

Eukaryotes and viruses:
Introduction to Protists

C. Beardsley, ICBM
08.01.2009

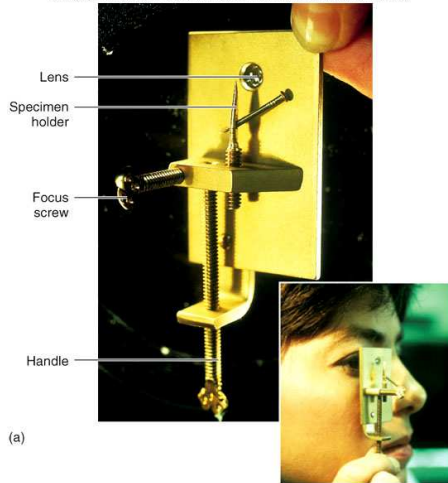


History

Antonie van Leeuwenhoek (1673)

Animalcula

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



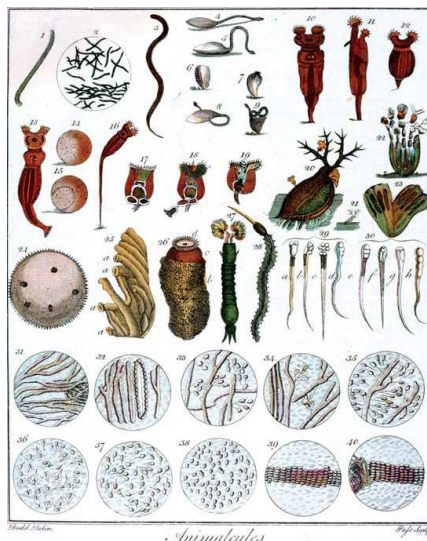
Microbes were first observed using a simple microscope and reported as "animalcules" to the Royal Society of London.



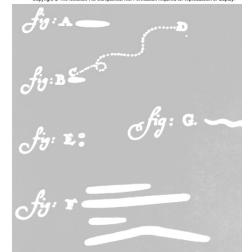
History

Antonie van Leeuwenhoek (1676)

Animalcula



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.


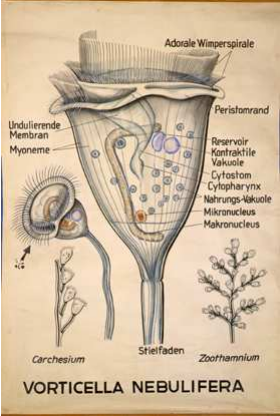
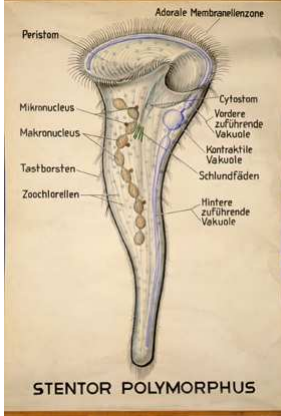


Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

History

Martin Frobenius Ledermüller (1760/63)
Lorenz Oken (1805)

Infusoria
Urthiere

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

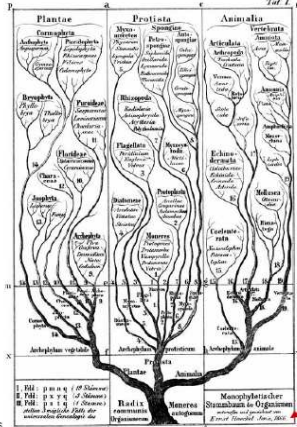
History

Georg August Goldfuss (1818)
John Hogg (1861)


Protozoa
Protoctista

Ernst Haeckel (1866)

Protista



Tree of life - Haeckel (1866)



Ernst Haeckel (1834 - 1919)

Seven years after Darwin's "Origin of the species"

© Heribert Cypionka, www.icbm.de/jmbio

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

History

www.biologie.uni-hamburg.de/b-online

Linnaeus 1735	Haeckel 1866 ^[1]	Chatton 1937 ^[2]	Copeland 1956 ^[3]	Whittaker 1969 ^[4]	Woese et al. 1977 ^[5]	Woese et al. 1990 ^[6]
2 kingdoms	3 kingdoms	2 empires	4 kingdoms	5 kingdoms	6 kingdoms	3 domains
(not treated)	Protista	Prokaryota	Monera	Monera	Eubacteria Archaebacteria	Bacteria Archaea
Vegetabilia	Plantae	Eukaryota	Protocista	Protista	Protista	Eukarya
Animalia	Animalia		Plantae Animalia	Fungi Plantae Animalia	Fungi Plantae Animalia	

Wikipedia.org
H. Cypionka. www.icbm.de/pmbio

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Definition

Protista

Protists are a heterogeneous group of organisms, comprising those eukaryotes that are not animals, plants, or fungi. They are usually treated as the kingdom Protista or Protoctista. The protists are a paraphyletic grade, rather than a natural (monophyletic) group, and do not have much in common besides a relatively simple organization (unicellular, or multicellular without highly specialized tissues). Some call it the "left-overs" from the other eukaryotic kingdoms.

(Wikipedia)

Mostly, but not exclusively, unicellular eukaryotic organisms.

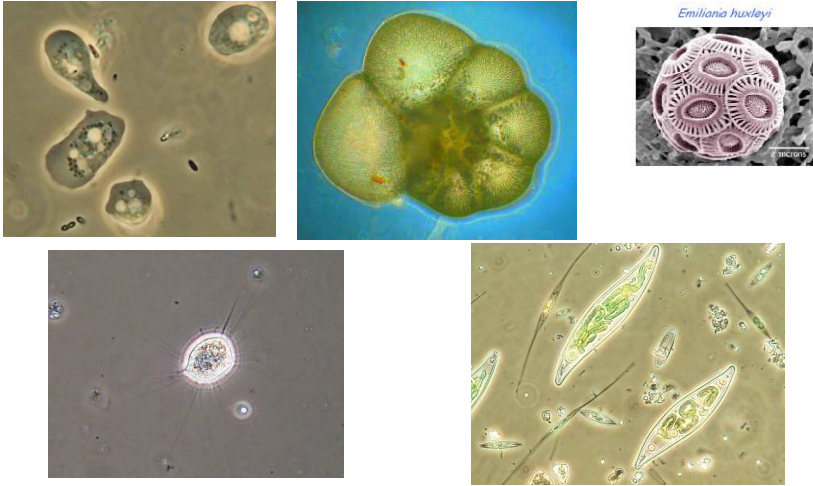
What are taxonomic definitions based on?

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Classification by Morphology & Physiology

Note: term classification is neutral and only means grouping by categories!

Cell membrane: Without, Silikate, Cellulose, Carbonate, Chitin, Proteins...




Fotos: H. Cypionka

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Classification by Morphology & Physiology

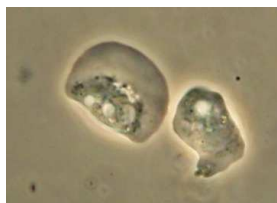
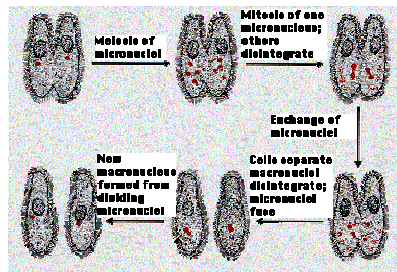
Movement: Pseudopodia, Flagella, Cilia, Sessile



Fotos: H. Cypionka

Classification by Morphology & Physiology

Developmental stages: sexual and/or asexual reproduction



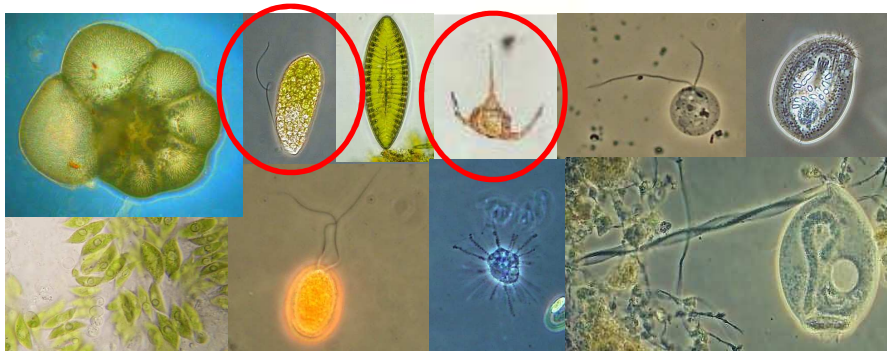
Fotos: H. Cypionka

Classification by Morphology & Physiology

Trophic life style: phototrophic, organoheterotrophic or mixotrophic

→ heterotrophic: phagotrophic or osmotrophic

→ phagotrophic: Filter feeding or Interception feeding



Fotos: H. Cypionka

What are taxonomic definitions based on?

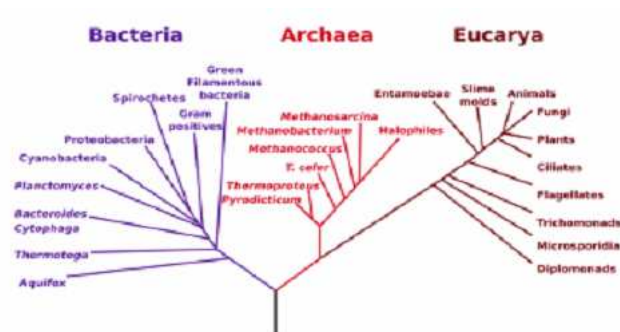
Traditionally, taxonomy was based on morphological and physiological similarities among organisms.

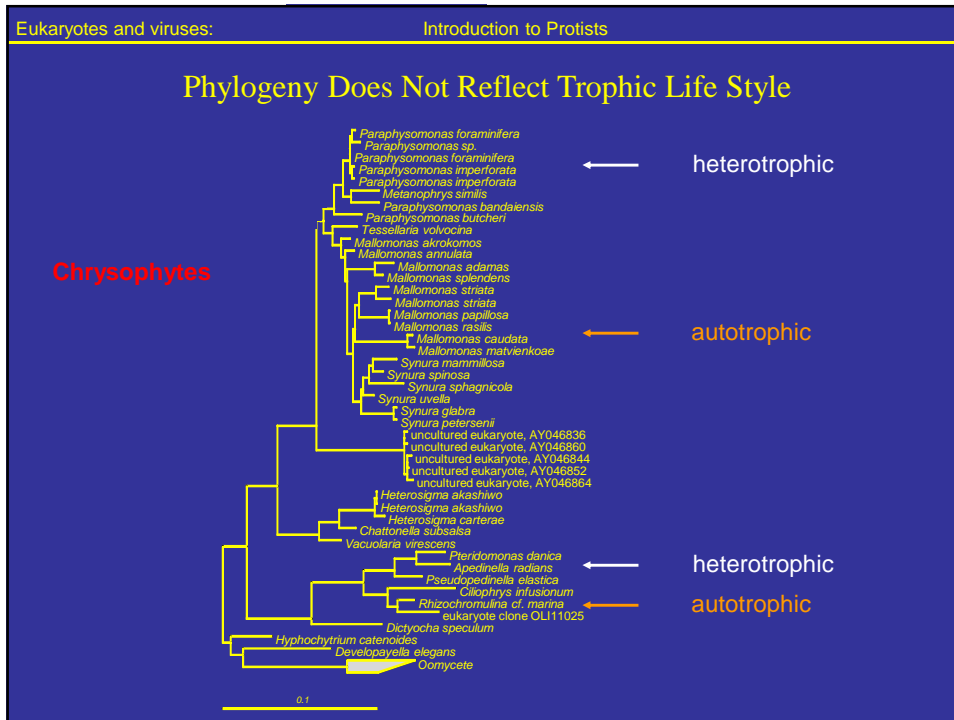
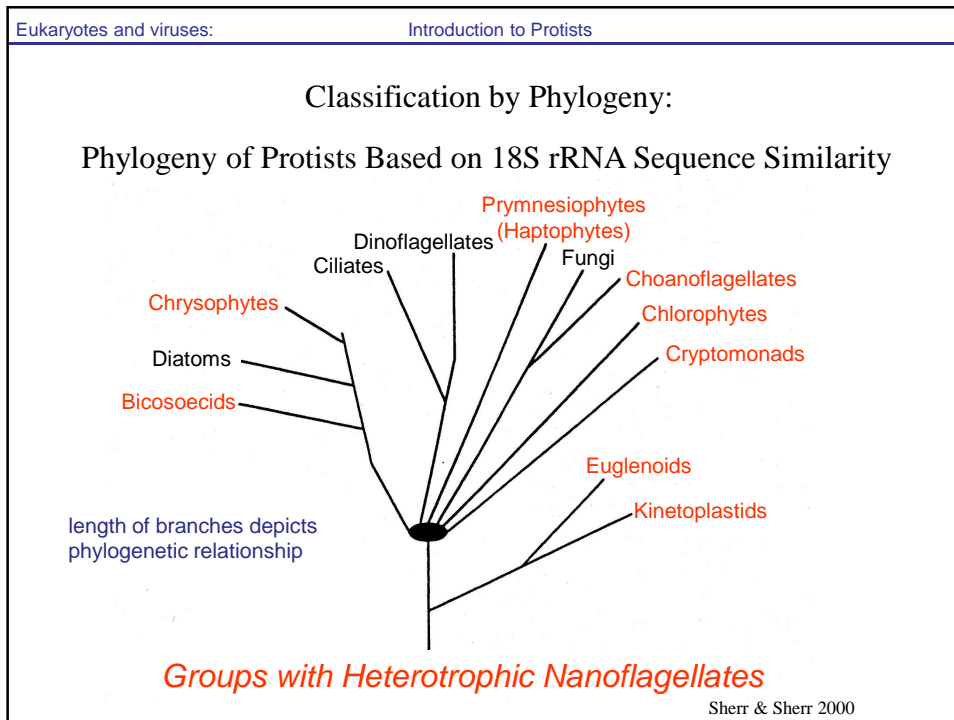
Concept: These similarities (or lack thereof) were inherited and “modified” by random mutation & natural selection - thus reflect phylogeny.

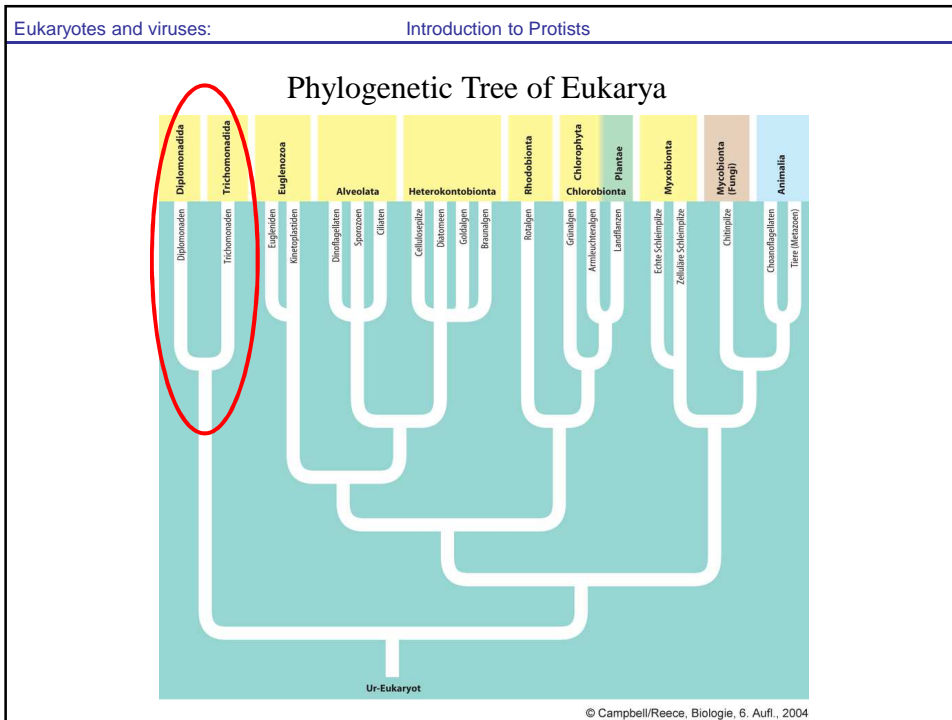
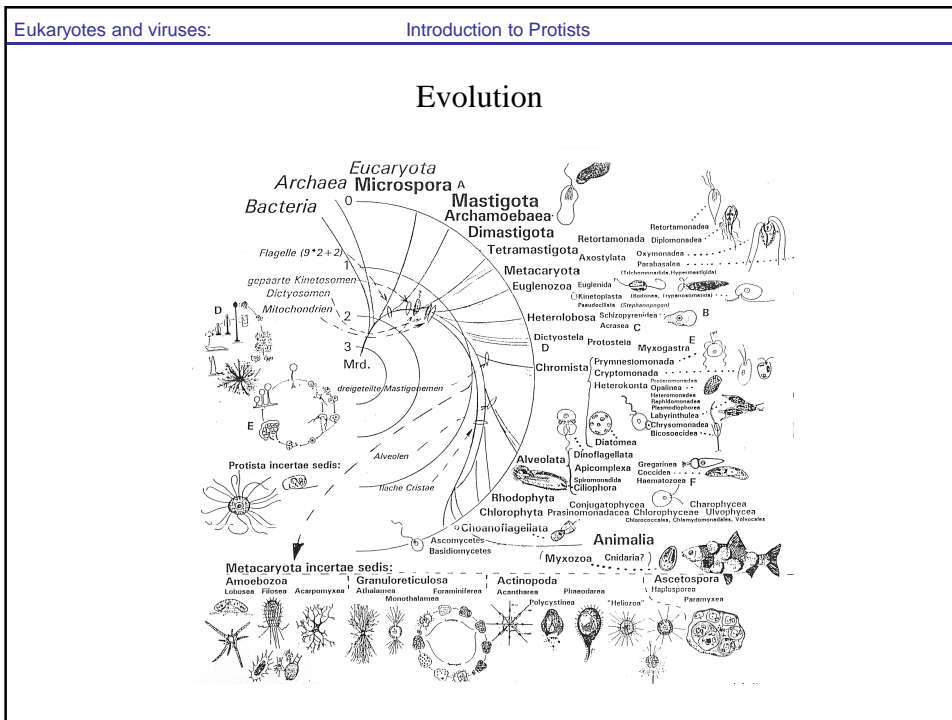
But within the heterogeneous group of protists no consistent classification arises from putting these phenotypical traits into some kind of serial order!

Classification by Phylogeny:

Tree of Life Based on SSU-rRNA Sequence Similarity









Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Trichomonads:
Trichomonas vaginalis



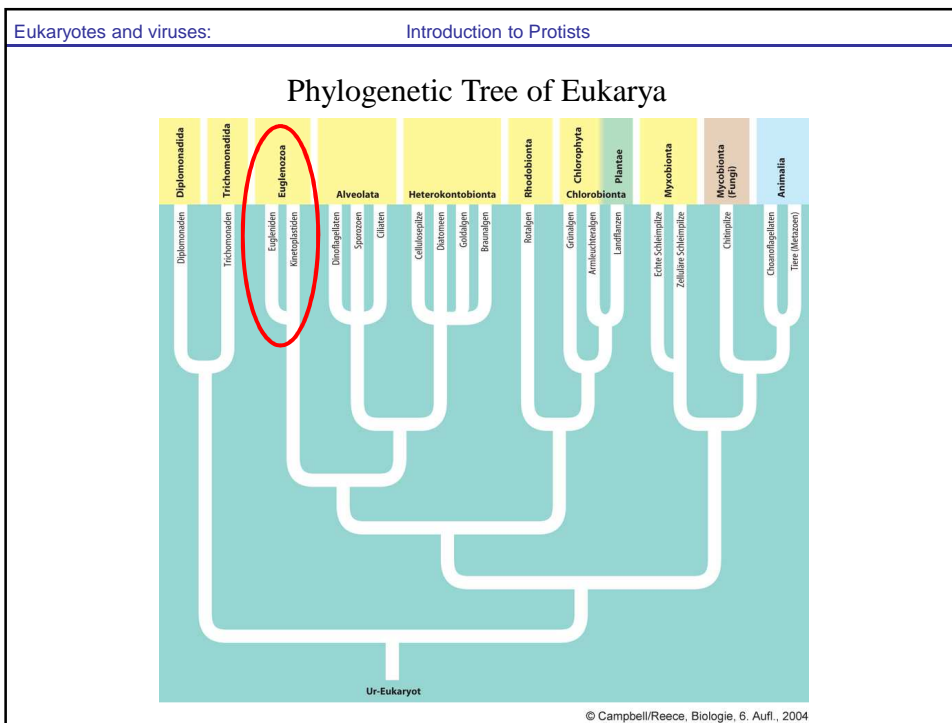
Diplomonads:
Giardia lamblia



Nucleii

dizocic: 2 nuclei, 2 cytostomes, 8 flagella


- deep branching group
- anaerobic without mitochondria (sekundary lost)
- *Trichomonas* is frequent in human vaginal flora (3 - 60 % of women), usually not pathogenic
- *Giardia*: causes diarrhea; builds cysts as resting stages



Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Euglenozoa: Euglenids

Euglena



Flagellum: bewegt *Euglena* durch das Wasser

Augenfleck (Stigma): Ein pigmentiertes Organell, das der Lichtabschirmung dient. In Abhängigkeit von der Position der Zelle lässt der Augenfleck Licht nur aus einer bestimmten Richtung auf ein Photorezeptor-Organell fallen.

Photorezeptor-Organell: Eine Schwellung, die sich nahe der Basis der langen Geißel befindet; sie empfängt das Licht, dass nicht durch den Augenfleck blockiert wurde; die Zelle reagiert dann mit einer von der Intensität abhängigen Bewegung zum Licht hin. Durch diese wichtige Anpassung wird die Photosyntheserate erhöht.

Kontraktile Vakuole: Dient als Leitzpumpe und beseitigt den Überschuss an Wasser, der durch Osmose aus der hypotonischen Umgebung ständig in die Zellen eintritt.

Chloroplast: Organell, in dem die Photosynthese stattfindet.

Pyrenoid: Struktur im Chloroplasten, die der Synthese von Nährstoffen dient.

Paramylon-Granulum: Von den Chloroplasten produzierte Nährstoffüberschüsse werden in Körnern (Granula) als ein stärkeähnliches Polysaccharid gespeichert, das man Paramylon nennt.

Proteinplatten: *Euglena* teilt eine starre Zellwand, aber es hat unter seiner Plasmamembran eine starke „Pellicula“ aus flexiblen Proteinplatten.


Zellkern
Plasmamembran
zweite Geißel

© Campbell/Reece, Biologie, 6. Aufl., 2004

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Euglena

Trophic life style: most heterotrophic, but also phototrophic or mixotrophic



Chlorophyll a fluoresces under UV-light

Euglenids grazing on bacteria

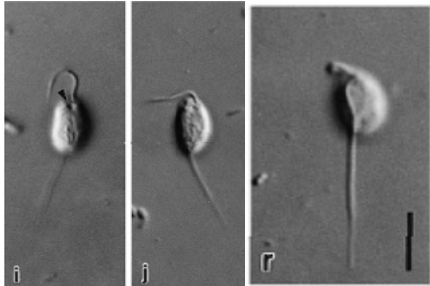
Images: www.mikrobiologischer-garten.de

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Euglenozoa: Kinetoplastida

Bodo*, *Rhynchomonas

Throphic life style :
Free living heterotrophic

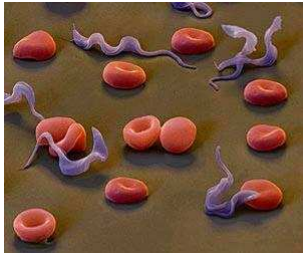


Lee & Patterson 2000

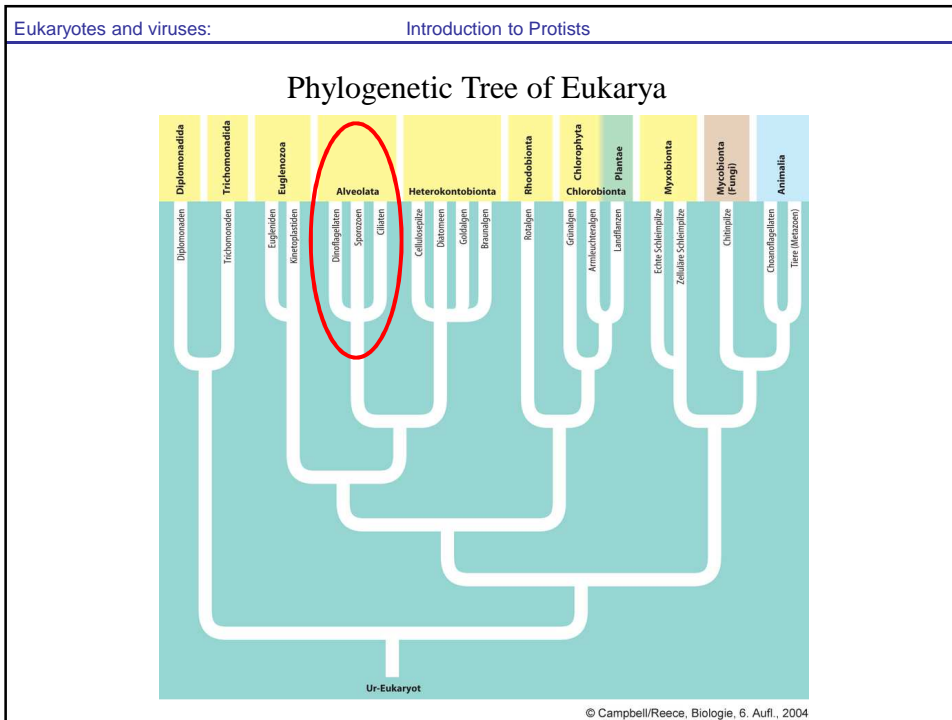
important bacteriovores

Trypanosoma

parasitic



cause sleeping sickness



Alveolata: Dinoflagellates

Trophic life style: phototrophic and/or heterotrophic: mixotrophic



Janina Thunig

- cellulose-plates
- 2 flagella: operate in a transverse constriction (girdle) & a longitudinal groove (= dinocont flagellation)
- screw-like swimming movement

Major contributors to global marine photosynthesis!

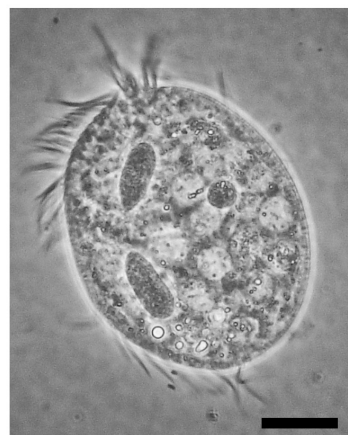
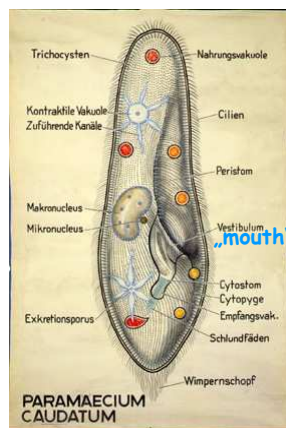


M. Godfrey

Red tide

Alveolata: Ciliates

- mostly heterotrophic filter- or interception feeders, but also photo- and mixotrophic species
- complex cell structures



Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Alveolata: Ciliates

- Rows of cilia originating from the kinetosomal bases
- Nucleii dimorphism



Fotos: H. Cypionka

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Alveolata: Ciliates

Vorticella: filter feeder



www.mikrobiologischer-garten.de

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Alveolata: Ciliates

Obligate anaerobic ciliates !

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Alveolata: Apicomplexa

Plasmodium: causes malaria

1 Die infizierte Mücke sticht eine Person und infiziert das Opfer mit Sporozoiten.

2 Die Sporozoiten dringen in die Leberzellen des Opfers ein. Nach mehreren Tagen teilen sie sich mehrmals und werden zu Merozoiten. Diese nutzen ihren Apikalkomplex, um in die roten Blutzellen des Opfers einzudringen (siehe TEM rechts unten).

3 Die Merozoiten teilen sich asexuell und bilden eine große Zahl neuer Merozoiten, die wiederholt aus den Blutzellen ausbrechen, und zwar in Intervallen von 48 oder 72 Stunden (das hängt von der Art ab). Das verursacht periodische Schüttelfrösse und Fieberschübe. Einige der Merozoiten infizieren neue rote Blutzellen.

4 Einige Merozoiten teilen sich und bilden Gamonten (auch Gametocyten genannt), die ihren Entwicklungszyklus in einem Mückenweibchen weiterführen können.

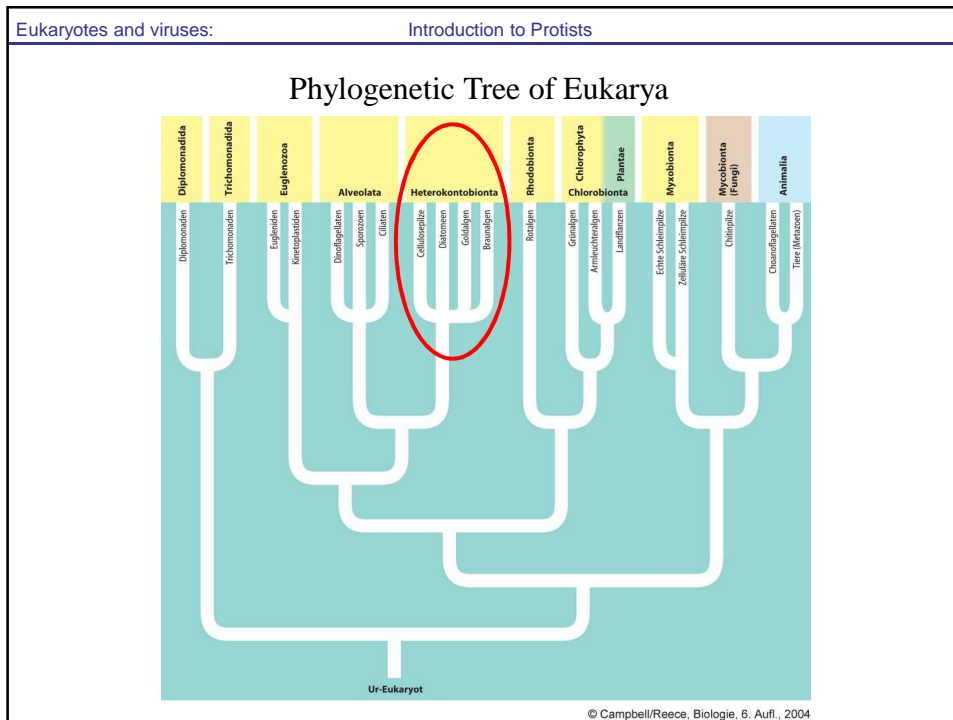
5 Aus den Gamonten bilden sich Gameten. Die Befruchtung findet im Darmtrakt der Mücke statt und eine Zygote wird gebildet. Die Zygote ist das einzige diploide Stadium im Entwicklungszyklus.

6 Ein Mückenweibchen der Gattung Anopheles, das eine infizierte Person sticht, nimmt mit dem Blut Gamonten auf.

7 Eine Oocyste entwickelt sich in der Darmwand der Mücke aus der Zygote. In der Oocyste bilden sich Tausende von Sporozoiten und wandern in die Speicheldrüse der Mücke.

- obligate parasitic
- alternation of generation and of host
- >>100 Mio. people per year

© Campbell/Reece, Biologie, 6. Aufl., 2004



Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Heterokontophyta: 2 flagella (1 short and 1 long & hairy)

Heterokonts:

- Diatoms (Bacillariophyceen)
- Chrysophyceae / Chrysoomonads (Gold algae)
- Phaeophyceae (Brown algae)

Oomyceta:

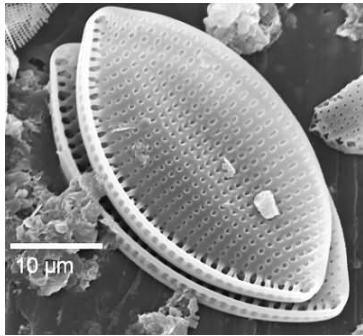
- Cellulose molds

Eukaryotes and viruses:

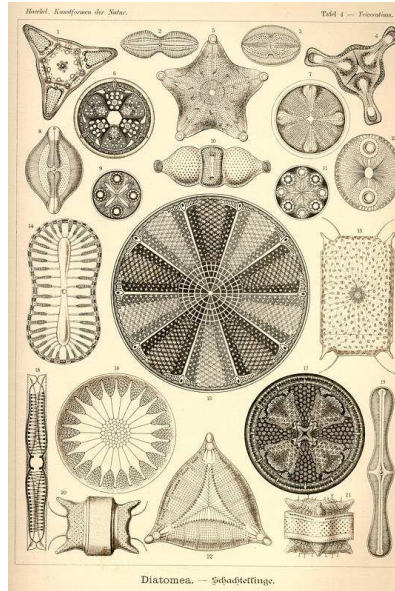
Introduction to Protists

Heterokontobionta: Diatoms

- Phototrophic
- no flagella
- silica containing cell walls



REM of a diatom cell wall (Foto Renate Kort, Erhard Rhiel).

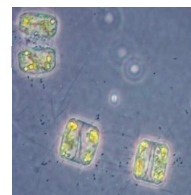
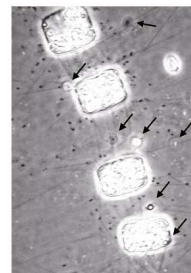
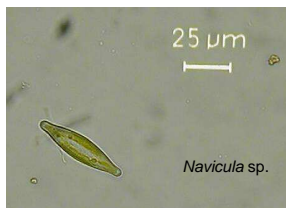


Eukaryotes and viruses:

Introduction to Protists

Heterokontobionta: Diatoms

Pennate und central forms



Fotos: H. Cypionka

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Heterokontobionta: Chryomonads

- phototroph und/oder heterotroph: mixotroph
- HNF: important bacterivores

Fotos: H. Cypionka

HNF

25 µm
Synura sp.

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Heterokontobionta: Phaeophyceae

1 Die Sporophyten dieses Tangs findet man gewöhnlich im Wasser unmittelbar unter der niedrigsten Wasseroberfläche, die bei Ebbe erreicht werden kann. Sie sitzen mit verzweigten Haftorganen auf dem Festgrund.

2 Die Zygoten wachsen zu neuen Sporophyten heran. Sie bleiben an den Oberseiten des weiblichen Gametophyten haften.

3 Die Sporangien bilden durch Meiose Zoosporen.

4 Die Zoosporen sind alle strukturell gleich, aber aus etwa der Hälfte werden männliche, aus der anderen weibliche Gametophyten. Die Gametophyten halten nicht wie die Sporophyten aus. Es sind kurze verzweigte Fäden, die auf Unterwasserfilzen wachsen und miteinander verschlungen sind.

5 Männliche Gametophyten setzen Spermatozoide frei, die weiblichen bilden Eizellen, die mit dem Gametophyten verbunden bleiben. Die Eizellen senden ein chemisches Signal ab, das artgleiche Spermatozoide anlockt. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Gameten vereinigen.

6 Ein Spermatozoid befruchtet eine Eizelle.

7 Die Zygote entwickeln sich zu neuen Sporophyten.

8 Die Sporophyten sind diploid (2n). Die Gametophyten sind haploid (n).

9 Meiose

10 Befruchtung

**Laminaria (kelp):
by definition
a protist !**

© Campbell/Reece, Biologie, 6. Aufl., 2004

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Heterokontobionta: Oomycetes

1 Encystierte Zoosporen landen auf einem Substrat und keimen aus. Sie bilden pelagische Überzüge aus Hyphen.

2 Einige Tage später beginnt der Organismus, sexuelle Strukturen zu bilden.

3 Durch Meiose werden innerhalb eines Oogoniums gametetes gebildet, so genannte Oospaiten gebildet, die Eizellen entsprechen.

4 Auf separaten Verzweigungen desselben oder eines anderen Individuums entstehen durch Meiose mehrere haploide Spermakernen, die sich in besonderen Hyphen befinden, den Antheridien.

5 Jedes Zoosporangium bildet etwa 30 zweifelhafte asexuelle Zoosporen.

6 Die Enden der Hyphen bilden röhrenförmige Zoosporangien.

7 Die Zygoten keimen aus und bilden kurze Hyphen mit der Anlage eines Zoosporangiums am Ende. Auf diese Weise schließt sich der Entwicklungszyklus.

8 Es folgt eine Periode der Dormanz (Kältehitze), während der die Oogonienwand gewöhnlich zerfällt.

9 Die Antheridien wachsen wie Greifer um das Oogonium herum, ihre Kerne gelangen durch Befruchtungsschläuche zu den Eizellen. Die entstehenden Zygoten (Oosporen) können resistente Wände bilden, sind aber außerdem bereits durch die Wand des Oogoniums geschützt.

© Campbell/Reece, Biologie, 6. Aufl., 2004

- mostly free living in water; some live in soils or as parasites
- heterokont biflagellated spores depend on water
- cellulose molds: cell walls consist of Cellulose and Glucane
 - β -(1-3) and β -(1-6) glycosidic bonds
- potatoe disease in Ireland (1845-49)

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Phylogenetic Tree of Eukarya

Ur-Eukaryot

© Campbell/Reece, Biologie, 6. Aufl., 2004

Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Haptophyta (Prymnesiophyta)

Coccolithophorids

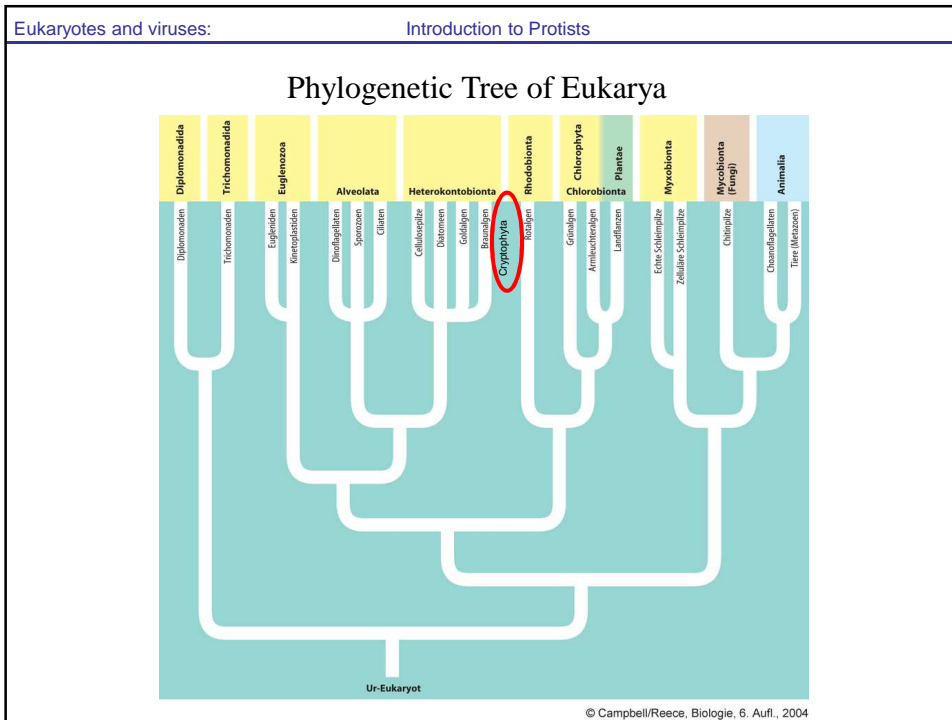
Cell size: 2-20 μm
Cell wall: CaCO₃ coccoliths or scales
Chloroplasts: none, single thylakoid membrane
Photo-pigments: chlorophyll a & c, carotenoids
Reproduction: simple cell division, rarely sexual reproduction
Ecological roles: biflagellated, produce chalk deposits
Common genus: *Emiliania*

Emiliania huxleyi

Botanical Bulletin of Academia Sinica, Vol. 42, 2001 Wikipedia

lat. *coccus* = round, *gr. lithos* = stone, *gr. pherein* = carry

14 © Herbert Cytonka, www.icbm.de/psmbio




Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Cryptophyta


- 2 flagella
- some organelles not free in cytoplasm but surrounded by an additional double membrane
- protein plates

phototrophic



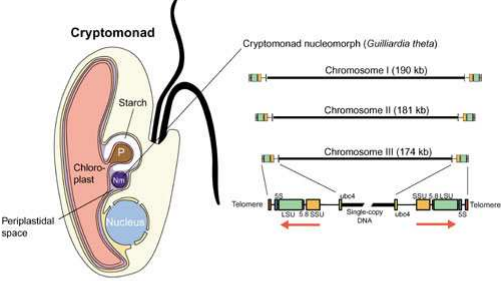
Rhodomonas

saprophytic

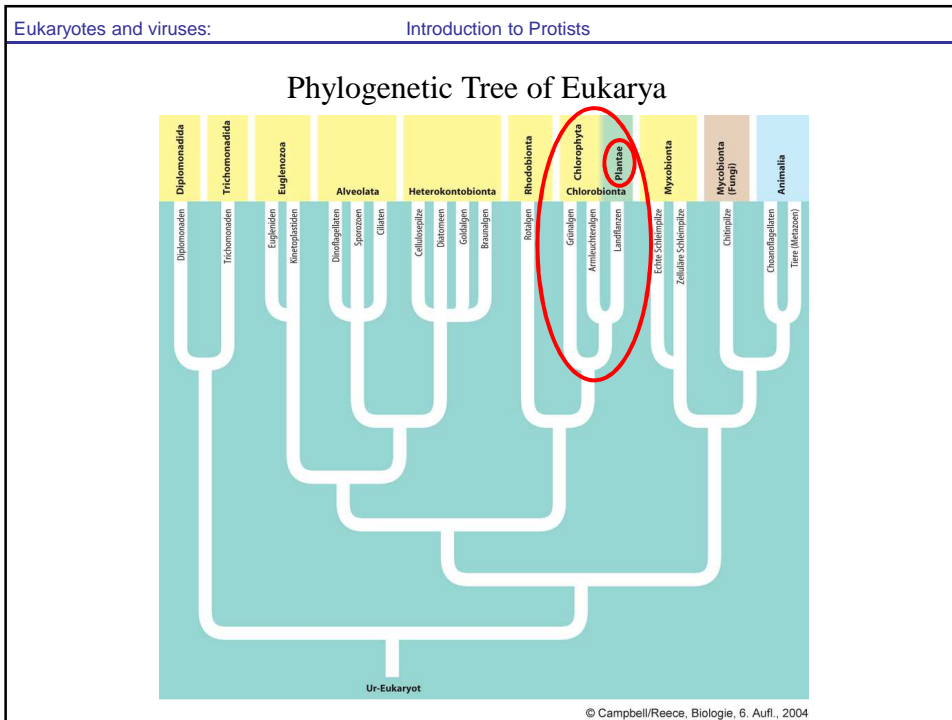


Chilomonas

10 µm



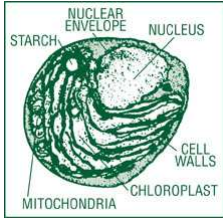
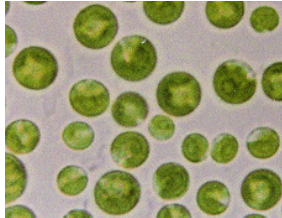
www.glerl.noaa.gov




Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Chlorobionta: Chlorophyta

Chlorella

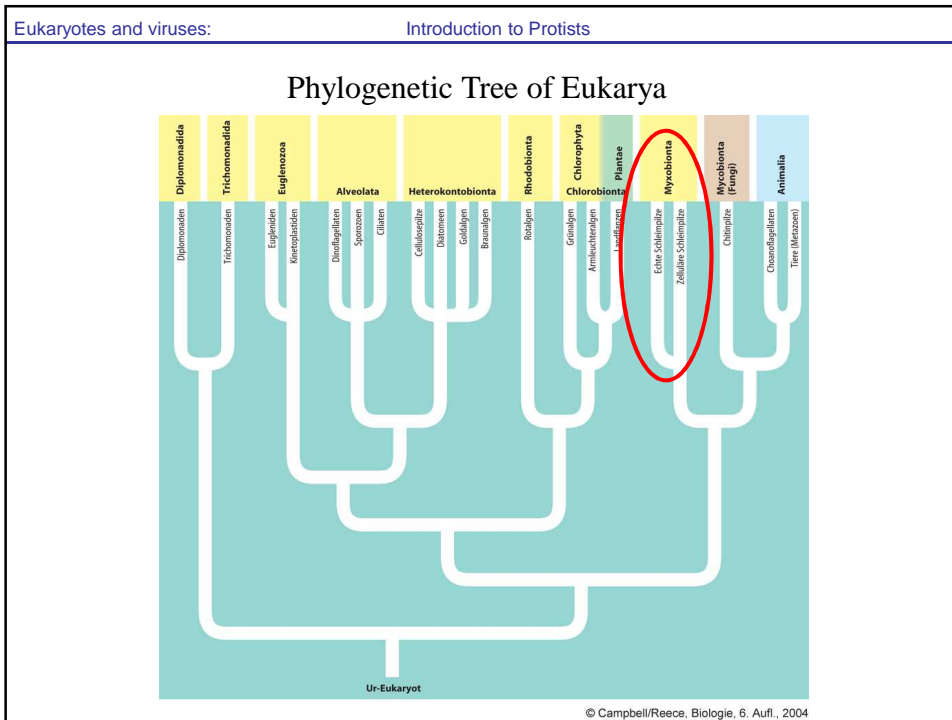

- 2, 4 or no flagella
- Autotrophic
- related to plants



Acetabularia,
a unicellular organism

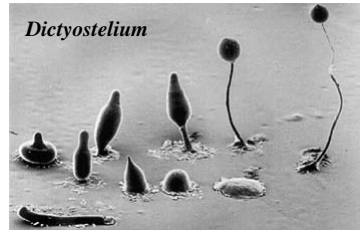


Volvox



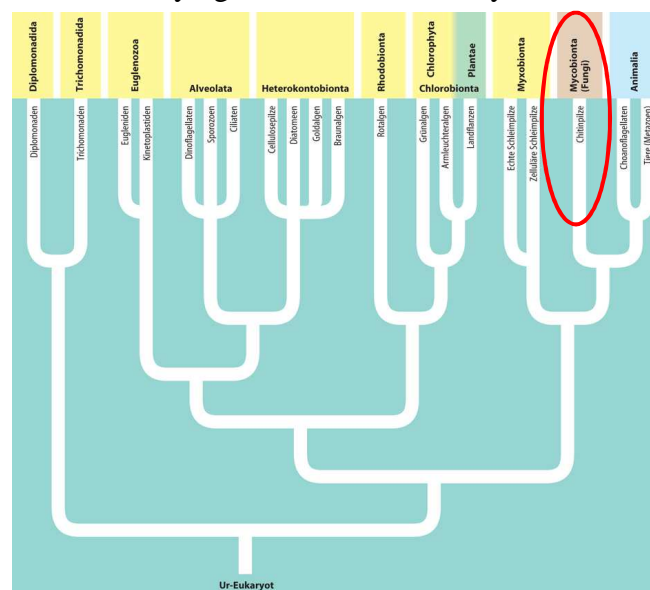
Myxobionta (Heterolobosae)

- Do not confuse with **Myxobacteria!**
- Myxomycota: True Slime Molds (Plasmodium)
- Acrasiomycota: Cellular Slime Molds (Pseudoplasmodium)



aggregation of cells = pseudoplasmodium
→ production of fruiting boddies

Phylogenetic Tree of Eukarya

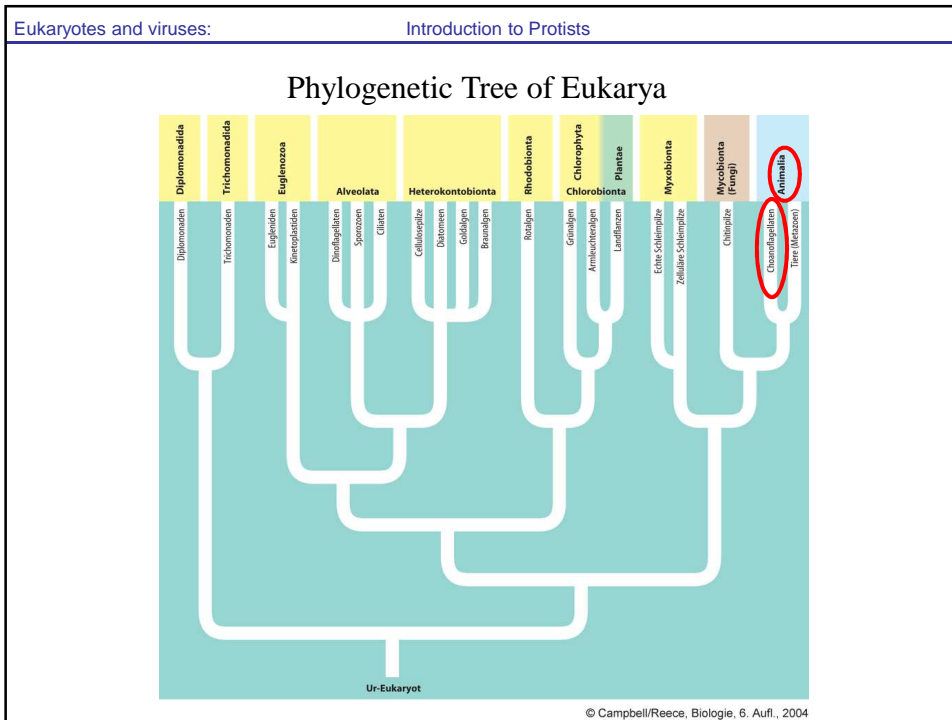


Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Mycobionta: Yeast

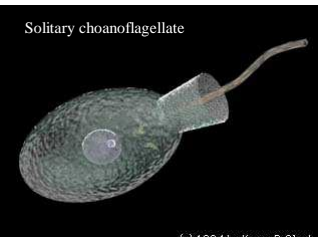
→ by definition NOT a protist but a fungi (Ascomycete) !

Abb. 4.4. Hefezellen. *Links* der Aufbau einer sprossenden Zelle schematisch, *rechts* ein Präparat unter dem Mikroskop. Im differentiellen Interferenzkontrast (s. Kap. 6) erscheinen die Zellen und innere Strukturen reliefartig räumlich. Maßstab = 10 µm




Eukaryotes and viruses: Introduction to Protists

Choanoflagellates

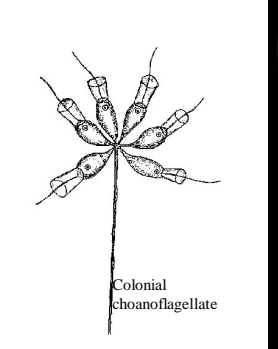


Solitary choanoflagellate
(c) 1994 by Kerry B. Clark




Monosigma
5 µm

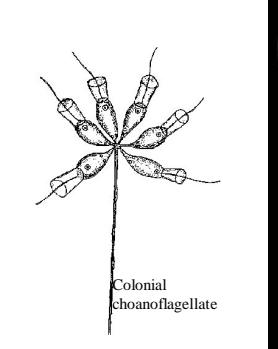
- bacteriovores
- unique: collar (microvilli)
- 1 flagellum



Acanthocorbis



10 µm



Colonial choanoflagellate

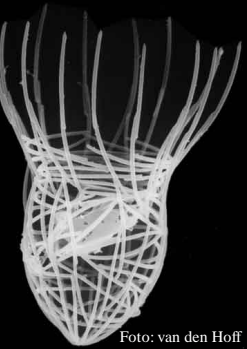
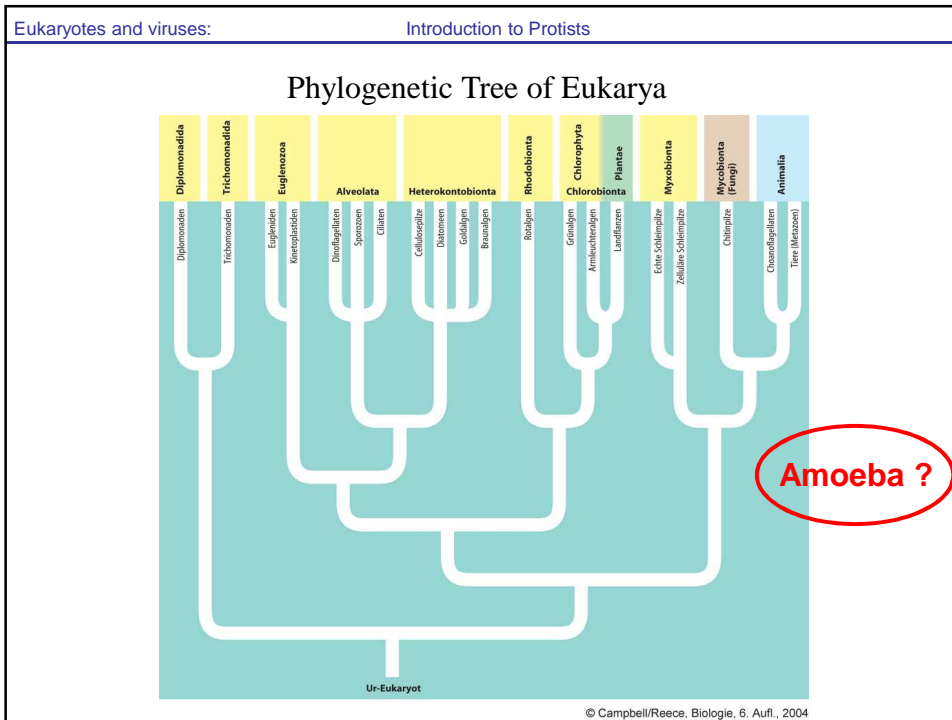
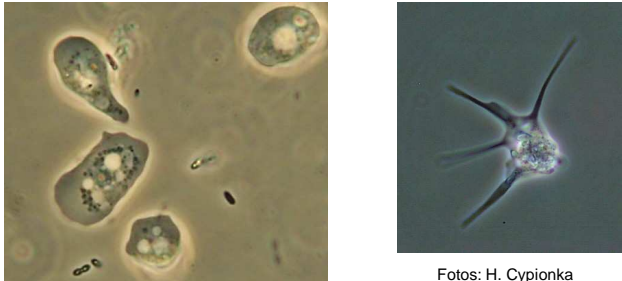


Foto: van den Hoff

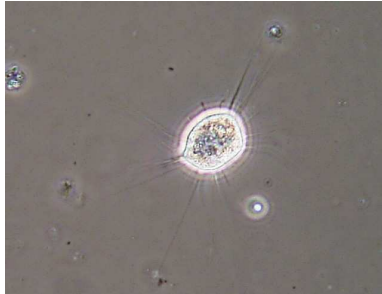


Eukaryotes and viruses:	Protists
<p>Protists <i>incertae sedis</i>: Protozoa with pseudopodia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Phylogenetic classification still debated • Only monophyletic within each group: <ul style="list-style-type: none"> - Rhizopoda: Amoeba - Actinopoda: Radiolaria, Heliozoa - Foraminifera 	

Eukaryotes and viruses:	Protists
<p>Rhizopoda: Amoeba</p>	
	
<p>Fotos: H. Cypionka</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - pseudopodia: movement by alternating new formation and retraction - with shells (tests) or without (naked) - uni- or multinuclei - size: few micrometer up to 5 mm (<i>Chaos carolinense</i>) 	

Eukaryotes and viruses:

Protists

Actinopoda: Radiolaria

Fotos: H. Cypionka



- radiating axopodia, stiffened by microtubular bundles
- for locomotion & food capture

Eukaryotes and viruses:

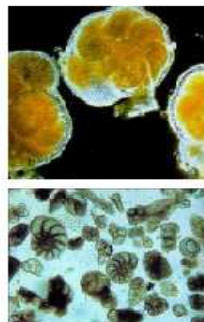
Protists

Foraminifera

- calcified shells
- single- or multichambered
- protoplasm in chamber
- > 4000 recent species

lat. *foramen* = Loch, lat. *ferre* = tragen

Foraminiferen, Kammerlinge, Klasse der Rhizopoda (Wurzelfüßer)



Mediterranean Foraminifera	
	1 Planorbulina mediterranea
	2 Panoplis planatus
	3 Quinqueloculina pseudoreticulata
	4 Pseudopolymorphina ligua
	5 Quinqueloculina seminulum
	6 Miniacina miniacina
	7 Coscinospira arietina
	8 Parasorites marginalis
	9 Ammonia beccarii

Eukaryotes and viruses:

Protists

Foraminifera

- > 30000 ancient species
- chalk skeletons of ancient foraminifera used as indicators for marine palaeotemperatures

