

SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 444

DAS TIERREICH

Redigiert von H. v. Lengerken

I

EINZELLER, PROTOZOEN

von

PROF. DR. E. REICHENOW

Hamburg

Mit 59 Abbildungen



WALTER DE GRUYTER & CO.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

BERLIN 1956

Alle Rechte, einschließlich der Rechte der Herstellung von Photokopien und
Mikrofilmen, von der Verlagshandlung vorbehalten



Copyright 1956 by
Walter de Gruyter & Co.
Berlin W 35, Genthiner Straße 13

Archiv-Nr. 11 04 44
Satz und Druck: S Saladruck, Berlin N 65
Printed in Germany

DAS TIERREICH
IN DER SAMMLUNG GÖSCHEN

ist wie folgt gegliedert:

- Bd. I. Einzeller.
- Bd. II. Schwämme und Hohltiere.
- Bd. III. Plattwürmer, Hohlwürmer, Kamprozoen, Schnurwürmer, Ringelwürmer, Protracheaten, Bärtierchen und Zungenwürmer.
- Bd. IV. 1. Gliederfüßler: Krebse.
- Bd. IV. 2. Gliederfüßler: Trilobitomorphen, Fühlerlose und Tracheenatmer: Tausendfüßler.
- Bd. IV. 3. Gliederfüßler: Insekten.
- Bd. V. Weichtiere.
- Bd. VI. Stachelhäuter, Tentakulaten, Binnenatmer und Pfeilwürmer.
- Bd. VII. 1. Chordatiere: Manteltiere, Schädellose, Rundmäuler.
- Bd. VII. 2. Chordatiere: Fische.
- Bd. VII. 3. Chordatiere: Lurche.
- Bd. VII. 4. Chordatiere: Kriechtiere.
- Bd. VII. 5. Chordatiere: Vögel.
- Bd. VII. 6. Chordatiere: Säugetiere.

STÄMME DES TIERREICHES

1. Urtiere (*Protozoa*)
2. Schwämme (*Spongia*)
3. Hohltiere (*Coelenterata*)
4. Plattwürmer (*Plathelminthes*)
5. Hohlwürmer (*Aschelminthes*)
6. Schnurwürmer (*Nemertini*)
7. Kamptozoen (*Kamptozoa, Entoprocta*)
8. Ringelwürmer (*Annelida*)
9. Protracheaten (*Protracheata, Onychophora*)
10. Bärtierchen (*Tardigrada*)
11. Zungenwürmer (*Linguatulida*)
12. Gliederfüßler (*Arthropoda*)
13. Weichtiere (*Mollusca*)
14. Stachelhäuter (*Echinodermata*)
15. Tentakulaten (*Tentaculata*), Hufeisenwürmer (*Phoronidea*), Moostierchen (*Bryozoa*) und Armfüßler (*Brachiopoda*)
16. Binnenatmer (*Enteropneusta*)
17. Pfeilwürmer (*Chaetognatha*)
18. Chordatiere (*Chordata*)

INHALT

von Bd. I

	Seite
Einleitung	6
A. Allgemeiner Teil	7
1. Allgemeine Kennzeichnung	7
2. Die Zellnatur der Protozoen	8
3. Gestalt	13
4. Bewegung	22
5. Der Stoffwechsel und seine Organellen	33
a) Ernährung	33
b) Atmung	45
c) Ausscheidungssystem	46
6. Sinneserscheinungen	48
a) Reize und Reizbeantwortung	48
b) Sinnesorganellen	52
c) Reizleitung	54
7. Fortpflanzung	56
a) Kernteilung	57
b) Zweiteilung	61
c) Knospung	64
d) Multiple Teilung	66
e) Koloniebildung	67
8. Sexualität	69
a) Kopulation	69
b) Konjugation	73
c) Kernreduktion	77
9. Entwicklung	80
10. Vorkommen der Protozoen	85
B. Übersicht über das System	88
1. Klasse: <i>Mastigophora</i> , Geißeltiere	88
2. Klasse: <i>Rhizopoda</i> , Wurzelfüßler	97
3. Klasse: <i>Sporozoa</i> , Sporentierchen	102
4. Klasse: <i>Ciliophora</i> , Wimpertiere	106
Literaturverzeichnis	112
Sachregister	113

EINLEITUNG

Das Tierreich (*Regnum animalium*) wird in zwei Unterreiche (*Subregna*) gegliedert, nämlich: Einzeller, Urtiere, Protozoen (*Protozoa*) und Vielzeller, Gewebs- oder Höhere Tiere, Metazoen (*Metazoa*).

1. Unterreich:

Einzeller, Urtiere, Protozoen (*Protozoa*)¹⁾
mit den Merkmalen des Stammes der Einzeller.

¹⁾ gr. *prótos* der erste und *zón* Tier.

1. STAMM

EINZELLER, URTIERE, PROTOZOEN (*Protozoa*)

A. ALLGEMEINER TEIL

1. Allgemeine Kennzeichnung

Die Protozoen, Einzeller oder Urtiere, sind einzellige tierische Lebewesen, d. h. ihr ganzer Körper weist in den Grundzügen denselben Bau auf, den die einzelnen Elemente zeigen, die den Körper der Vielzelligen oder Gewebetiere (*Metazoa*) zusammensetzen. Er besteht also aus den beiden Grundbestandteilen Zelleib und Zellkern. Jedoch ist ein wesentlicher Unterschied nicht zu übersehen. Während die Gewebezellen bestimmte Teilaufgaben für den vielzelligen Organismus zu erfüllen haben und daher einseitig differenziert sind, müssen die Protozoen alle Leistungen eines Lebewesens im Rahmen ihrer Einzelligkeit vollführen können, also vielseitige Differenzierungen aufweisen. Der Zellrahmen kann bei manchen Protozoen insofern erweitert sein, als mehrere oder zahlreiche gleichartige Kerne in dem einheitlichen Zytoplasmaleib vorhanden sind. Die Wimpertiere oder Ciliaten unterscheiden sich von allen anderen Protozoen dadurch, daß bei ihnen stets zweierlei im Aussehen und in der Leistung verschiedene Kerne vorhanden sind (Großkern oder somatischer und Kleinkern oder generativer Kern).

Wenn wir die Protozoen als tierische Lebewesen bezeichnen, so ist doch zu beachten, daß in einer ihrer Klassen, nämlich bei den Geißeltieren oder Flagellaten, eine Grenze zu den pflanzlichen Einzelligen nicht gezogen werden kann. In dieser Klasse finden wir Vertreter, die in ihrer Ernährungsweise rein tierisch (*heterotroph*) sind, andere, die Chlorophyll (*Blattgrün*) enthalten und sich wie Pflanzen ernähren (*autotroph*), und wieder andere, bei denen beide Formen der Ernährung zugleich vorkommen (*mixotroph*).

Da solche Verschiedenheiten Arten eignen, die ihrer sonstigen Organisation nach nahe verwandt sind, so müssen in eine systematische Betrachtung der Protozoen auch die mehr oder weniger pflanzlichen Flagellaten mit aufgenommen werden. Von den rein autotrophen zu den rein heterotrophen Formen ergeben sich Entwicklungsreihen, die offenbar von stammesgeschichtlicher Bedeutung sind.

2. Die Zellnatur der Protozoen

Als Einzeller sind die Protozoen fast durchweg sehr kleine Lebewesen, von denen die größten dem unbewaffneten Auge gerade noch sichtbar, die meisten aber nur mit Hilfe des Mikroskops wahrnehmbar sind. Doch sind im Rahmen der Einzelligkeit die Größenunterschiede nicht geringer als in den Klassen der Metazoen. Die Größe der Protozoen wird gewöhnlich nach Tausendsteln eines Millimeters gemessen ($0,001 \text{ mm} = 1 \text{ Mikron, } \mu$). Die kleinsten Geißeltierchen sind nur 3μ groß, während z. B. das bandförmig gestaltete Wimpertierchen *Spirostomum ambiguum* 3 mm Länge erreicht. Das ist etwa derselbe Unterschied, wie zwischen dem kleinsten und dem größten Säugetier, einer Zwergmaus und dem 30 m langen Blauwal.

Die Zellnatur der Protozoen bringt es mit sich, daß die allgemeinen Erkenntnisse der Zellenlehre auch für sie Gültigkeit haben und daß sie als einzeln lebende Zellen bevorzugte Objekte der Zellforschung sind. Die lebende Substanz des Zellkörpers, das Protoplasma, ist in ihrer Elementarstruktur aufzufassen als ein Kolloidsystem, dessen retikulär-disperse Phase ein Gerüst fadenförmiger Eiweißmoleküle zusammen mit Molekülen anderer Stoffe bildet. Diese Struktur ist mikroskopisch nicht sichtbar; im mikroskopischen Bild wirkt das Protoplasma homogen, sofern es nicht durch eingelagerte Körnchen oder Flüssigkeitströpfchen granuliert oder vakuolisiert erscheint. Oft ist eine Schichtung vorhanden. So läßt sich bei Amöben (Abb. 1) gewöhnlich ein homogenes Ektoplasma von dem mit Einschlüssen versehenen Entoplasma unterscheiden. Diese Plasmapartien sind nicht scharf gesondert

und gehen bei fließenden Bewegungen ständig ineinander über. In anderen Fällen besteht eine scharfe Abgrenzung der Schichten. Bei Sontentierchen (Heliozoen), z. B. *Actinosphaerium* (Abb. 2), unterscheidet man die grob vakuolierte Rindenschicht von der feineren Markschrift. Der Zellkörper der Radiolarien wird durch eine kräftige Membran in eine Zentralkapsel und eine extrakapsuläre grobschaumige Protoplasmamasse gesondert (Abb. 53). Auch bei den Wimpertierchen (Ciliophoren) ist die als Kortikalplasma bezeichnete, an fädigen Strukturen reiche Außenschicht deutlich gegen das Innere abgesetzt.

Der im Entoplasma gelegene Zellkern ist ein von der umgebenden Körpermasse stets scharf abgegrenztes, mit einer Membran umhülltes Gebilde. Seine Substanz (Karyoplasma) weist chemische Unterschiede von der umgebenden Körpersubstanz (dem Cytoplasma) auf. Infolge abweichender Lichtbrechung ist der Kern auch im lebenden Zellkörper mehr oder weniger deutlich sichtbar. Bei der Herstellung gefärbter Präparate zeigt sich, daß er neben einem oder mehreren Binnenkörpern (Nukleolen) als Chromatin bezeichnete Körnchen enthält, die durch basische Farbstoffe färbbar sind. Diese Körnchen geben auch eine positive Nuklealreaktion, eine chemische Farb-reaktion zum Nachweis der Desoxyribonukleinsäure. Die DNS bildet mit basischen Eiweißkörpern die Nukleoproteide, welche das Substrat der Gene, der wirksamen Faktoren aller Lebenserscheinungen, darstellen.

Die Gene sind in bestimmten Kernbestandteilen angeordnet, den Chromosomen, die als gesonderte Einheiten meist nur während der Kernvermehrung erkennbar sind. Ihre Anzahl ist bei jeder Art konstant, und wenigstens

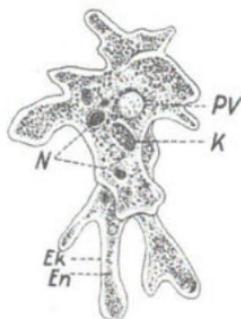


Abb. 1. *Amoeba proteus*.
— Nach Doflein
Ek Ektoplasma, En Entoplasma, K Kern, N Nahrungskörper, PV pulsierende Vakuole

einen vollständigen Chromosomensatz (Genom genannt) muß der Protozookern enthalten. Sind mehrere gleichartige Kerne in dem Zellkörper vorhanden, dann bildet ein jeder zusammen mit einer ihn umgebenden Cytoplasmarteil eine selbständig lebensfähige Einheit, die man als *Energide* bezeichnet. Man kann daher das vielkernige

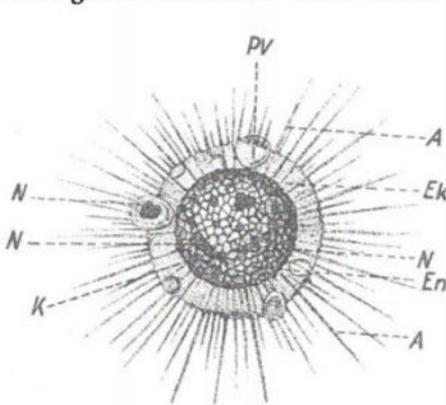


Abb. 2. *Actinosphaerium*. — Nach Doflein
A Axopodien, Ek Ektoplasma, En Entoplasma,
K Kern, N Nahrungskörper, PV pulsierende
Vakuole

Actinosphaerium (Abb. 2) in mehrere Stücke zerschneiden, die sich alle wieder zu einem vollständigen, dauernd weitergehenden Organismus regenerieren können, während bei Zerschneidung einer einkernigen Protozoenart

(Amöbe) nur der kernhaltige Teil zu dauerndem Weiterleben befähigt ist.

Actinosphaerium zerfällt auch in

einer bestimmten Phase seiner Entwicklung, nämlich beim Auftreten von Befruchtungsvorgängen (S. 78) von selbst in lauter einkernige Elemente. Der Zellkörper dieses Sontentierchens ist also polyenergid.

Auch der einzelne Kern kann mehr als ein Genom enthalten. Eine Verdoppelung der Chromosomenzahl (diploider Zustand) erfolgt bei jedem Befruchtungsvorgang durch die Verschmelzung zweier Kerne. Bei den auf geschlechtlichem Wege entstandenen Metazoen sind alle Zellkerne diploid; sie enthalten ein Genom mütterlichen und eines väterlichen Ursprungs, denn eine Trennung der Genome findet nur bei der Reifung der Geschlechtszellen (Eier oder Spermien) durch die Reduktionsteilung statt. Ebenso

kann auch bei Protozoen der durch Kernverschmelzung entstandene diploide Zustand zahlreiche Generationen hindurch bis zum nächsten Befruchtungsakt erhalten bleiben. Die Kleinkerne aller Ciliophoren und die Kerne einiger Sonnentierchen (wie *Actinosphaerium*) sind diploid.

Die Anzahl der in einem Kern enthaltenen Genome kann noch größer sein. Wir sprechen dann von polyploiden Protozoenkernen. Während mit der als Mitose bezeichneten Kernteilung eine Spaltung aller Chromosomen verbunden ist, so daß jeder der beiden Tochterkerne wieder einen vollständigen Chromosomensatz aufweist, entsteht die Polyploidie durch Chromosomenspaltungen innerhalb des ungeteilt bleibenden Kernes, durch Endomitose. Polyploid sind z. B. die Großkerne aller Ciliaten und die Kerne mancher Radiolarien. Solche Kerne sind zugleich polyenergisch, d. h. Teilstücke von ihnen können zusammen mit einer entsprechenden Cytoplasmapartie die Regeneration eines dauernd lebens- und fortpflanzungsfähigen Organismus herbeiführen. Ein Beispiel zeigt das Ergebnis der Zerschneidung eines Trompetentierchens (*Stentor*) in mehrere Stücke, die je einen Teil des perlschnurförmigen Großkerns enthalten (Abb. 3).

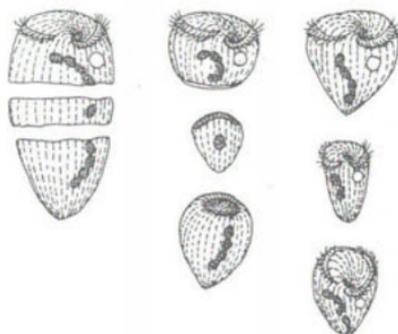


Abb. 3. Regeneration bei einem in 3 kernhaltige Stücke zerschnittenen *Stentor*. — Nach Gruber

Wie bemerkt, zeichnen sich die Wimpertierchen (Ciliaten) vor allen anderen Protozoen dadurch aus, daß sie stets zweierlei Kerne aufweisen, die wegen ihres bedeutenden Größenunterschiedes als Groß- und Kleinkern (Makro- und Mikronukleus) bezeichnet werden (Abb. 16). Der Kleinkern, seltener der Großkern, kann auch in der Mehrzahl vorhanden sein (Abb. 24). Die

Bedeutung dieses Kerndualismus wird uns aus der dem Kerne zufallenden doppelten Rolle verständlich. Einmal ist er Träger der Gene, welche das Erbgut der Zelle darstellen, und außerdem hat er gewisse Leistungen beim Ablauf der Lebensvorgänge zu erfüllen. Bei den vielzelligen Organismen fällt die erste Aufgabe den Kernen der unbegrenzt fortpflanzungsfähigen Geschlechtszellen (der Keimbahn), die zweite denen der übrigen Körperzellen (dem Soma) zu. Bei den meisten Protozoen sind beide Aufgaben in einem Kerne vereinigt, und da die Erbmasse unangetastet erhalten bleiben muß, ist neben diesem generativen Anteil noch für die Beteiligung am Lebensprozeß ein somatischer Anteil vorhanden. Bei den höchstorganisierten Protozoen, den Ciliaten, ist die den Metazoen eigene Trennung in Keimbahn und Soma im Rahmen der Einzelligkeit wenigstens bezüglich der Kerne durchgeführt: der Kleinkern ist der generative, der Großkern der somatische Kern. So wie aus den Geschlechtszellen der Metazoen die verschiedenen Organzellen hervorgehen, entstehen aus Abkömmlingen der Kleinkerne die Großkerne der Wimperntierchen. Das geschieht im Zusammenhang mit den Befruchtungsvorgängen dieser Organismen (vgl. S. 73).

Der auffällige Größenunterschied zwischen den beiden Kerntypen erklärt sich daraus, daß der somatische Kern, um seine Aufgaben im Zelleben zu erfüllen, in einem bestimmten Größenverhältnis zu dem ihn umschließenden Zelleib stehen muß, was bei dem generativen Kern entfällt. Die Wechselbeziehungen zwischen Kern und Cytoplasma bestehen in einer Aufnahme von Stoffen für das Wachstum des Kernes und in einer Abgabe von Stoffen, insbesondere von Fermenten, die im Stoffwechsel des Zellkörpers benötigt werden. Für die Intensität dieser Vorgänge ist aber mehr noch als das Volumen die Oberfläche des Kernes maßgebend. Die meisten Protozoenkern sind von kugeligere Gestalt. Je größer aber eine Kugel ist, um so kleiner ist relativ ihre Oberfläche. So erklärt es sich, daß die Großkerne großer Ciliophoren vielfach eine Oberflächenvergrößerung erfahren haben, indem sie von der Kugelform abweichende bandförmige (Abb. 20), perlschnurförmige (Abb. 18) oder verzweigte Gestalten aufweisen. Am Kern eines Trompetentierchens wird durch die Perlschnurform, wenn sie 20 Anschwellungen aufweist, eine etwa 2,7fache Oberflächenvergrößerung erzielt. Auch die Vielkernigkeit mancher Protozoen wirkt sich in gleichem Sinne aus. Bei einem Actinosphaerium mit 100 Kernen ist die Summe der Oberflächen 4,6mal größer, als wenn ein einziger kugeligere Kern von gleichem Gesamtvolumen vorhanden wäre.

3. Gestalt

Die Gestalt der Protozoen wird in erster Linie durch die Eigenschaften der Zelloberfläche bestimmt. Ist das Oberflächenhäutchen, die Pellikula, sehr zart und sind auch im Zellinneren keine verfestigten Bestandteile vorhanden, so bedingt der flüssige Aggregatzustand des Protoplasmas eine Kugelgestalt, wie sie jeder Flüssigkeitstropfen aufweist. Jedoch bewirken gewöhnlich chemische oder physikalische Unterschiede in den Regionen des Zellkörpers, daß statt dessen eine unregelmäßige Gestalt auftritt, wie sie eine Amöbe zeigt (Abb. 1). Zumeist besitzt aber die Pellikula einen genügenden Festigkeitsgrad, um die mannigfaltigsten von der Kugelform abweichenden Gestalten zu ermöglichen. Diese Festigkeit wird häufig dadurch gesteigert, daß das Häutchen nicht ganz glatt, sondern gewellt oder mit Rippen, Furchen, Grübchen versehen ist. Solche Oberflächengestaltungen finden wir vornehmlich bei den Ciliaten. So weist das

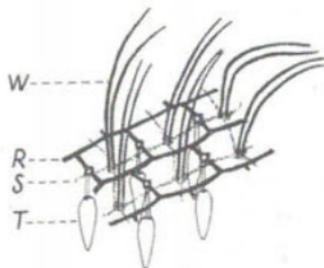


Abb. 4. Schema eines Oberflächenstückes von *Paramecium*. — Nach v. Gelei. R Rippenbildungen, S Silberliniennetz, T Trichocysten, W Wimpern

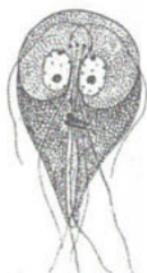


Abb. 5. *Lamblia intestinalis*

Pantoffeltierchen (*Paramecium*) eine aus Grübchenreihen bestehende regelmäßige Felderung auf (Abb. 4). Auch fadenförmige Einlagerungen (Fibrillen) kann die Pellikula enthalten, wenn an bestimmten Stellen eine besondere Starrheit erforderlich ist. So besitzen gewisse parasitische Flagellaten, die Lamblien, eine saugnapfartige Vertiefung der Unterseite, die von einer Randfibrille eingefaßt ist (Abb. 5).

Ganz allgemein verbreitet ist ein Netzwerk von Fibrillen, das der Pellikula von

innen angelagert ist. Da es nur durch die besondere Färbemethode der Versilberung nachweisbar ist, wird es als Silberliniensystem bezeichnet (Abb. 6). Bei den Ciliaten ist dieses System in seiner Ausgestaltung so mannigfaltig und dabei für die einzelnen Arten so kennzeichnend, daß es ein wichtiges Merkmal der Artunterscheidung ist.



Abb. 6. *Chilodonella cucullulus*, Ventralseite. Silberlinien und Basalkörner der Wimpern. — Nach Klein

Auch in der Tiefe verlaufende Fibrillen treten als formbestimmende Elemente auf. Der Achsenstab bei einigen Flagellatengattungen wie *Trichomonas* (Abb. 15), der vorn eine Stütze für die Ursprungsstelle der Geißeln bildet und hinten mit zugespitztem Ende aus dem Zellkörper herausragt, setzt sich aus einem Fadenbündel zusammen. Ein ganzes Gerüst bilden zahlreiche Achsenstäbe z. B. bei der im Darne von Termiten vorkommenden vielkernigen *Calonympha* (Abb. 33); sie verleihen dem vorderen, geißeltragenden Körperteil Festigkeit

und vereinigen sich nach hinten zu einem kompakten Stiel.

Alle solche Stützeinrichtungen lassen dem Zellkörper jedoch eine gewisse Elastizität, die es ihm ermöglicht, äußerem Druck nachgebend sich durch Engpässe hindurchzuzwängen und nach deren Überwindung die ursprüngliche Gestalt wieder herzustellen. Panzer- und Skelettbildungen verleihen dagegen vielen Protozoen eine starre unnachgiebige Körperform. Eine Panzerung weist unter den freilebenden Wimpertierchen die Gattung *Coleps* auf. Sie besteht aus Platten, die in 4 Gürteln angeordnet im Ektoplasma liegen (Abb. 7). Diese Platten sind an dem einen Seitenrande glatt, an dem anderen aber ausgezackt, so daß zwischen den Zacken Lücken in der Panzerung ver-