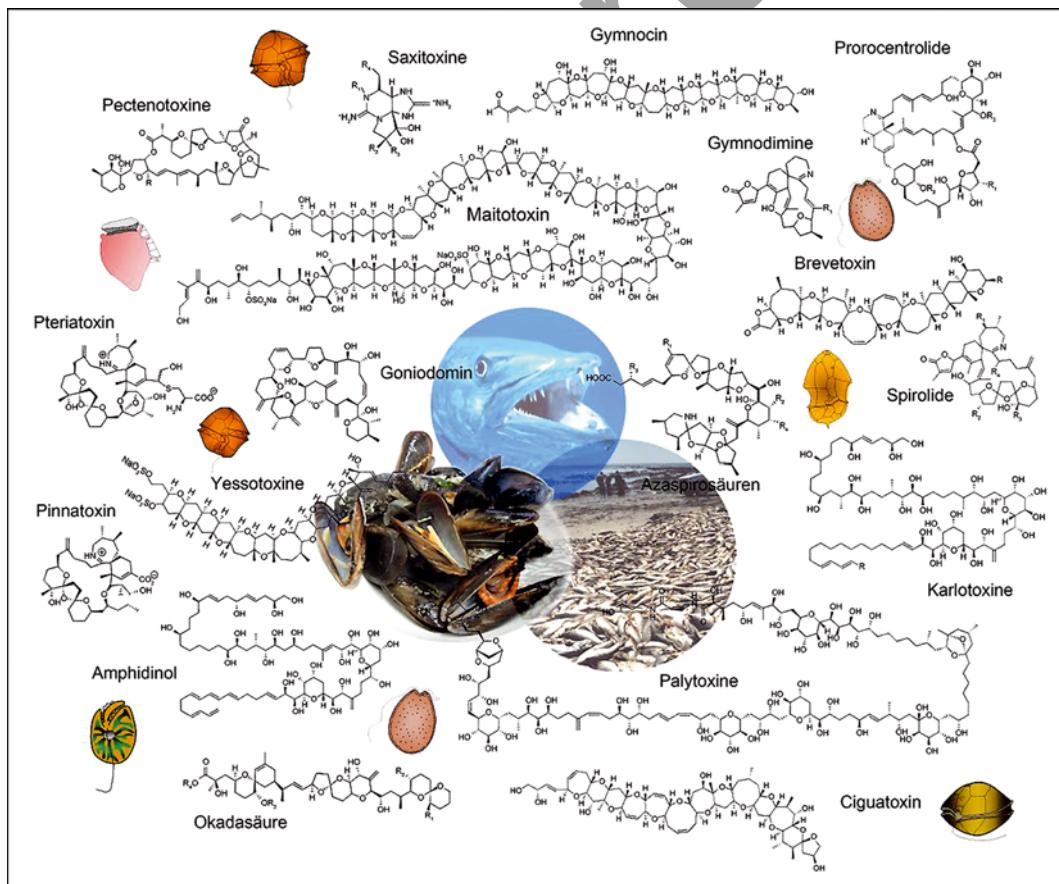


Abb. 147: Strukturelle Vielfalt der Dinoflagellaten-Toxine. (Hoppenrath et al., 2018)

Index

A

abiotische Faktoren 103
Acanthamoeba 17
 Acanthareen 144
 Acidosomen 85
Actinobolina radians 71
Actinophrys sol 28, 58
Actinosphaerium 7
 Aeroplankton = Anemoplankton 14
 Aerosol 18
 Agamogonie 88
 Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung = AWI 150
 Algen 15
 Algenblüten 116
 Alveolarplatten 127
 Alveolen 16, 33
 Amöben 25, 125
 Amöben, beschalte 139
Amoeba Hop, Song 166
Amoeba proteus 27, 38, 56, 108
 Amoebostom 60
Amphilonche 146
 Anemoplankton = Aeroplankton 14
 Animalcula 4
Arachnoidiscus japonicus 150
Arcella vulgaris 139
 Artenanzahl 3
 Artnamen 50
 Astaxanthin 123
 Attraktantien 111
 Auflösungsqualität 157
 Auflösungsvermögen 8
 Auftrieb = Plankton 114
 Augenfleck = Eyespot = Stigma 109
 Ausscheidung 80, 86

Autoradfelge, Bionik 150

Autotrophie 56
 Auxospore 136
 Axonem 41
 Axopodien 29, 58
 Azaspirosäuren-Muschelvergiftung = AZP 121

B

Bacillaria paxillifer 49
 Bacillariophyceen = Diatomeen 135
 Basalkörper 32, 40
 Basionym 49
 Benthos 12
 Bewegung 38
 Bewegungssymbiose 20
 Biofilm 17
 Bionik 149
 biotische Faktoren 103
 Biotop 12
 Blaschka, Leopold (1822–1895), Rudolf (1857–1939) 150
 Blob 60
 Blutregen 123
 Blutregenalge 123
 Blutschnee 123
 Bodenprotisten 13, 101
 Bromelientanks 116
 Bücher, Einzeller-, Mikroskopie- 164

C

Caedibacter 16
Callimitra 146
 chemische Falle 111
 Chemotaxis 111
Chilomonas 115
 Chitin 131
Chlamydomonas nivalis 123

Chlamydomonas reinhardtii 109

Chlorella 15
 Choanoflagellaten 100, 131
 Chrysophyceen 128
 Ciguatera-Fischvergiftung = CFP 121
 Ciliaten 31
 Cilienschlag, metachron 11, 45
 Cirren 64
Clathrulina 133
Climacostomum 79, 83, 115
 Cniden = Nematocysten 77
 Coccolithen 129, 131
 Coccolithophoriden 117, 128
Cochliopodium 126
 Coelestin 144
Coleps 127
Collozoum 144
Colpidium 78
Colpoda 18
 Cortex 30, 31, 33, 88, 105
 Craspedomonaden 131
 Cyanobakterien 116
 Cyclose 45, 83
 Cysten 14, 100
 Cytoproct = Cytopygé = Zellafter 86
 Cytopsyche 173
 Cytoskelett 28, 142
 Cytosol 16
 Cytostom 56

D

Defäkationsvakuole 86
 Dehnungsfugen, corticale 67
 Der kleine Proteus 27
 Desmidiaeen 46
 Diastole 103
 Diatomeen-Gleiten 46
 Diatomeen-Skulptur 152

- Diatomeen-Typenplatten 158
 Diatomit 136
 Dictyosomen 81, 126
Dictyostelium 164
Didinium nasutum 72, 89
Diffugia 139
 Digestionsvorgang 85
 Dilettanten 4
 Dimensionen 7
Dinobryon sertularia 100
 Dinoflagellaten 31
Diploconus 146
 diskoidale Vesikel 82
 Doppelindividuen 89
 Druckflusshypothese 38
 Drucktechnologie, 3D 161
 Dujardin, Felix (1801–1869) 5
 Dynamit 137
 Dynein 42, 143
- E**
 Eckernpfennige 142
 Edaphon 13
 Effektivschlag, Cilie 40
 Egestion 79
 Ehrenberg, Christian Gottfried (1795–1876) 5, 173
Eimiliana buylei 129
 Einzeller-Seele 173
 Einzeller-Skulpturen 151
 Ektoplasma 38
 Empfindungen bei Einzellern 175
 Encystierung 101
 Endemiten 116
 Endoplasma 38
 Endoskelett 142, 143
 Endosymbiontentheorie 2, 16
Entosiphon sulcatum 65
 Epitheka 135
 Epitheton 27, 50
Euglena 31
Euglypha 139
 Eukaryoten 1
Euplates aediculatus 16
 Eutrophierung 116
- Excystierung 101
 Exkonjuganten 93
 Exoskelett 142, 143
 Extrusome 72
 Exuvie 19
 Eyespot = Augenfleck = Stigma 109
- F**
 Filtrierer 63
 Flagellaten 29
 Fleischfresser 65
 Flimmerepithelien 42
 Flimmerhäärchen 43
 Flohkrebs 23
 Fluchtreaktion 112
 Fluoreszenz 10
 Folliculiniden 94
 Foraminiferen 139
 Foraminiferen-Modelle 141, 152
 Foraminiferen-Skulpturen 152
 Fortpflanzung, sexuelle 88, 92
 Fotophobie 108
 Fotorezeptormembran 109
 Fototaxis 108
 France, Raoul (1874–1953) 13, 171
 Fressgemeinschaft 60
 Fresspseudopodium 62
 Friedrich, Caspar David (1774–1840) 131
 Frontzonenkontraktionshypothese 38
 Frustel 135
 Fütterung, proktodeale 19
- G**
 Galvanotaxis 115
Gammarus 23
 Gamone = Pheromone 92
 Gärkammer 19
 Gehäuse 125, 131
 Giftgaswolken 121
 Gizeh-Pyramiden 141
 Glasmodelle von Einzellern 150
- Gleiten durch Schleimabscheidung 46
 Globigerinen 140
 Glockentiere 24, 54
 Glykokalyx = Mukoidschicht = surface coat 125
 Goldalgen 128
 Gravitaxis 113
 Grew, Nehemiah (1641–1712) 4
 Größenzusammenstellung, Größenvergleiche 7
- H**
 Hadal 12
 Haeckel, Ernst (1834–1919) 159
Haematococcus pluvialis 123
 Haftapparat 24
 Haptocysten 70
 Harmful Algae Blooms = HABs 121
Hartmanella 17
 Hauttrübung bei Fischen 24
 Heliozoen = Sonnentiere 7, 29, 58, 133
 Hensen, Victor (1835–1924) 114
 Heterotrophie 56
Holospora elegans 16
Homalozoon vermiculare 54, 78, 94
 Hooke, Robert (1635–1703) 4
 Huygens, Christiaan (1629–1695) 4
 hydrodynamische Kopplung 44
 Hydroskelett 142
 Hypotheka 135
- I**
 Infusorien 5
 Ionenpumpen 108
- K**
 Kalkalgen 117
 Kammerlinge 139
 Kappa-Partikel 16

Karenia brevis 119, 121
 Kartagener-Syndrom 43
 Karyokinese 88
 Katastrophentod 88
 Kieselalgen = Diatomeen 135
 Kieselalgen, Gleiten 46
 Kieselgur 136
 Kinesin 143
 Kineten 31, 43
 Kinetiden 31
 Kinetosom 32, 40
Kirchneriella 124
 Kleptoplasten 71
 Kolonien, vielzellige 100
 Kompartimentierung 2
 Konjugation 92
 Kontraktile-Vakuolen-Komplex 105
 Körperkontraktion 53
 Kragengeißelflagellaten 131
 Kreidefelsen 129

L
Lacrymaria olor 54
 Längsteilung 88
Laterna Magica 158
 Lebensräume 12
 Lebenszyklen 94
 Ledermüller, Martin Frobenius (1719–1769) 168
 Leeuwenhoek, Antoni van (1632–1723) 4, 164
 Legepräparate 156
 Legionärskrankheit 18
Legionella pneumophila 18
 Leibniz, Gottfried Wilhelm (1646–1716) 4
Lepocinclus tripterus 151
 Lichtperzeption 108, 109
 Lieberkühn'sches Organell 109
 Linné, Carl von (1707–1778) 50
 Linsen 142
 Lorica = Gehäuse 94, 131
Loxodes 113
 Lysosomen 85

Lyticum flagellatum, L. sinuosum 16

M
 Makronucleus 5, 31
 Makrozoide 100
 Maria Eck, Wallfahrtskirche 142
 Mastigoneme 43
 Mechanotaxis 112
 Meeresleuchten 118, 121, 164
 Membranellen 64
 Membranosomen 61
 Membranrecyclingsystem 87
 Merian, Maria Sibylla (1647–1717) 27
 Mesopelagial 12
 Metabolie 31, 45
 Metachronie 44
Metopus 162
 Migrationskern 93
 Mikronucleus 5, 31
 Mikroskopikervereinigungen 171
 Mikroskopisches Aquarium, Berlin 169
 Mikrozoide 100
 Missbildungen 91
Mixotricha paradoxa 20
Mniobia 7
 Möller, Johann Diedrich (1844–1907) 157
 Monster 91
 Monstersuppe = Themse-Wasser 168
 Morphogenese 89
 Motorproteine 43, 143
 Mukoidschicht = Glykokalyx = surface coat 125
 Müller-Gaze 114
 Müller, Johannes Peter (1801–1958) 114
 Müller, Otto Fridrich (1730–1784) 31
 Müller'sche Körper 113
 Mundapparat 56, 64
 Muster, 9×2+2 32, 41

N
Naegleria 17, 60
 Nahrungsauftschluss 81
 Nahrungsvakuole 56
 Nanoflagellaten, heterotrophe = HNF 63
 Nasentier 72
 Nasselariden 144
Navicula 46
 Nekton 114
 Nervengase 119
 Nerven-, Lebergifte 116
 Nesselkapseln 24
 neurologische Vergiftung = NSP 121
 Neuston 12
 Nitroglycerin 136
 Nobel, Alfred (1833–1896) 136
 Nobel-Preis 139
Noctiluca scintillans 119
 Nomenklatur, binäre 50
 Norfolk, Lawrence (1963) 121, 164
 Nummulitensandstein 141

O
 Ocelloid 110
 Offshore-Windkraftanlagen 149
 Opal 140
Ophryodium versatile 100
Ophryoglena 109
 Oralapparatur 79
 Organellen 2
Oscillatoria 57, 65
 Osmoregulation 103
 Osmotrophie 56

P
 Paarungstypen 92
 Pallium-Feeding 63
 Pansen 20
 Pansenciliaten 20
 Pantoffeltier 11, 31, 63, 167

- Panzerflagellaten 31
 paralytische Vergiftung = PSP 121
Paramecium 9, 11, 16, 31, 45, 56, 72, 73, 81, 92, 166
 Patronym 53
 Pedunkel 71
 Pelagial 140
 Pellikula = Cortex 31
 Periplast 30
Phaeocystis globosa 122
 Phagotrophie 56
 Pheromone = Gamone 92
 Philosophical Transactions 4
Physarum polycephalum 98
 Plankton 12, 114
 Planktonnetz 114
 Plasmaströmung 26, 45, 146
 Plasmoden 98
 Polycystineen 144
Polynucleobacter necessarius 16
 Polypenläuse 23
 Primäre Amöben-Meningo-Enzephalitis = PAME 60
 Primärproduzenten 135
 Proboscis 72, 75
 Prokaryoten 1
 Prokaryotenflagellen 43
 Protisten 2
 Protonenpumpen 107
 Protophyten 2, 15
 Protoplasm 62
 Protozoen 17
Pseudocaedibacter 17
 Pseudochitin 131
Pseudomicrothorax dubius 65, 91
 Pseudopodien 26, 28, 38
 Pseudopodientypen 40
 Pusulen 107
Pyrocystis fusiformis 119
- Q**
 Quarzkörner 139
 Querteilung 88
- R**
 Radiolarien 144
 Radiolarien-Skulptur 151
 Raphe 46
 Red Tide 119
 Repellent 111
 Reusenapparat 65, 69
 Reynolds-Zahl 44
 Rezeptormoleküle 125
 Rezeptorpotenzial 108
 Rheotaxis 112
 Rhodopsin 109
 Rindenplasma 31
 Rösel von Rosenhof, August Johann (1705–1759) 27, 168
 Rote Tide 119
 Roth, Eugen (1895–1976) 163
 Royal Society 4
 Rückholbewegung, Cilie 40
- S**
 sakraler Raum 162
 Salonpräparate 156
 Sandlückensystem 37
 Sarcode 6
 Sarcodinen 15
 Sauginfusorien 70
 saure Phosphatase 85
 Schalmeyenthierchen 51
 Schätzling, Frank (1957) 164
 Schaumberge 122
 Scheinfüße = Pseudopodien 26
 Schleimpilze 96
 Schlinger 63
 Schmuckstücke 160, 161
 Schulkreide 131
 Schuppen 125
 Schwämme 133
 Selbstbewusstsein bei Einzellern 173
 Sexualvorgänge 136
 Silberliniensystem 44
 Siliciumdioxid 131
 Silicoflagellaten 143
 Silikatfrusteln 157
 Silikatkapsel 135
 Silikatplättchen 139
 Silikatskelette 144
 Silikatspangen 133
 situs inversus 43
 Skelette 142
 Solekanäle 13
 Sol-, Gelzustand 45
 Sonnentiere = Heliozoen 7, 29, 58, 133
Sorogena 94
Sorokarp 94
 Spasmonem 54
 Spermienschwänze 42
 Spindeltrichocysten 73
 Spirochaeten 20
Spirogyra 167
Spiromonas gonderi 18
Spirostomum 115
 Spongiom 105
 Spumellariden 144
 Stationärkern 93
 Statolithen 113
 Staubwolken, Sahara 121
Stentor coeruleus 50
 Stigma 109
 Strabon (63 v. Chr.–23 n. Chr.) 142
 Strontiumsulfat 144
Stylonychia 64
 Suktorien 18, 22, 70
 surface coat = Mukoidschicht = Glykokalyx 125
 Symbiose 15
 Symphorismus 22
 Syncytien 98
 Syncaryon 93
Synura 128
 Systole 103
- T**
 Taxis 107
 Tectin 131
 Tektum 125
 Temperaturorgel 114
 Tentakel 70
 Termiten 19
 Termitenflagellaten 19
 Testa 139

Testaceen 139
Testdiatomeen 157
Thecamoeba sphaeronucleolus 57
Theka 131
Thermoresponse 114
Thigmotaxis 112
Tiefsee 12
Toxicysten 70, 72, 73, 75
Toxin 76
Tränentier 54
Trentepohlia 14
Trichocysten 33
Trichodesmium 121
Trichodina 23, 83
Trichynin 74
Trogocytose 60
Trompetentier 50
Typenplatte 156

U

Überdüngung 121

Uhrglasorganell 109
Unsterblichkeit 88
Uroid 26, 38
Urpflanzen 2
Urtiere 2

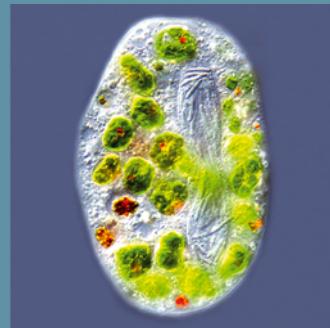
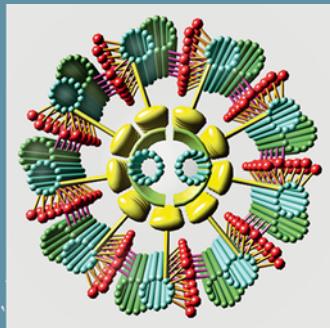
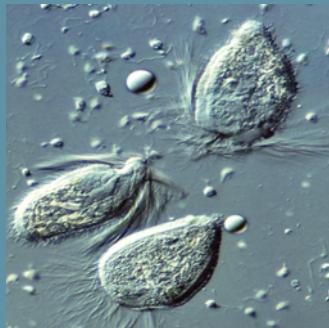
V

Vakuole, kontraktile 5, 103, 104
Vakuole, perialgale 15
Vampyrelliden 61
Vegetarier 65
Verbreitung von Einzellern 116
Verdauungssystem 81
Verdauungsvakuole 82
Verhaltensäußerungen, spontane 108
Vermehrung, vegetative, asexuelle 88
Vernacularname 51
Vielzeller 100
Volvox 99

W
Wachsaußschmelzgießverfahren 160
Wechseltiere 25
Weltausstellung 1900, Paris 154
Wiederkäuer 20

Y
Yrr 164

Z
Zellafter 86
Zellwand 127
Zieralgen 46
Zoochlorellen 5, 15, 100, 144
Zoothamnium arbuscula 100
Zooxanthellen 15
Zweiteilung 88



Klaus Hausmann
Einzeller
Mikroskopisch kleine Multitalente

Dieses Werk

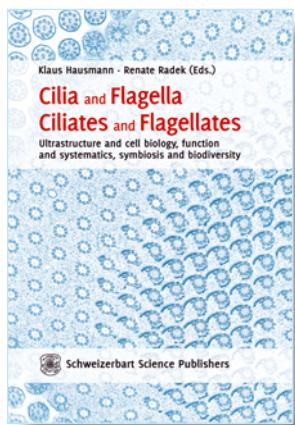
- charakterisiert die Lebensräume einzelliger Organismen
- illustriert Morphologie und Ultrastruktur von Einzellern
- präsentiert die vielfältigen Ausgestaltungen von Bewegungen
- verfolgt den Erwerb sowie den Aufschluss von Nahrung
- macht morphogenetische Vorgänge verständlich
- erklärt Vermehrung- und Fortpflanzungsabläufe
- legt das aktuelle Wissen zur globalen Verbreitung von Einzellern dar
- beleuchtet die Bedeutung von Einzellern für die Fachdisziplin Bionik
- findet Spuren der Einzeller in Kunst und Kultur

Mit einer Vielzahl hervorragender licht- und elektronenmikroskopischer Fotos sowie anhand eingängiger Grafiken werden komplexe Sachverhalte leicht nachvollziehbar vermittelt.

Das vorliegende Kompendium wendet sich an alle Leser, die sich eine erste Übersicht über die verschiedenen Facetten der Biologie einzelliger Lebewesen verschaffen möchten.

ISBN 978-3-510-65556-4
www.schweizerbart.de





Cilia and Flagella – Ciliates and Flagellates



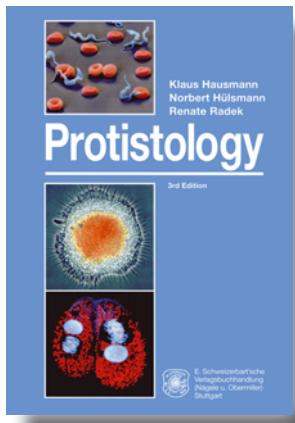
Ultrastructure and cell biology, function and systematics, symbiosis and biodiversity

Ed.: Klaus Hausmann; Renate Radek

2014. X, 299 pages, 233 figures, 4 tables, bound, 17 x 24 cm
ISBN 978-3-510-65287-7 39.80 €

www.schweizerbart.de/9783510652877

This book presents a contemporary and imaginative synopsis of diverse biological aspects of cilia/flagella and ciliates/flagellates. It comprises contributions by a dozen of renowned experts from all over the world, which summarize our current understanding, essentially the results obtained and progress made during the last five decades of research of cilia/flagella and the ultrastructure, cell biology, organelar function, motility, taxonomy/systematics, symbiosis, and biodiversity of ciliates and flagellates.



Klaus Hausmann, Norbert Hülsmann, Renate Radek



Protistology

2003. 3. ed., IX, 379 pages, 384 figures, 22 tables, bound, 18 x 25 cm
ISBN 978-3-510-65208-2 64.00 €

www.schweizerbart.de/9783510652082

"Protistology" provides an excellent information source for a broad audience ranging from students of advanced university courses to senior scientists, for the study of parasitic and/or pathogenic microorganisms; lavishly and unsurpassedly illustrated with about 800 single micrographs, line drawings and diagrams allowing an overwhelming insight into the architectural variety of unicellular creatures and their dynamical properties. The pivotal ecological roles unicellular organisms play in the bionomics of life on earth, at present and in the past as well as the phylogenetic relationships between unicellular and multicellular organisms are thoroughly explained.



Klaus Hausmann



Lebensweg eines nur durchschnittlich Begabten

Ein Naturwissenschaftler erinnert sich

2018. IV, 393 S., 295 Farabb., gebunden, mit Lesebändchen, 17 x 24 cm
ISBN 978-3-510-65426-0 24,90 €

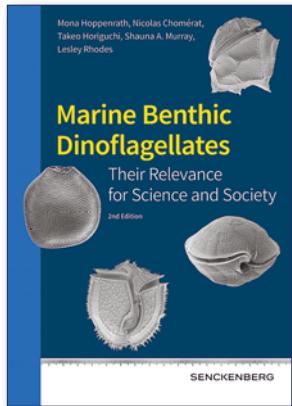
www.schweizerbart.de/9783510654260

Auslöser für diese Biographie war ein im Zusammenhang mit dem Gymnasialabschluss über ihn verfasstes, aus heutiger Sicht eher fragwürdiges Gutachten. Insbesondere jüngere, am Anfang ihres beruflichen Lebenswegs stehende, möglicherweise an der Richtigkeit ihrer Entscheidung zweifelnde Wissenschaftler könnten durch die Lektüre dieser Autobiografie zu einer etwas entspannteren Sicht der Dinge kommen.



Schweizerbart

Tel. +49 (0)711/351456-0 Fax +49 (0)711/351456-99
www.schweizerbart.de mail@schweizerbart.de



Marine Benthic Dinoflagellates



Their Relevance for Science and Society

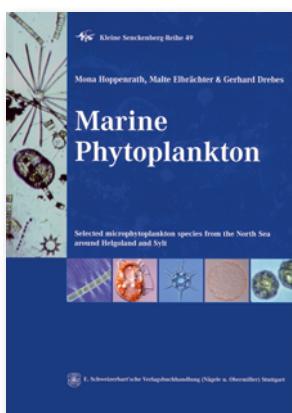
Ed.: **Mona Hoppenrath; Nicolas Chomerat; Takeo Horiguchi; Shauna A. Murray; Lesley Rhodes**

2023. 2. revised edition. 376 pages, 122 figures, 8 tables, 17 x 24 cm
(Senckenberg Bücher, Nr. 88)

ISBN 978-3-510-61424-0, hardcover, 34.90 €
www.schweizerbart.de/9783510614240

Our understanding of benthic dinoflagellate biodiversity, biogeography, toxicology and ecology has improved but is still rudimentary. This publication is an updated summary of the taxonomy of currently described taxa and includes morphological and molecular genetic information for species identification. It contains the most comprehensive review of benthic dinoflagellate toxins published so far.

This book is a fundamental contribution to improving the monitoring of benthic dinoflagellates worldwide: 242 species in 63 genera are presented, illustrated with more than 240 color images, about 250 electron micrographs and more than 330 drawings.



Mona Hoppenrath; Malte Elbrächter; Gerhard Drebess:

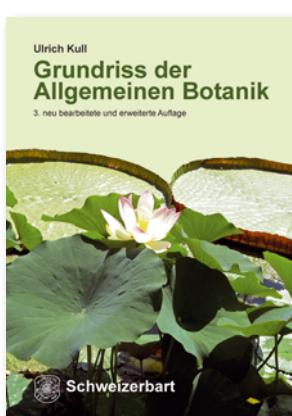
Marine Phytoplankton



Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt

2009. 264 pages, 87 figures, 17 x 24 cm
(Kleine Senckenberg-Reihe, Band 49)
ISBN 978-3-510-61392-2, paperback, 18.80 €
www.schweizerbart.de/9783510613922

This book provides a key to determine almost 300 phytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt, documenting them with close to 1100 images and 70 line drawings on 85 plates. This book is an important contribution to our understanding of marine phytoplankton of North Sea ecosystems.



Ulrich Kull:

Grundriss der Allgemeinen Botanik



2019. 3. neu bearbeitete und erweiterte Auflage
XV, 608 Seiten, 369 Abbildungen, 8 Farbtafeln, 21 Tabellen, 17 x 24 cm
ISBN 978-3-510-65434-5, brosch., 69.90 €
www.schweizerbart.de/9783510654345

Diese bereits dritte Neuauflage von Kulls Grundriss der Allgemeinen Botanik wurde vollständig überarbeitet. Sie führt in sämtliche Aspekte der Pflanzenwissenschaft ein: von Molekül und Pflanzenzelle über Evolution, Histologie, Fortpflanzung und Genetik bis hin zu Pflanzestoffwechsel und Ionenhaushalt.



Schweizerbart

Tel. +49 (0)711/351456-0 Fax +49 (0)711/351456-99
www.schweizerbart.de mail@schweizerbart.de



Dieses Werk

- charakterisiert die Lebensräume einzelliger Organismen
- illustriert Morphologie und Ultrastruktur von Einzellern
- präsentiert die vielfältigen Ausgestaltungen von Bewegungen
- verfolgt den Erwerb sowie den Aufschluss von Nahrung
- macht morphogenetische Vorgänge verständlich
- erklärt Vermehrungs- und Fortpflanzungsabläufe
- legt das aktuelle Wissen zur globalen Verbreitung von Einzellern dar
- beleuchtet die Bedeutung von Einzellern für die Fachdisziplin Bionik
- findet Spuren der Einzeller in Kunst und Kultur

Mit einer Vielzahl hervorragender licht- und elektronenmikroskopischer Fotos sowie anhand eingängiger Grafiken werden komplexe Sachverhalte leicht nachvollziehbar vermittelt.

Das vorliegende Kompendium wendet sich an alle Leser, die sich eine erste Übersicht über die verschiedenen Facetten der Biologie einzelliger Lebewesen verschaffen möchten.

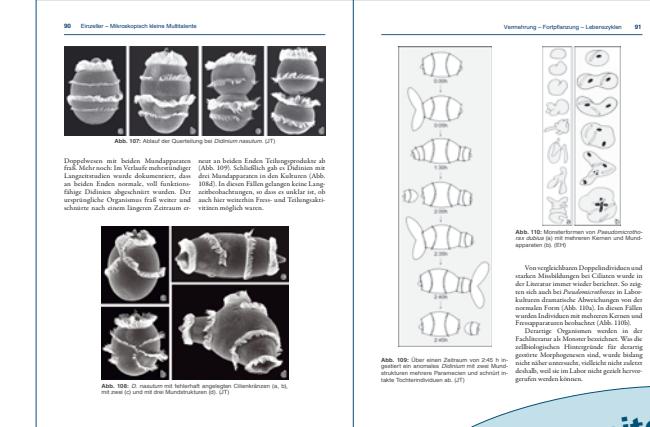
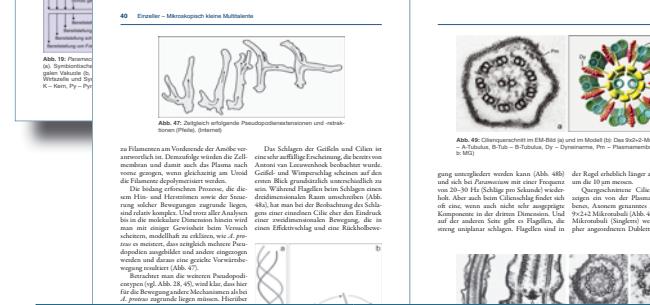
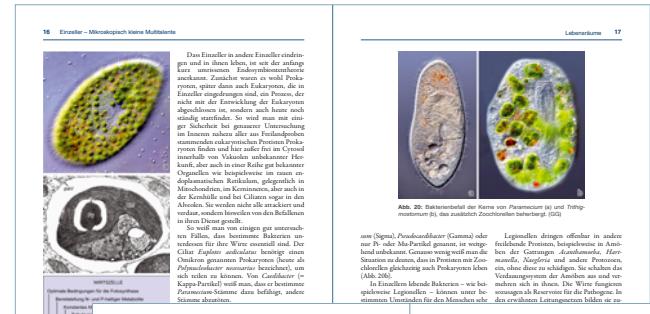
Einzeller

Mikroskopisch kleine Multitalente

2024. X, 188 Seiten, 218 Farbbabbildungen, mit Lesebändchen, gebunden, 17 x 24 cm

ISBN 978-3-510-65556-4 29.90 €

www.schweizerbart.de/9783510655564



Probeseiten



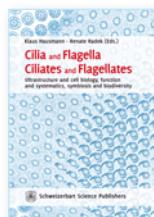
Schweizerbart

Johannesstr. 3 A, 70176 Stuttgart, Germany. Tel. +49 (711) 351456-0 Fax. +49 (711) 351456-99
order@schweizerbart.de www.schweizerbart.de

Inhalt

Vorwort	IX
Vorstoß in den Mikrokosmos	
Prokaryoten – Eukaryoten	1
Antoni van Leeuwenhoek, ein begnadeter Dilettant	3
Christian Gottfried Ehrenberg, ein Visionär	5
Dimensionen	7
Untersuchungsmethoden	8
Lebensräume	
Neuston – Benthos – Plankton	12
Edaphon – Solekanäle – Aerooplankton	13
Einzellerleben in Einzellern	15
Einzellerleben in Vielzellern	18
Mitreisende	22
Morphologie und Ultrastruktur	
Amöben	25
Flagellaten	29
Ciliaten	31
Bewegung	
Amöboide Bewegung	38
Flagellen- und Cilienbewegung	40
Plasmaströmungen	45
Metabolie – Gleiten	45
Kontraktionen – Körperverformungen	50
Nahrungserwerb	
Nahrungserwerb durch Pseudopodien	56
Nahrungserwerb durch Cilien und Flagellen	63
Nahrungserwerb über Mundapparate	65
Beuteerwerb durch Extrusome	72
Unkontrollierter Nahrungserwerb	79

Weitere Titel dieses Autors bei Schweizerbart:



Cilia and Flagella – Ciliates and Flagellates
Ultrastructure and cell biology, function and systematics, symbiosis and biodiversity
Ed.: Klaus Hausmann; Renate Radek
2014. X, 299 pages, 233 figures, 4 tables, bound, 17 x 24 cm
ISBN 978-3-510-65287-7 39.80 €
www.schweizerbart.de/9783510652877



Klaus Hausmann, Norbert Hülsmann, Renate Radek
Protistology
2003. 3. edition, IX, 379 pages, 384 figures, 22 tables, hardcover, 17 x 24 cm
ISBN 978-3-510-65208-2 64.00 €
www.schweizerbart.de/9783510652082

Klaus Hausmann
Lebensweg eines nur durchschnittlich Begabten
Ein Naturwissenschaftler erinnert sich
2018. IV, 393 S., 295 Farabb., gebunden, mit Lesebändchen, 17 x 24 cm
ISBN 978-3-510-65426-0 24.90 €
www.schweizerbart.de/9783510654260



Bestellschein

Ich (wir) bestellen über

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller),
Johannesstr. 3A, 70176 Stuttgart, Germany; Tel. +49 (0) 711/351456-0
order@schweizerbart.de www.schweizerbart.de

Fax +49 (0) 711/351456-99,

Expl. Hausmann: **Einzeller**
ISBN 978-3-510-65556-4 29.90 €

Expl. Hausmann • Hülsmann • Radek: **Protistology**
ISBN 978-3-510-65208-2 64.00 €

Expl. Hausmann • Radek (Eds.):
Cilia and Flagella / Ciliates and Flagellates
ISBN 978-3-510-65287-7 39.80 €

Expl. Hausmann: **Lebensweg**
ISBN 978-3-510-65426-0 24.90 €

Name:

Adresse:

Datum:

Unterschrift: