

The background of the entire cover is a microscopic image showing a dense field of various microorganisms, including protozoa, bacteria, and small invertebrates, all appearing to move or interact in a liquid medium. The organisms are stained, showing various colors like blue, yellow, and brown against a light background.

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  
chemals 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](mailto: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](http://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](mailto:mail@schweizerbart.de), [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)

♻ Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

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

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

(Christian Gottfried Ehrenberg, 1795–1876)

Leseprobe



Leseprobe

# Inhalt

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

<b>Schlussbetrachtung</b> .....	173
---------------------------------	-----

<b>Glossar</b> .....	176
----------------------	-----

<b>Literaturverzeichnis</b> .....	181
-----------------------------------	-----

<b>Danksagungen</b> .....	182
---------------------------	-----

<b>Bildquellen</b> .....	183
--------------------------	-----

<b>Index</b> .....	184
--------------------	-----

## Vorwort

Der Anstoß zu diesem Buch erfolgte während einer mehrwöchigen Nil-Schiffahrt mit dem Fokus auf die ägyptische Antike. Mein Tischnachbar, ein hochbetagter 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.

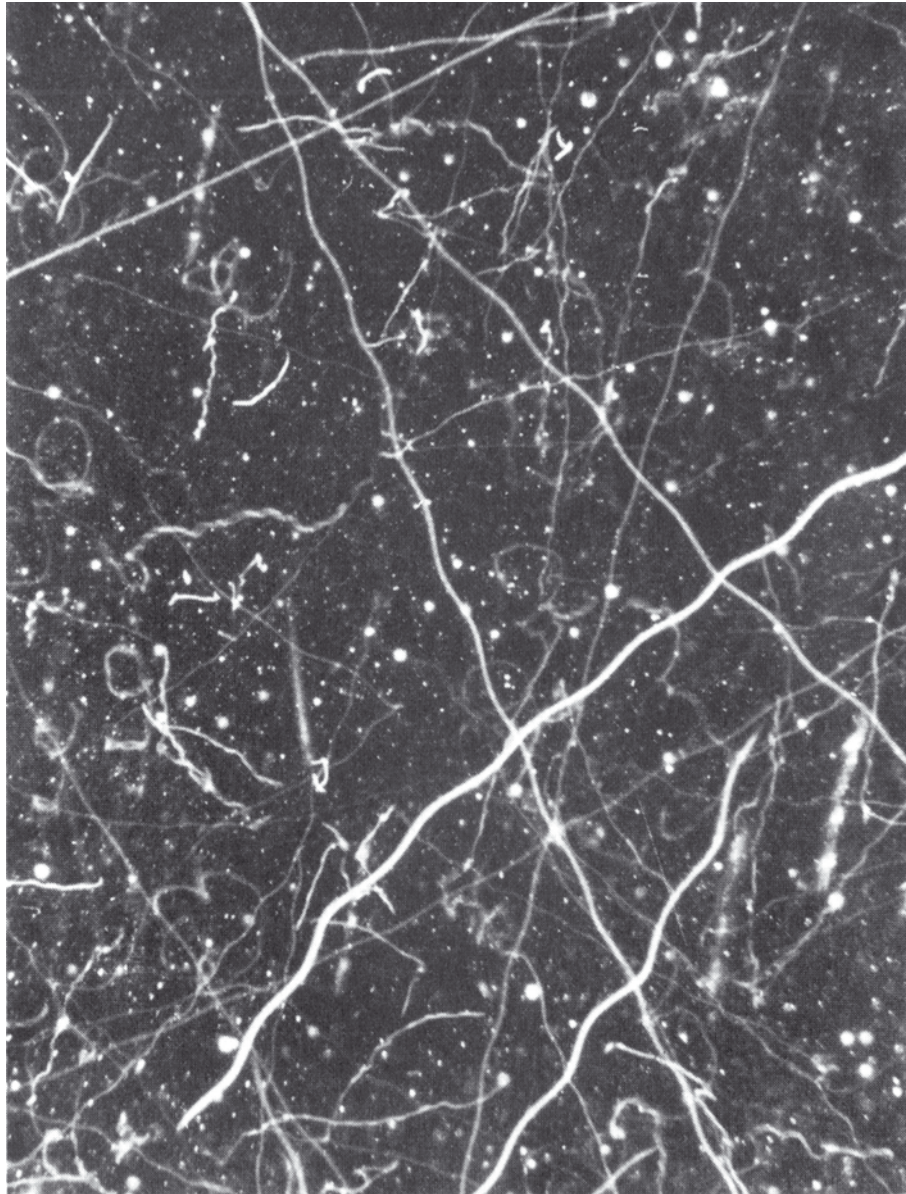
Er versuchte mir für ihn offenbar einfachste physikalische Zusammenhänge zu erklären, die beispielsweise beim Abbremsen eines Kampfflugzeugs berücksichtigt werden müssen. Seine Ausführungen brachten mich oft genug an den Rand meines Verständnisvermögens. Er hingegen kam bisweilen kaum aus dem Staunen über die große Palette des Könnens einzelliger Lebewesen heraus, von dem ich ihm zu berichten wusste. So vernahm er von mir, dass das Pantoffeltier *Paramecium* – 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-Wunders 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 konzentriere 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 welcher 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 durchgeführten 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.

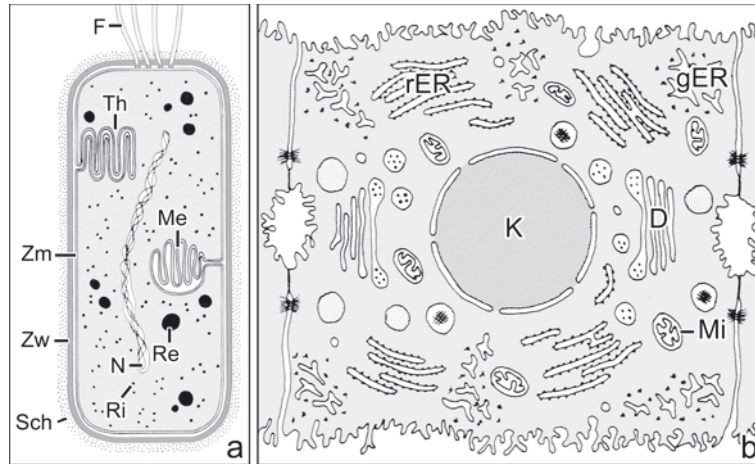
Bevor es *in medias res* geht, müssen vorweg einige Begrifflichkeiten geklärt werden. Eine anschließende Würdigung zweier für die Einzellerkunde maßgeblicher Persönlichkeiten soll ein Gefühl für die historische Dimension der unterdessen über einige Jahrhunderte andauernden wissenschaftlichen Beschäftigung 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 Vielzellern, 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 membranumgrenzte Funktionsräume (Organellen) verschiedenster Art untergliedert ist. Diese Organisationsform wird Kompartimentierung genannt (Abb. 1b, siehe Abb. 33).

Gemäß der Endosymbiontentheorie (griechisch ἔνδον *endon* = innen und συμβίωσις *symbiōsis* = 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 *archaios* = uralt, 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 Photosynthese 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 zur Photosynthese 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 Photosynthese 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 dahingegen organische Stoffe aus ihrer Umwelt aufnehmen, sei es in molekularer, sei es in partikulärer Form. Eine derartige Energieversorgung nennt man heterotroph (griechisch ἕτερος *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.

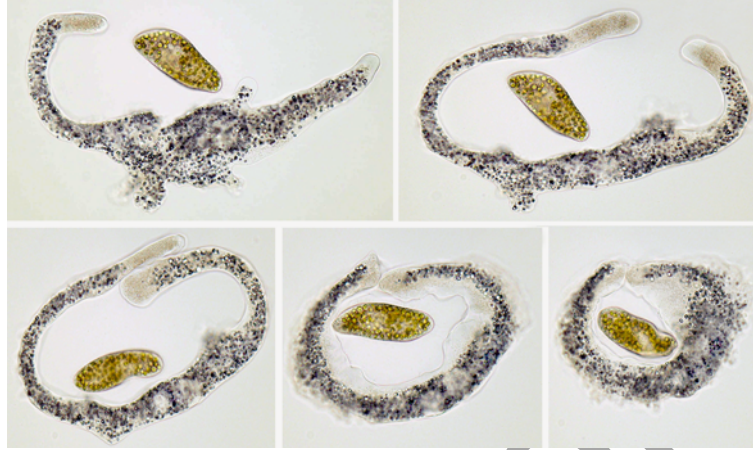
### Nahrungserwerb durch Pseudopodien

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 vorwärtsbewegende *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 –



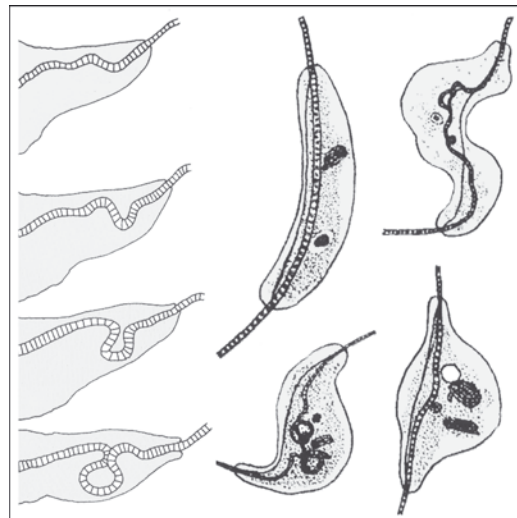
**Abb. 68:** Einige Minuten während der Phagocytosevorgang bei *Amoeba proteus*. Der Beuteciliat *Paramecium bursaria* ist wie gelähmt und versucht nicht zu fliehen. (GZ)

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 Blaualgengattung *Oscillatoria* aufnehmen und im Zellinneren aufknäueln (Abb. 69), was den Vorteil hat, dass in der Amöbe weniger Volumen für die Nahrungsvakuole vonnöten ist. Zur Beschreibung des Knäuelvorgangs wurden für temporäre Differenzierungen Begriffe wie Knäuelpseudopodien, Initialfasern, Pressbacken 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.

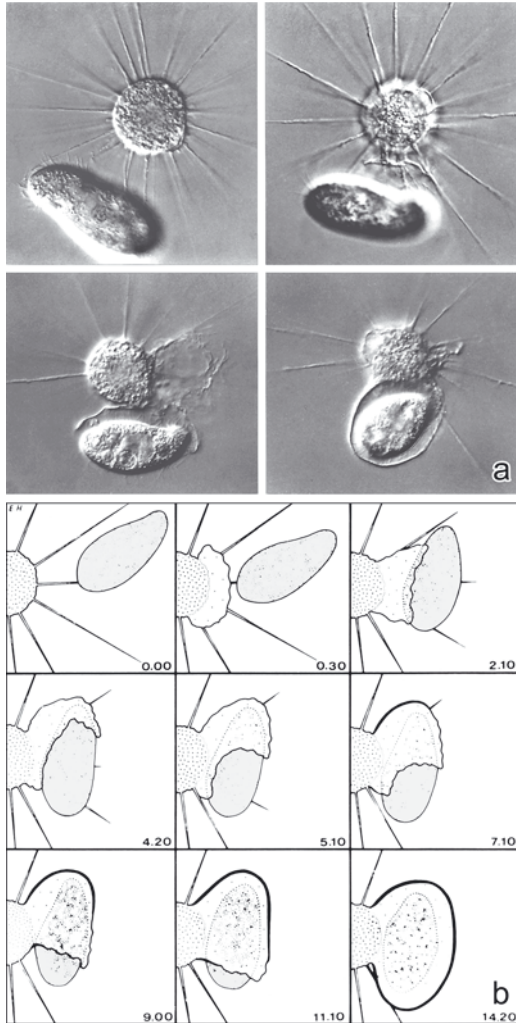
Außer diesen hauptsächlich deskriptiven Beobachtungen sind keine weiteren Details über den Aufknäuelungsvorgang bekannt.

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



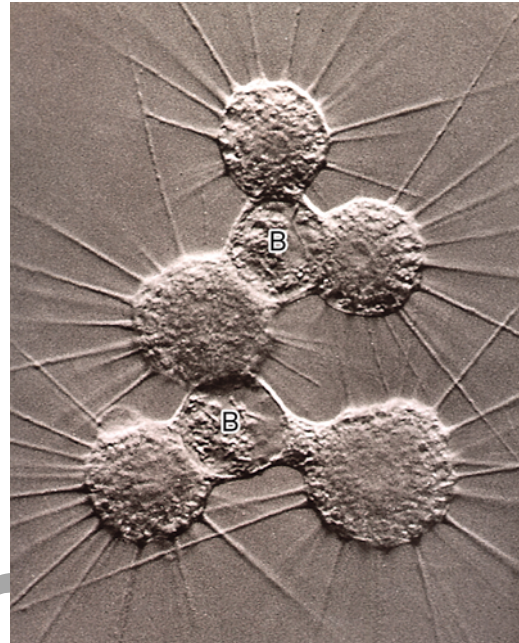
**Abb. 69:** Verschiedene Aufknäuelungsprozesse im Zusammenhang mit der Phagocytose von *Oscillatoria*-Fäden durch *Thecamoeba sphaeronucleolus*. (nach Haberey, 1973; Wittmann, 1950)





**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-



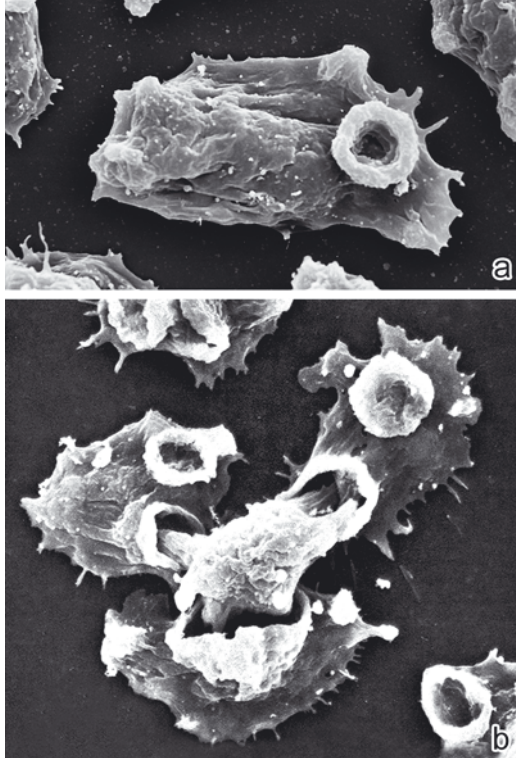
**Abb. 71:** Fressgemeinschaft von *Actinophrys sol*. B – Beute. (KH)

weise ein Ciliat an die Axopodien von *A. sol* (vgl. Abb. 32), werden augenblicklich Klebstoffe ausgeschieden und feine, schlauchförmige 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, währenddessen – 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)

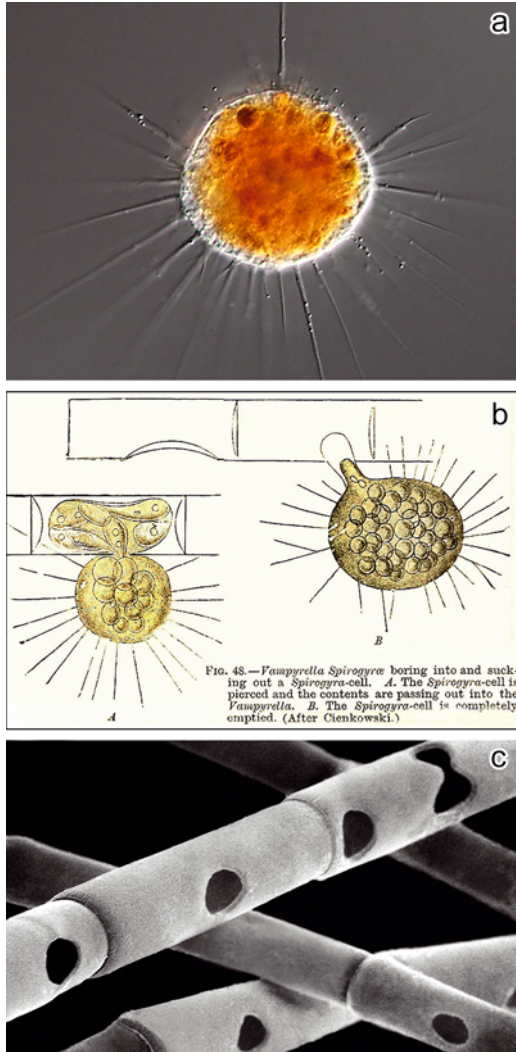
die Beute völlig umhüllt (Abb. 70b). Dieser Vorgang wirft eine bedeutende Frage auf: Woher kommt die Membran, welche die Beute einhüllt?

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 Fangpseudo-podiums 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 Amöbostome ausbilden, mit deren Hilfe sie stückweise Gehirnzellen ingestiert (Abb. 72), ein Vorgang, der mit dem Terminus Trophocytose (griechisch τροφῆν trogēin = 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 Schockers 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 Pharao 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 zigtausend Quadratkilometern registriert worden (Abb. 144).



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

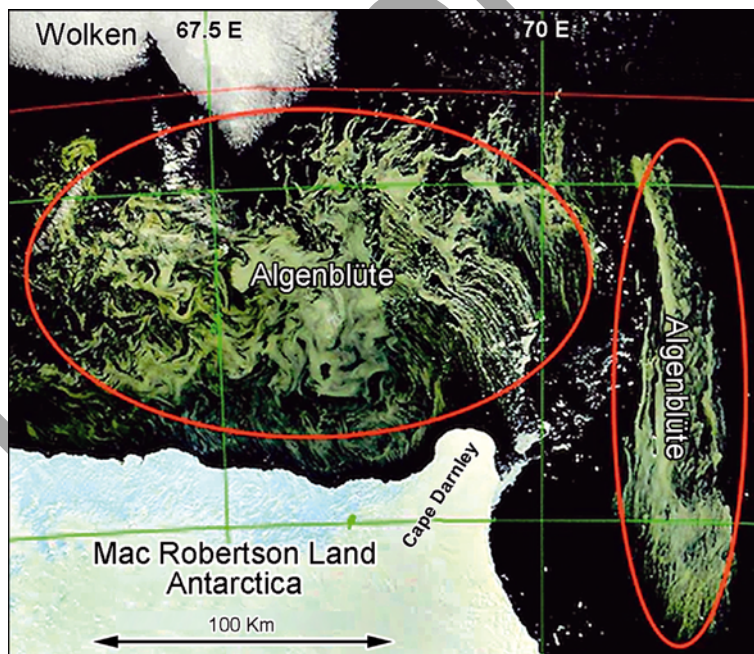


Abb. 144: Algenblüten mit riesiger Ausbreitung in der Antarktis. (NASA)

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

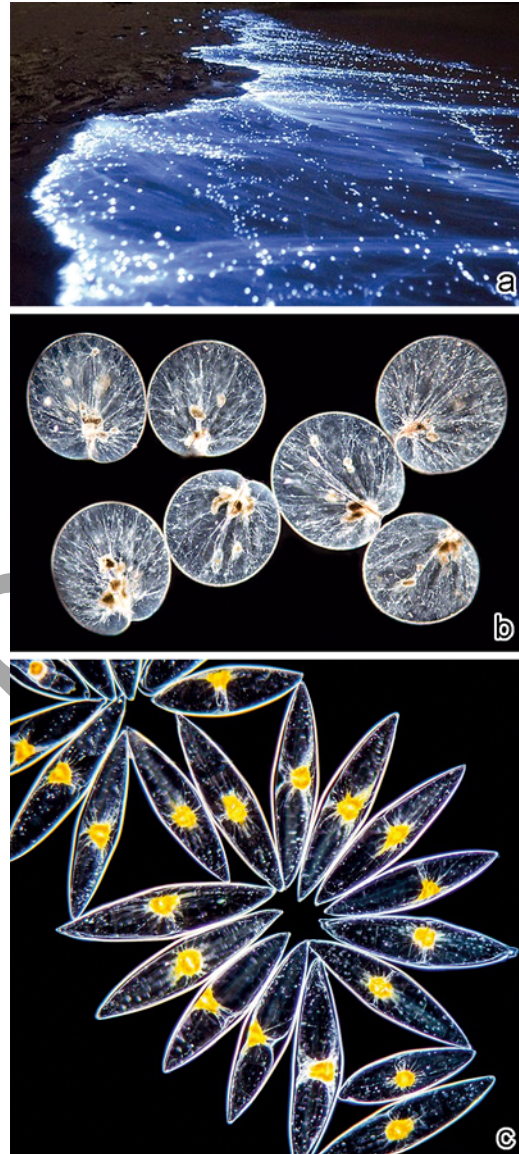
leuchten (Abb. 145a), das zum Phänomen der Biolumineszenz gehört. Als Biolumineszenz (griechisch βίος *bíos* = Leben und lateinisch



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 πῦρ 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

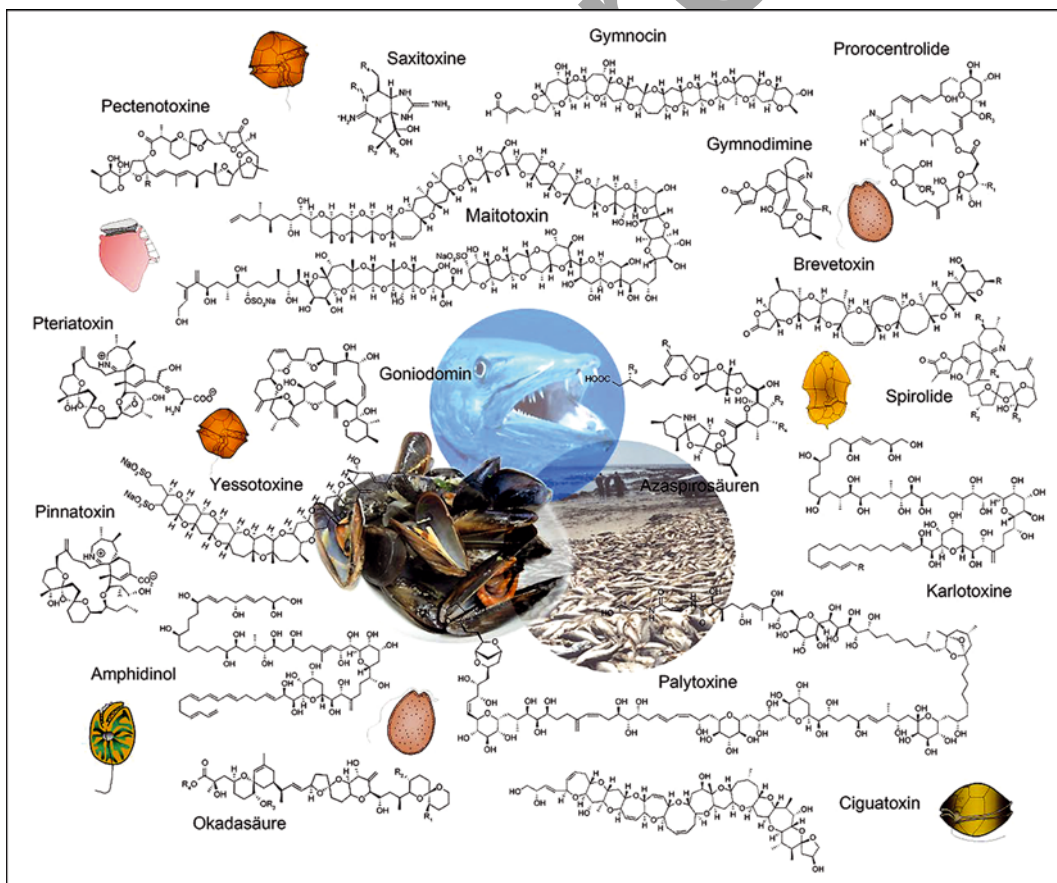


**Abb. 145:** Nächtliches Meeresleuchten vor dem Nordseebad Neuharlingersiel, Esens (a). Die Dinoflagellaten *Noctiluca scintillans* (b) und *Pyrocystis fusiformis* (c) verursachen ein derartiges Meeresleuchten. (a: Internet, b, c: GG)

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  
 Amöbostom 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 = Cytopyge = Zellafter 86  
 Cytopsyche 173  
 Cytoskelett 28, 142  
 Cytosol 16  
 Cytostom 56

### D

Defäkationsvakuole 86  
 Dehnungsfugen, corticale 67  
 Der kleine Proteus 27  
 Desmidiaceen 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 huxleyi* 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  
*Euplotes 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  
 Flimmerhäuschen 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  
 Francé, Raoul (1874–1953) 13, 171  
 Freßgemeinschaft 60  
 Freßpseudopodium 62  
 Friedrich, Caspar David (1774–1840) 131  
 Frontonenkontraktionshypothese 38  
 Frustel 135  
 Fütterung, proktoleale 19
- G**
- Galvanotaxis 115  
*Gammarus* 23  
 Gamone = Pheromone 92  
 Gärkammer 19  
 Gehäuse 125, 131  
 Giftgaswolken 121  
 Gizah-Pyramiden 141  
 Glasmodelle von Einzellern 150
- Gleiten durch Schleimabsonderung 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 = Sontentiere 7, 29, 58, 133  
 Hensen, Victor (1835–1924) 114  
 Heterotrophie 56  
*Holospira 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  
*Lepocinclis tripteris* 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

Myoneme 53  
 Myozytose 71

## N

*Naegleria* 17, 60  
 Nahrungsaufschluss 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  
*Ophrydium 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  
 Plasmodien 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  
 Protoplast 62  
 Protozoen 17  
*Pseudocaudibacter* 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  
 Schätzing, 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  
 Spermienchwänze 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  
 Synkaryon 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  
 Trophocytose 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

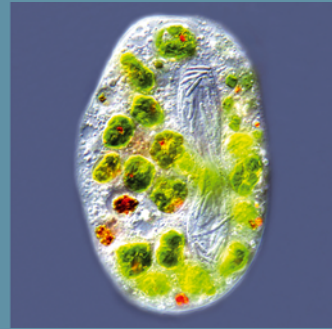
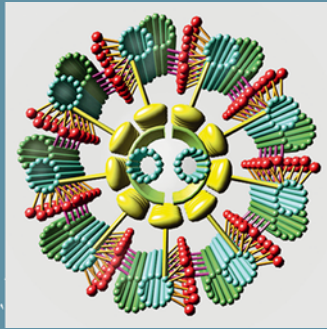
Wachsausschmelzgießverfahren 160  
 Wechseltiere 25  
 Weltausstellung 1900, Paris 154  
 Wiederkäuer 20

## 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

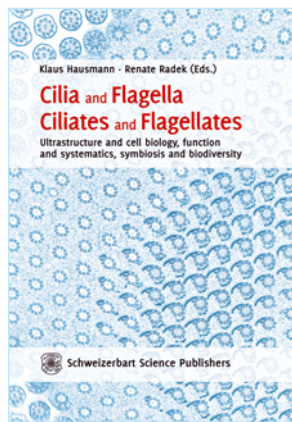
- charakterisiert die Lebensräume einzelliger Organismen
- illustriert Morphologie und Ultrastruktur von Einzellern
- präsentiert die vielfältigen Ausgestaltungen von Bewegungen
- verfolgt den Erwerb sowie den Aufschluss von Nahrung
- macht morphogenetische Vorgänge verständlich
- erklärt Vermehrung- 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](http://www.schweizerbart.de)





## Cilia and Flagella – Ciliates and Flagellates



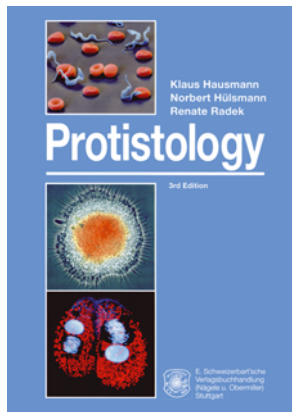
**Ultrastructure and cell biology, function and  
systematics, symbiosis and biodiversity**

**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](http://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, organellar 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](http://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 Farbabbb., gebunden, mit Lesebändchen, 17 x 24 cm  
ISBN 978-3-510-65426-0 24,90 €

[www.schweizerbart.de/9783510654260](http://www.schweizerbart.de/9783510654260)

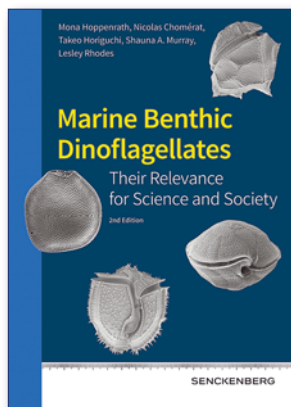
Auslöser für diese Biographie war ein im Zusammenhang mit dem Gymnasialabschluss über ihn verfasstes, aus heutiger Sicht eher fragwürdiges Gutachten. Insbesondere jüngere, am Anfang ihres beruflichen Lebenswegs stehende, möglicherweise an der Richtigkeit ihrer Entscheidung zweifelnde Wissenschaftler 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](http://www.schweizerbart.de) [mail@schweizerbart.de](mailto: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](http://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 Drebes:

## 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](http://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](http://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 Pflanzenstoffwechsel und Ionenhaushalt.



**Schweizerbart**

Tel. +49 (0)711/351456-0 Fax +49 (0)711/351456-99  
[www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de) [mail@schweizerbart.de](mailto:mail@schweizerbart.de)



# Einzeller

## Mikroskopisch kleine Multitalente

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

ISBN 978-3-510-65556-4 29.90 €

[www.schweizerbart.de/9783510655564](http://www.schweizerbart.de/9783510655564)

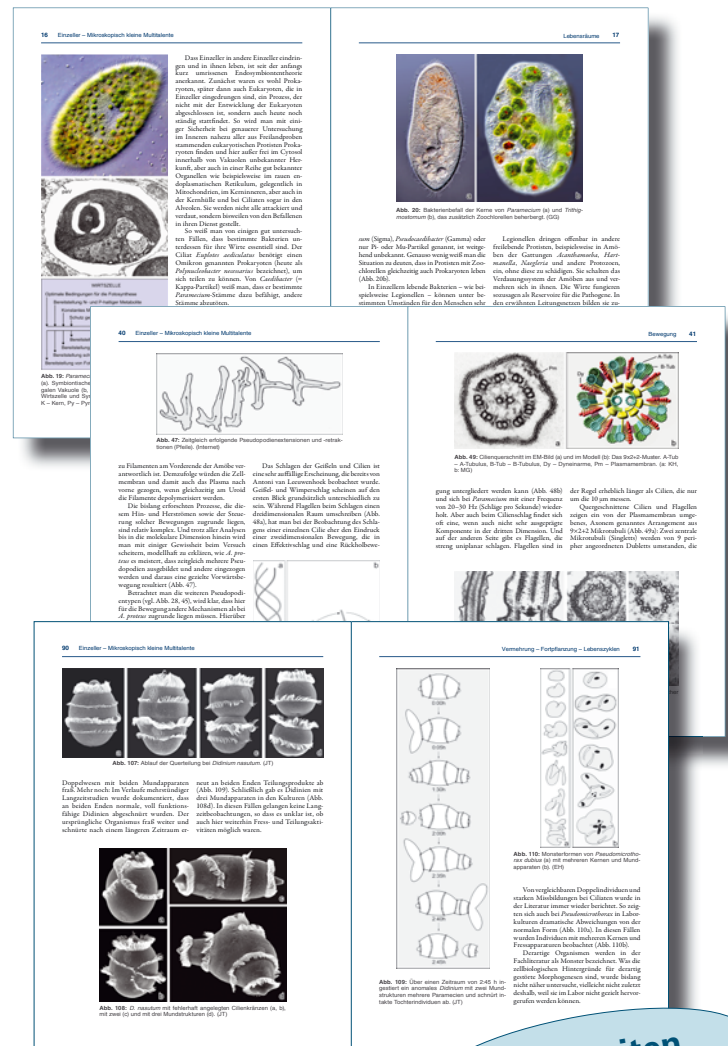


Dieses Werk

- 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.



Probeseiten

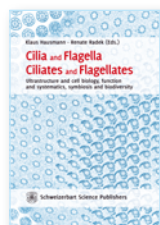
## Inhalt

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

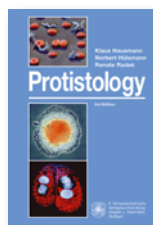
## Verdauen und Ausscheiden

Nahrungsaufschluss	81
Ausscheidung	86
<b>Vermehrung – Fortpflanzung – Lebenszyklen</b>	
Asexuelle Vermehrung	88
Sexuelle Fortpflanzung	92
Lebenszyklen	94
<b>Zurechtfinden in der Umwelt</b>	
Osmoregulation	103
Taxien	107
<b>Verbreitung</b>	
Alles-ist-überall <i>versus</i> Endemismus	116
Algenblüten	116
<b>Einzeller als Baumeister</b>	
Schuppen	125
Gehäuse	131
Skelette	142
<b>Einzeller als Vorbild</b>	
für Bioniker	149
für Künstler	150
<b>Einzeller für Jedermann</b>	
Erschließung des Mikrokosmos für breitere Volksschichten	168
Mikroskopikervereinigungen	171
<b>Schlussbetrachtung</b>	173
<b>Glossar</b>	176
<b>Literaturverzeichnis</b>	181
<b>Danksagungen</b>	182
<b>Bildquellen</b>	183
<b>Index</b>	184

## 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](http://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](http://www.schweizerbart.de/9783510652082)



Klaus Hausmann  
**Lebensweg eines nur durchschnittlich Begabten**  
Ein Naturwissenschaftler erinnert sich  
2018. IV, 393 S., 295 Farbbabb., gebunden, mit Lesebändchen, 17 x 24 cm  
ISBN 978-3-510-65426-0 **24.90 €**  
[www.schweizerbart.de/9783510654260](http://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](mailto:order@schweizerbart.de) [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)

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

\_\_\_\_ Expl. Hausmann: **Einzeller**  
ISBN 978-3-510-65556-4 29.90 €  
\_\_\_\_ Expl. Hausmann • Radek (Eds.):  
**Cilia and Flagella / Ciliates and Flagellates**  
ISBN 978-3-510-65287-7 39.80 €

\_\_\_\_ Expl. Hausmann • Hülsmann • Radek: **Protistology**  
ISBN 978-3-510-65208-2 64.00 €  
\_\_\_\_ Expl. Hausmann: **Lebensweg**  
ISBN 978-3-510-65426-0 24.90 €

Name:

Adresse:

Datum:

Unterschrift: