



Die Zelle

„Es ist wohl eine der sonderbarsten Erscheinungen im Bereiche der organischen Natur, daß alle Lebewesen, die uns in einer so verwirrenden Vielfalt entgegentreten, gebildet sind durch die Abwandlung und die verschiedenartige Kombination eines einzigen Elementes, dessen charakteristischen Eigenschaften und Funktionen in der ungeheuren Entwicklungslinie von der Amöbe zum Menschen, von der wenige Tausendstel Millimeter messenden Kleinalge zum tausendjährigen Baume sich kaum verändert haben.“

Ludwig v. Bertalanffy (1932)

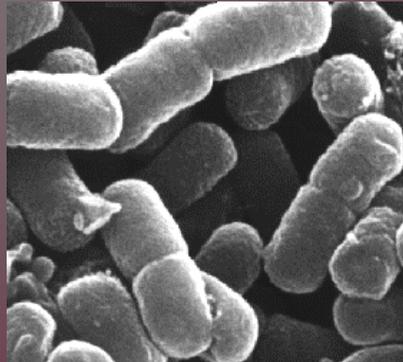


Einzellige Organismen

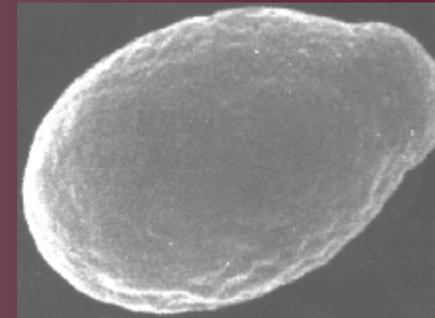
Formen einzelliger Organismen



Amöbe



E. coli



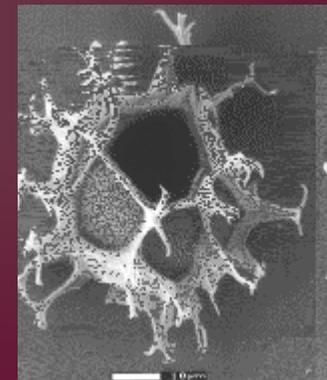
Hefe



Paramecium
(Pantoffeltierchen)



Chlamydomonas
(Grünalge)

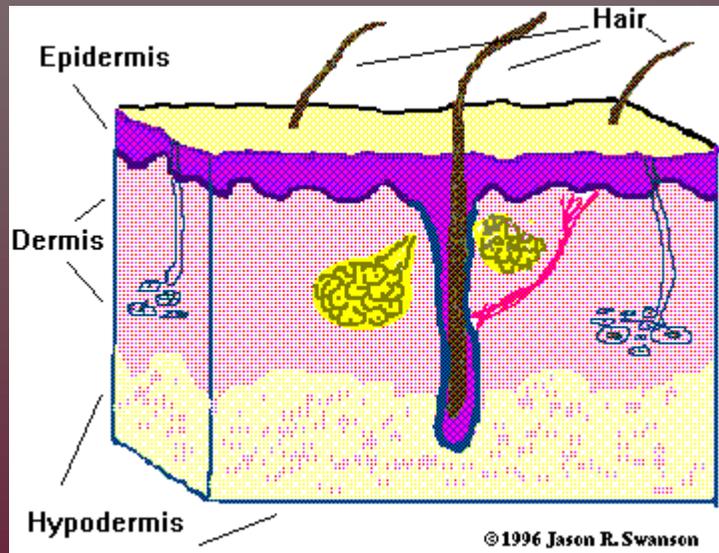


Spiniferites
(Dinoflagellaten)



Mehrzellige Organismen

- ➔ Arbeitsteilung durch Spezialisierung (Differenzierung) von Zellen
Beispiel Mensch: mehrere hundert verschiedene Zelltypen
ca. 10^{13} Gewebezellen + 3×10^{13} Blutzellen
- ➔ Bildung von Geweben und Organen
Beispiel Haut:



stratum germinativum (SG)
stratum spinosum(SS)
stratum granulosum(SGR)
stratum corneum(SC)



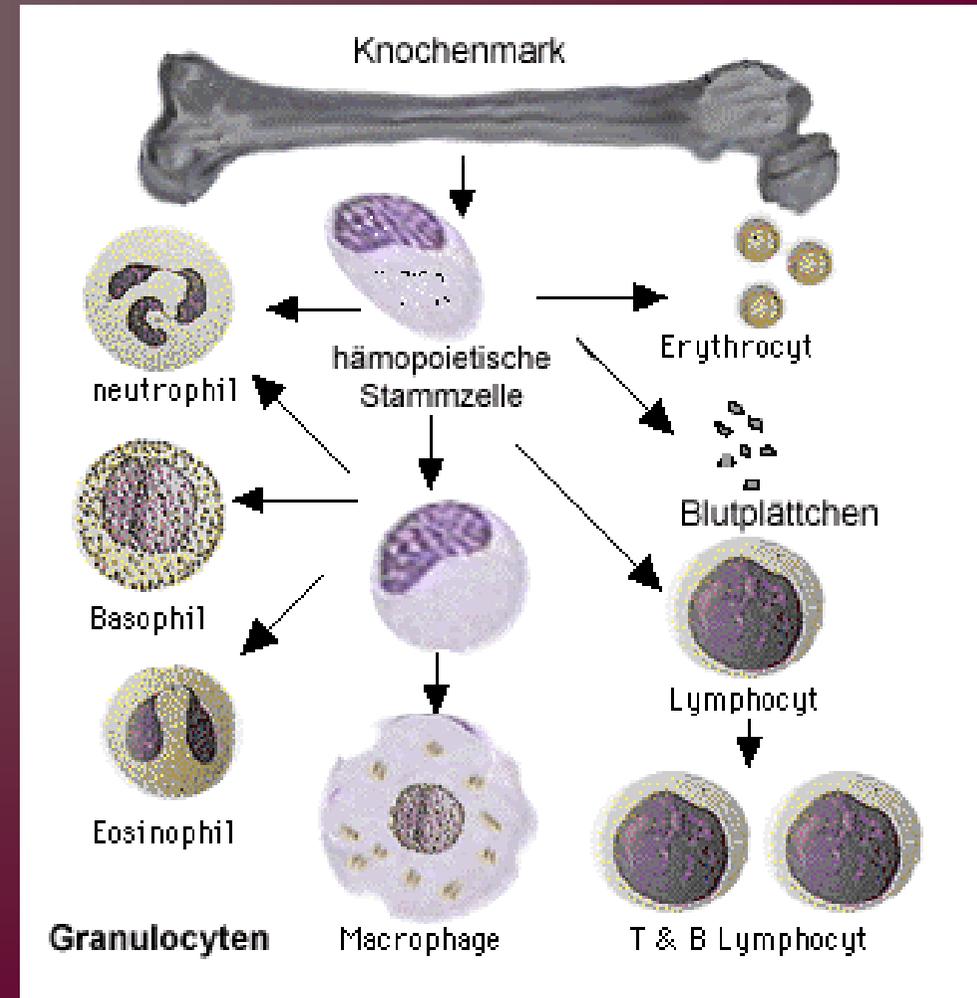
Stammzellen

- ➔ Vorstufe für Zelltypen, die durch Differenzierung ihre Teilungsfähigkeit verloren haben
- ➔ undifferenzierte Zellen
 - unipotent** = ein Differenzierungsweg festgelegt
 - pluripotent** = mehrere Differenzierungswege möglich
- ➔ Teilung erfolgt inäqual (Stammzelle teilt sich in Tochterzelle und Stammzelle)
- ➔ Differenzierung ist irreversibel

Beispiele:

Haut Schicht von unipotenten Stammzellen (Stratum germinativum)
Differenzierung bis zur Oberfläche

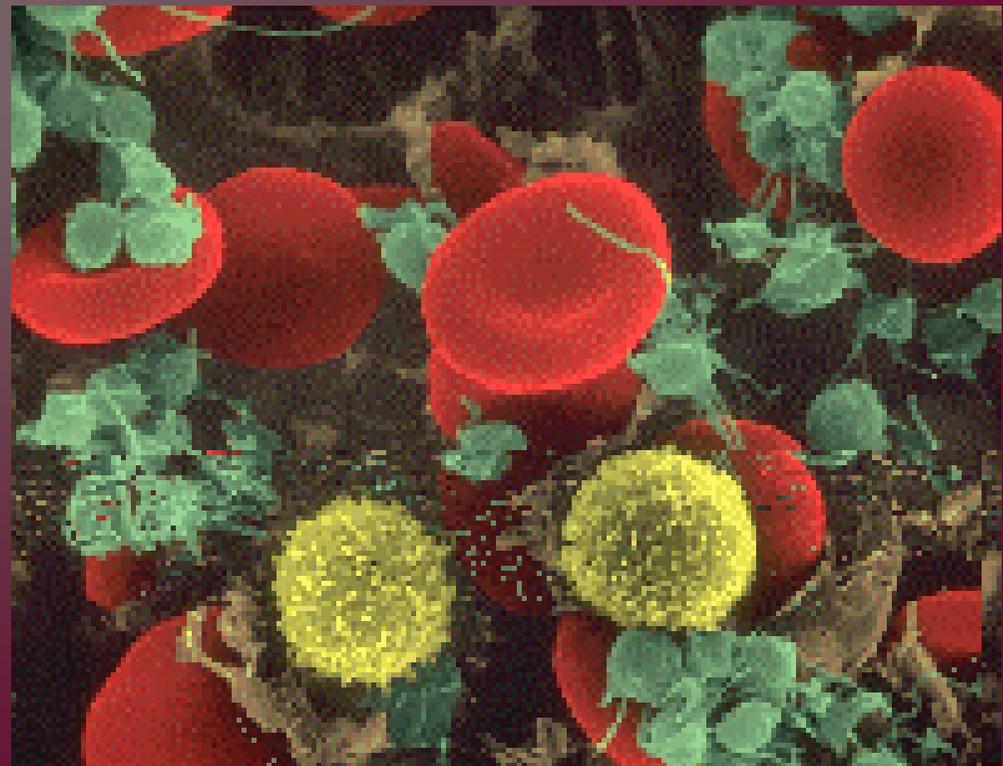
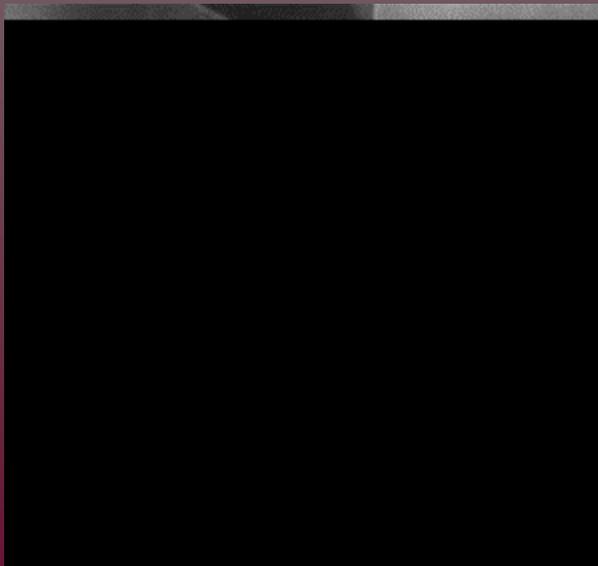
Blut pluripotente Stammzellen im Knochenmark
Regeneration aller Blutzellen
Mensch: ca. 10^{12} Zellen pro Tag





Differenzierte Zellen eines Organismus besitzen die gleiche genetische Information im Zellkern, zeigen aber ein unterschiedliches Erscheinungsbild und weisen unterschiedliche Stoffwechselaktivitäten auf.

gleicher Genotyp - unterschiedlicher Phenotyp





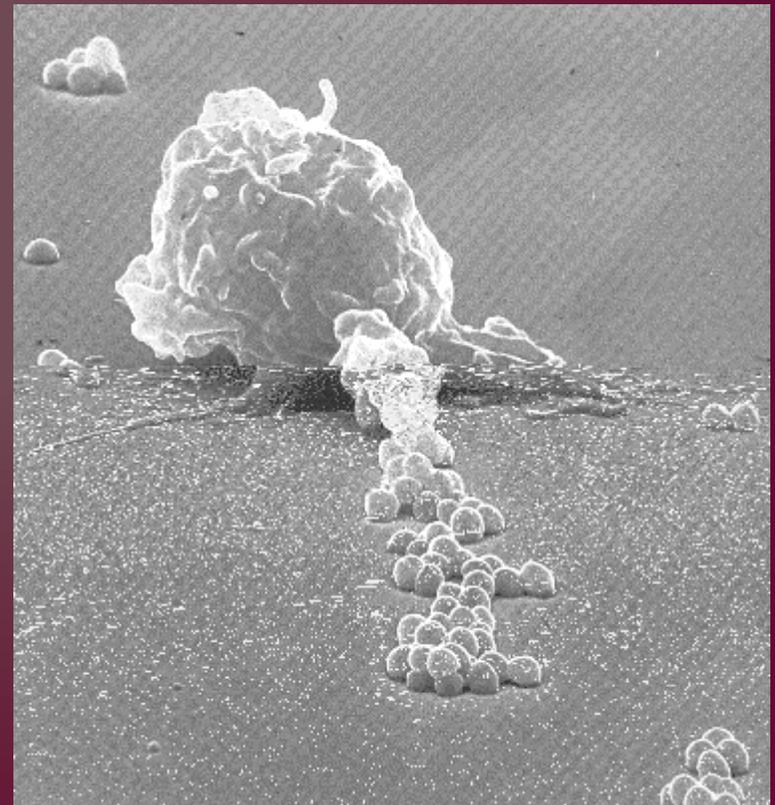
Die Zelle

Größe

- ➔ kleinste bekannte Zellen = Mycoplasmen (ca. $0.25 \mu\text{m}$ Durchmesser)
- ➔ Bakterienzellen = $0.3 - 2.5 \mu\text{m}$
- ➔ Leberzellen, Leukocyten = ca. $10 \mu\text{m}$
- ➔ Eizelle = ca. 1 mm

Alter

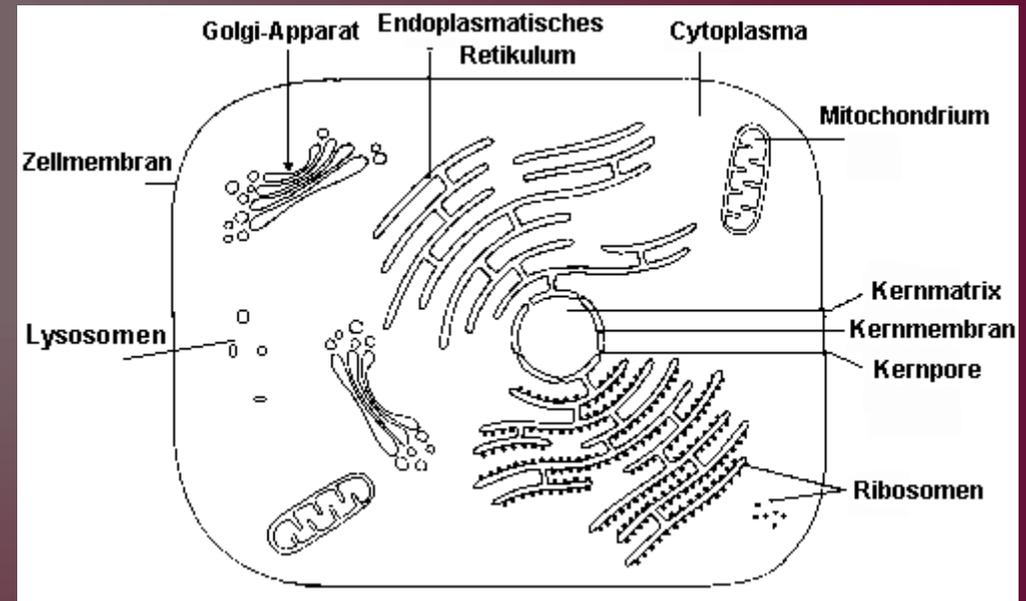
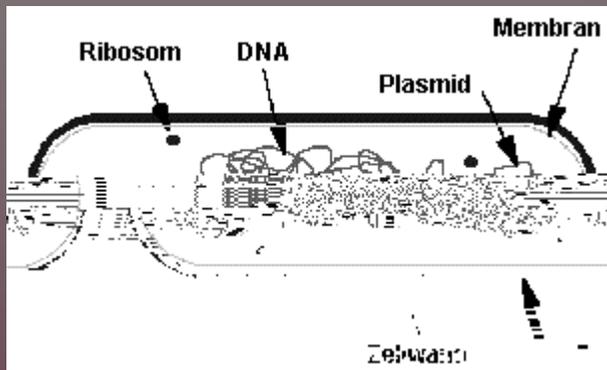
- ➔ Leukocyten = wenige Tage
- ➔ Erythrocyten = ca. drei Monate
- ➔ Zellen des Pankreas = ca. ein Jahr
- ➔ fast alle Nervenzellen = Alter des Organismus



weißes Blutkörperchen (Makrophage), das einen Haufen kugelförmiger Bakterien (Staphylokokken) in sich aufnimmt



Unterschiede Prokaryonten / Eukaryonten

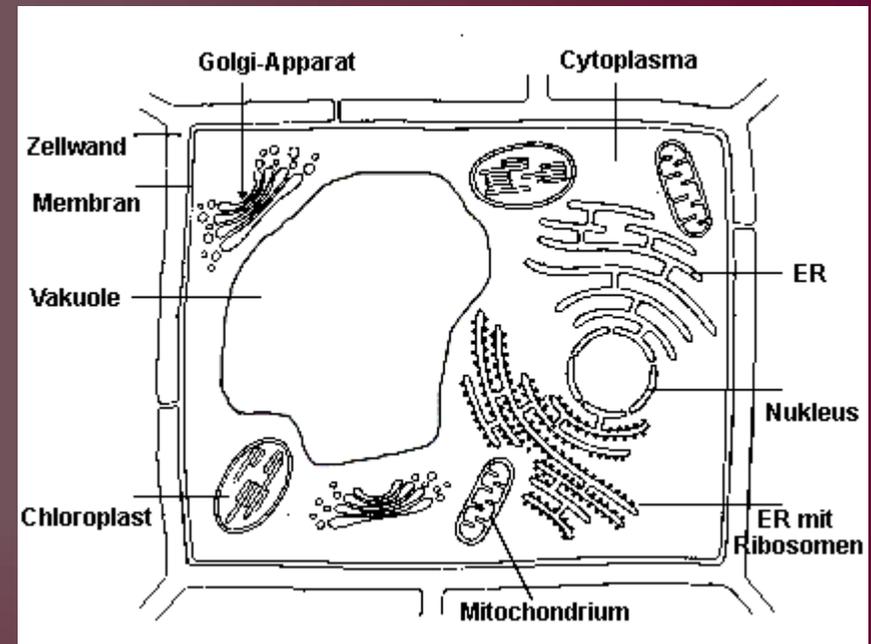
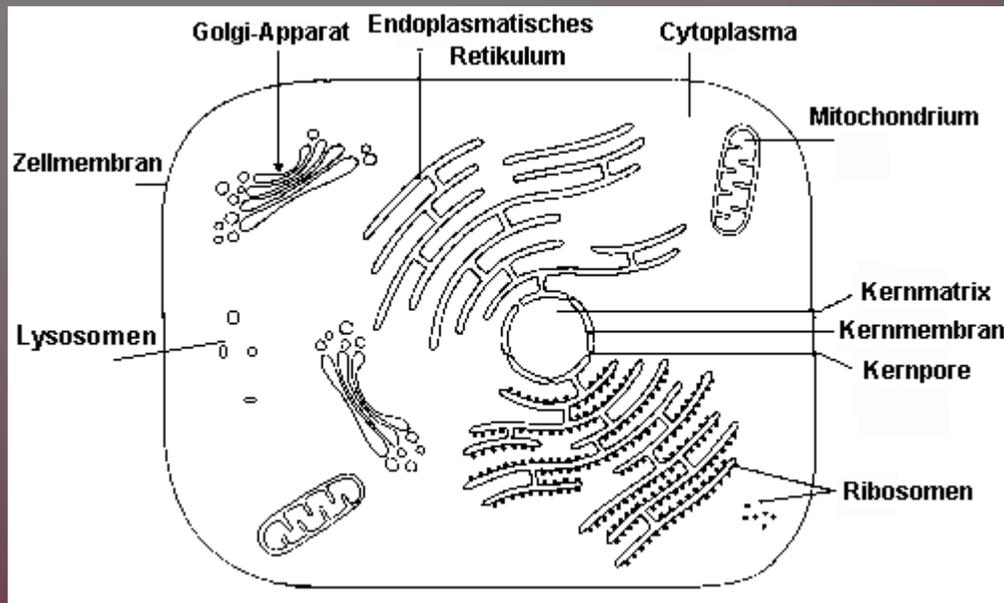


- geringe Größe (ca. 100x kleiner)
- Mangel an intrazellulären Membranen
- geringer DNA-Gehalt
- kürzere Generationsdauer
- Bildung von Zellkolonien /lockeren Zellverbänden

- Kompartimentierung
- Bildung von vielzelligen Organismen möglich



Unterschiede Tierzelle / Pflanzenzelle



alle Zellen

Zellkern (Nukleus), Mitochondrien, Golgi-Apparat,
Endoplasmatisches Retikulum (ER), Ribosomen, Lysosomen

nur in Pflanzenzellen

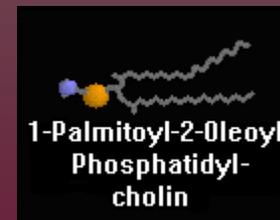
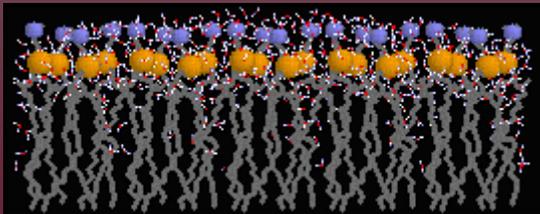
Vakuole, Chloroplasten, Zellwand



Zellmembran

- ➔ äußerer Abschluß des Zellinhalts jeder Zelle und Trennung von Reaktionsräumen
- ➔ semipermeable Doppelmembran, ca. 8 nm dick
- ➔ besteht aus variierenden Anteilen an Proteinen und Lipiden
Lipide in einer Doppelschicht angeordnet
Proteine in verschiedenen Formen in die Membran eingelagert sind

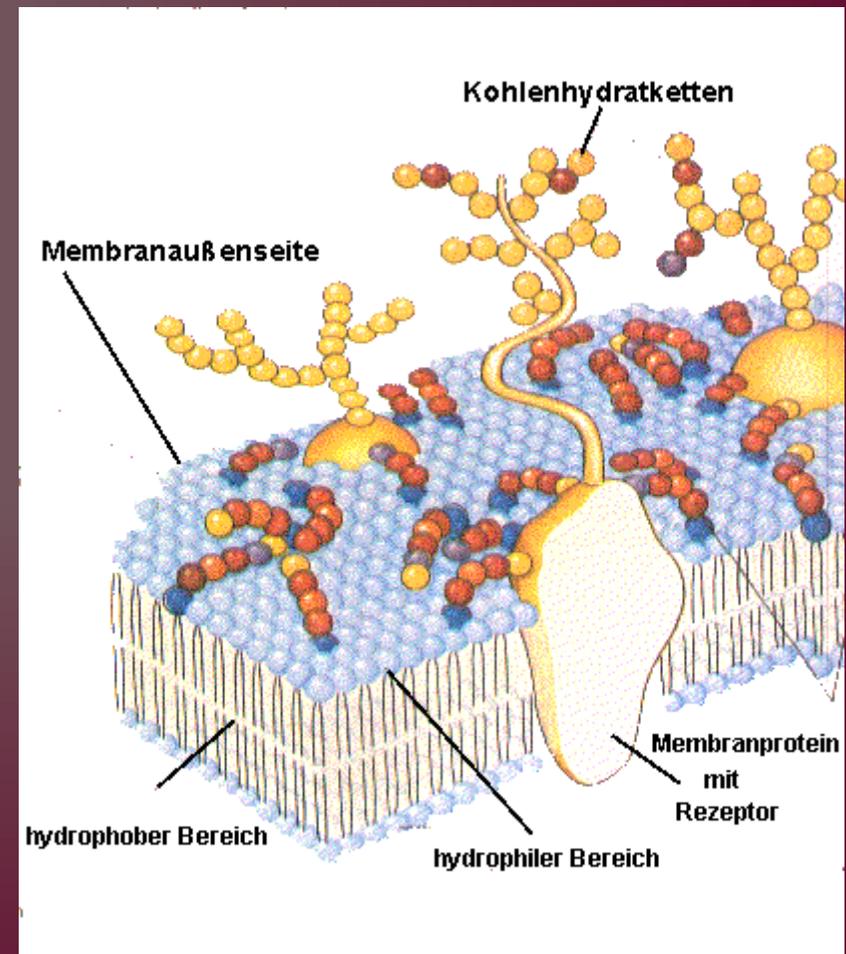
Isolierungsschicht bei Nervenzellen (Myelin) 18% Protein und 76% Lipid
innere Mitochondrienmembran 76% Protein und 24% Lipid.
Membran der menschlichen Erythrozyten zu etwa gleichen Teilen

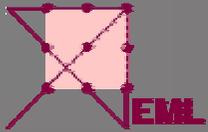




Zellmembran

- ➔ Proteine an der Außenseite - **Rezeptoren**
z.B. zur Erkennung von Signalstoffen (Hormone)
- ➔ integrale Proteine und Kanäle - **Stofftransport**
(aktiv oder passiv), Enzyme
- ➔ Membranporen





Endocytose / Exocytose

Endocytose

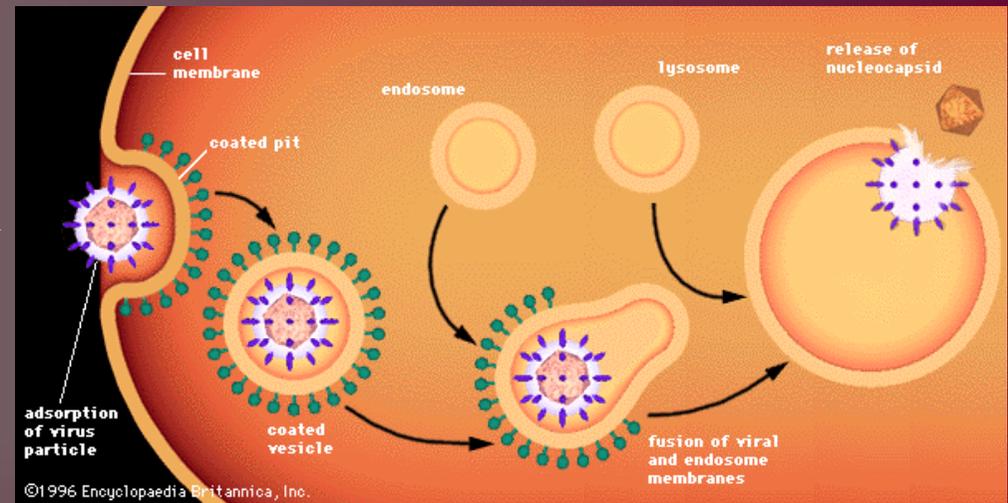
Membran umfließt das Material und Vesikel (membranhüllte Bläschen) entstehen
kann rezeptorgesteuert sein

Pinocytose

➔ Aufnahme von Flüssigkeiten

Phagocytose

➔ Aufnahme von festen Partikeln



Exocytose

Verschmelzen der Vesikelmembran mit der Zellmembran
Vesikelinhalt wird aus der Zelle entlassen

ER und Golgi-Apparat schnüren Vesikel ab, die zur Zellmembran wandern

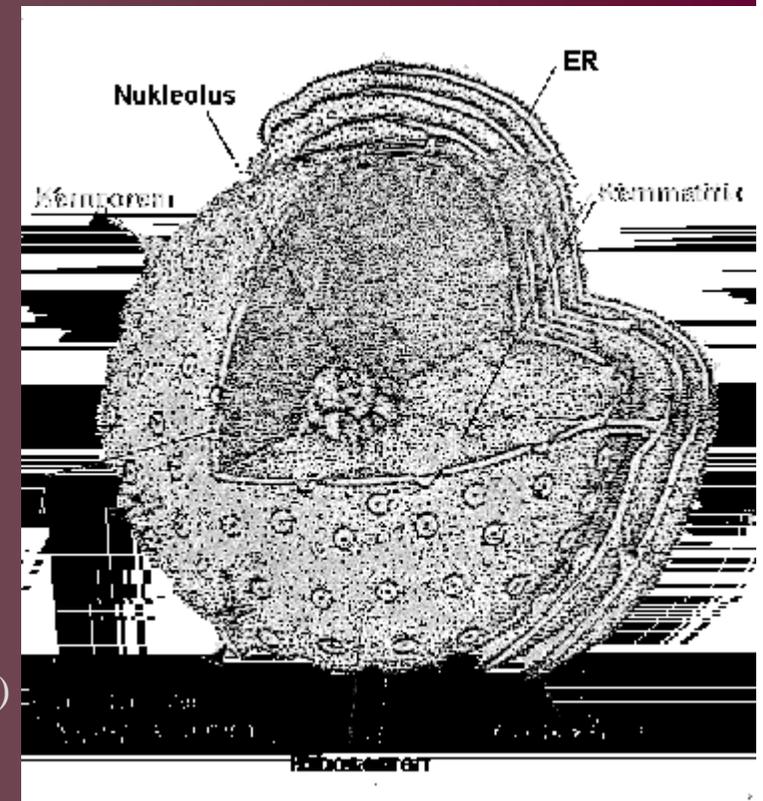


HIV bei der Exocytose aus einem weißen Blutkörperchen



Der Zellkern (Nucleus)

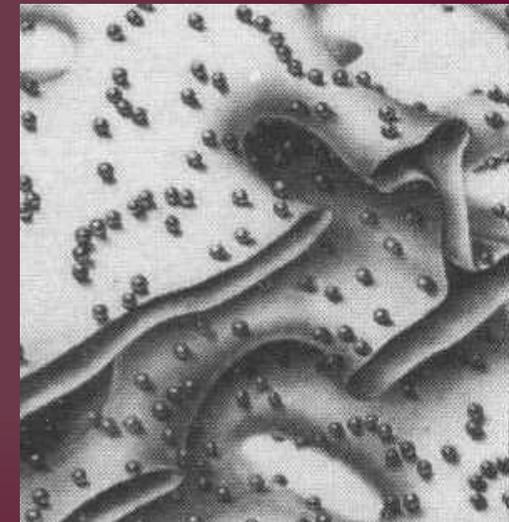
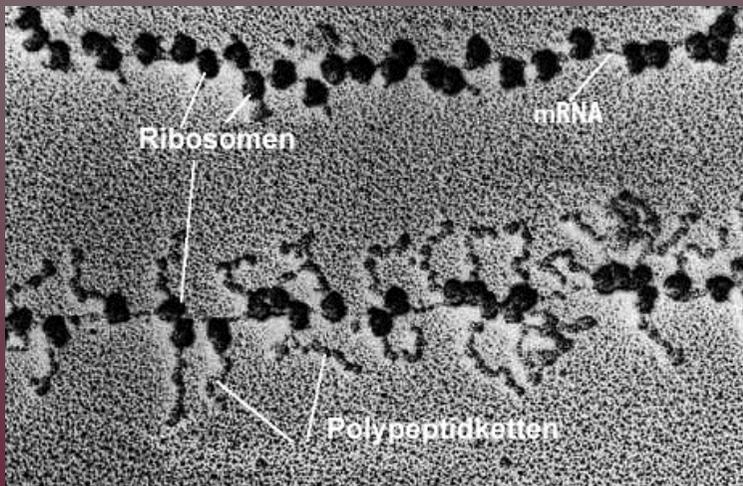
- ➔ größtes Zellorganell der eukaryontischen Zellen
- ➔ kontrolliert die Struktur und Funktion der Zelle
- ➔ enthält das Chromatingerüst (Chromosomen bei Teilung), das seinerseits die Erbinformation enthält (DNA)
- ➔ farblos, erscheint meist eiförmig
- ➔ von einer Doppelmembran umgeben, die viele Kernporen enthält
- ➔ **Kernporen** - reger Stofftransport (z.B. mRNA zu den Ribosomen)
- bis zu 15% der Kernoberfläche
- ➔ mit dem Inneren der Kernmembran (perinucleäre Zisterne) ist das ER in Verbindung
- ➔ auf der Kernmembran sitzen wie auf dem ER Ribosomen
- ➔ enthält Kernmatrix (Karyolymphe), ein oder mehrere Nucleoli, Ribonucleoprotein-Partikel und entspiralisierte Chromatinfäden
- ➔ **Nucleolus** - kleines rundliches Gebilde und dient der RNA-Synthese (z. B. Bildung von Ribosomen)





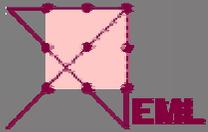
Ribosomen

- ➔ kleine Partikel im Cytoplasma oder auf dem ER (ca. 20 x 30 nm groß)
- ➔ bestehen aus Ribonukleinsäuren - rRNA (bis zu 63%) und Proteinen
- ➔ 2 Untereinheiten die im Nucleolus des Zellkerns gebildet, und im Cytoplasma zusammgebaut werden
- ➔ Ort der Proteinsynthese

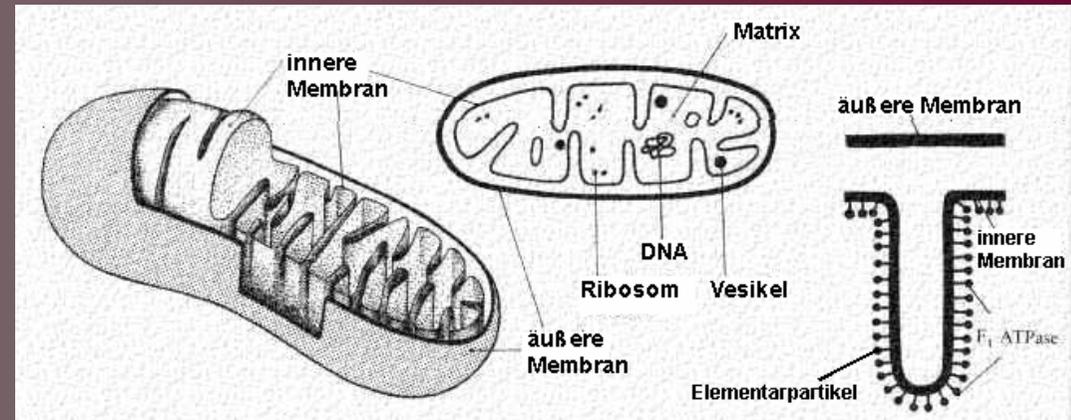


rauhes ER

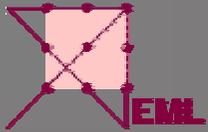
- Ribosomen an mRNA aufgereiht
- Ribosomen arbeiten gleichzeitig (Polysomen)
- Synthese von Proteinmolekülen



Mitochondrien



- ➔ Kraftwerke der Zellen
- ➔ spezielle Zellorganellen mit Doppelmembranen
- ➔ stäbchenförmig oder rund, 0.5-1µm Durchmesser
- ➔ äußere Membran als Begrenzung, permeabel
- ➔ innere Membran bildet Falten und Fächer, die nach innen ausgestülpt sind (Cristae), nahezu impermeabel
- ➔ im Inneren Mitochondrienmatrix
- ➔ **Matrix** - enthält mitochondrieneigene ringförmige DNA, Ribosomen und kleine Vesikel (Mitochondrien können Teile ihrer Proteine selbst herstellen)
- ➔ Membran der Cristae mit "lollipop-ähnlichen" Gebilden auf der inneren Oberfläche
ATPasen = Elementarpartikel, die ATP (Adenosintriphosphat) herstellen, um Energie zu speichern



Plastiden

Organellen im Cytoplasma der meisten Pflanzenzellen

Chromoplasten

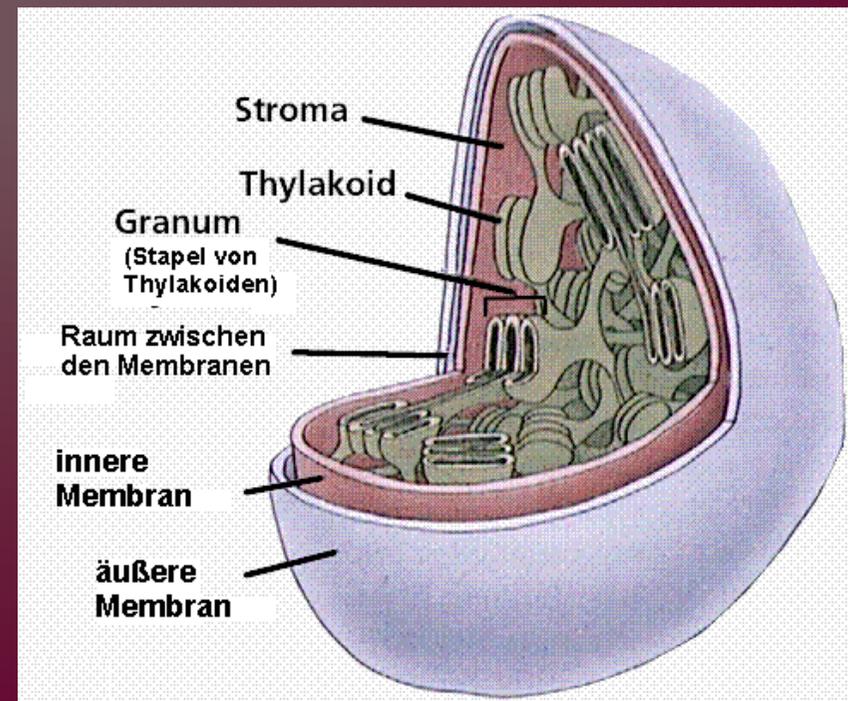
- ➔ rot, gelb oder orange gefärbt (Carotine, Xanthophylle als Pigmente)
- ➔ in Blütenblätter und Früchten

Leukoplasten

- ➔ farblos (pigmentlos)
- ➔ in Pflanzenzellen, die nicht dem Licht ausgesetzt sind (Samen, Wurzeln)

Chloroplasten

- ➔ intensiv grün gefärbt (Chlorophyll)
- ➔ in Blatt- und Sproßzellen
- ➔ Ort der Photosynthese
- ➔ von Doppelmembran umgeben
- ➔ innere Membran nach Innen ausgestülpt (Thylakoide, als Stapel Grana) mit photosynthetischen Reaktionszentren (enthalten u.a. Chlorophyll)
- ➔ Stroma - wässrige, proteinreiche Flüssigkeit mit Enzymen, Ribosomen und ringförmiger DNA





Endosymbiontentheorie

- ➔ Mitochondrien und Plastiden können nicht in Zellen *de novo* gebildet werden
- ➔ Organellen sind Abkömmlinge von ehemals frei lebenden Einzellern

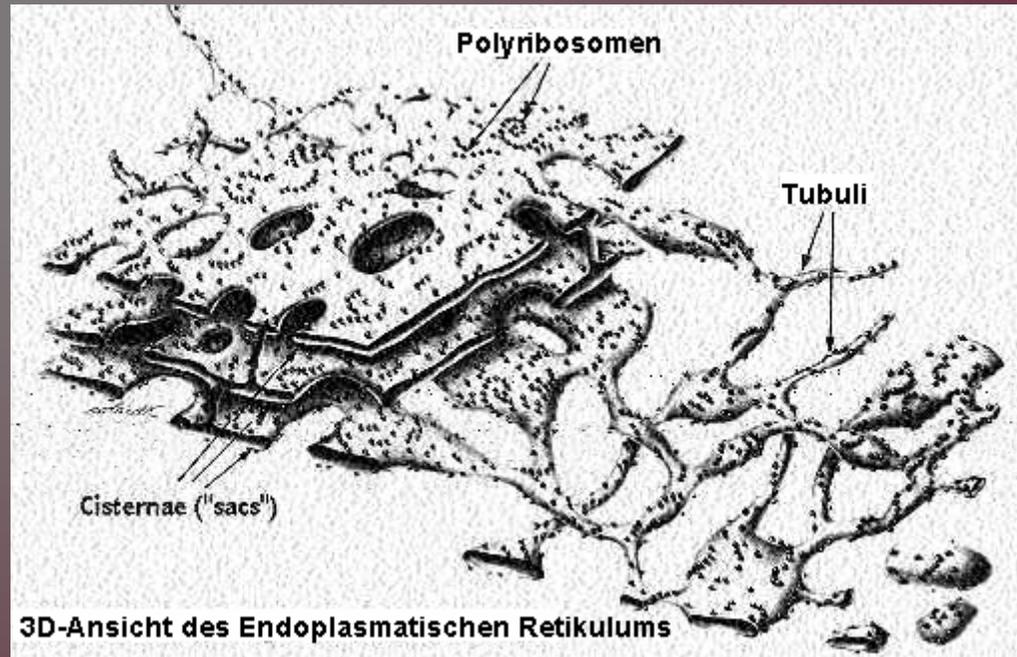
Plastiden = Cyanobakterien

Mitochondrien = aerobe Bakterien (Purpurbakterien)

- ➔ endocytische Symbionten
- ➔ besitzen eigenes genetisches System
- ➔ besitzen Doppelmembran
- ➔



Endoplasmatisches Retikulum (ER)

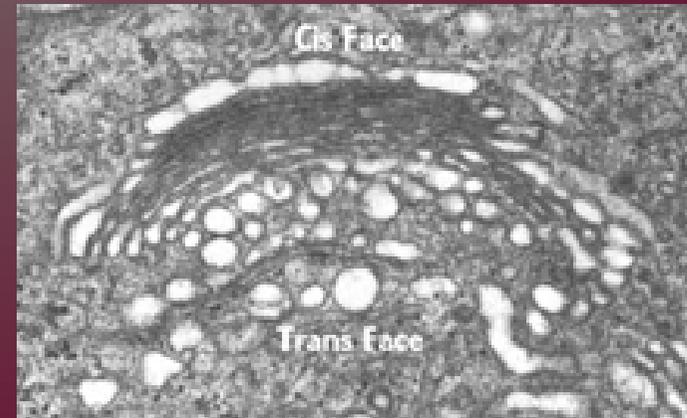
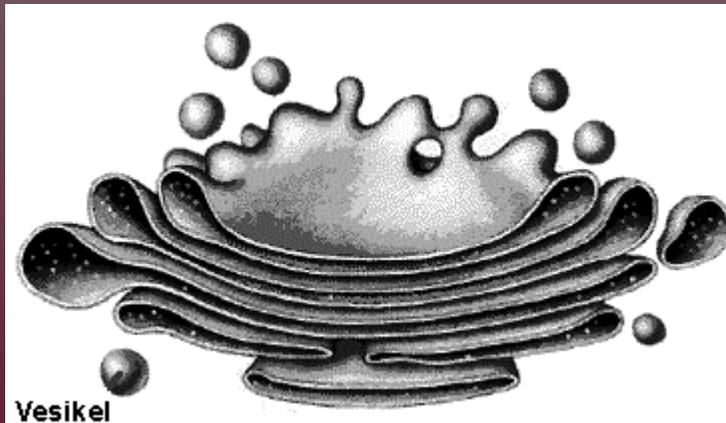


- ➔ Netzwerk abgeplatteter Röhren aus Membranen innerhalb der Zelle
- ➔ der größte Teil der ER-Oberfläche ist von Polysomen (Ribosomen) besetzt (rauhes ER)
- ➔ steht in Verbindung mit der Kernmembran
- ➔ spielt beim Stofftransport großer Moleküle zusammen mit Golgi-Apparat eine wichtige Rolle
- ➔ im ER werden Fettsäuren und Lipide gebildet



Golgi-Apparat (Dictyosom)

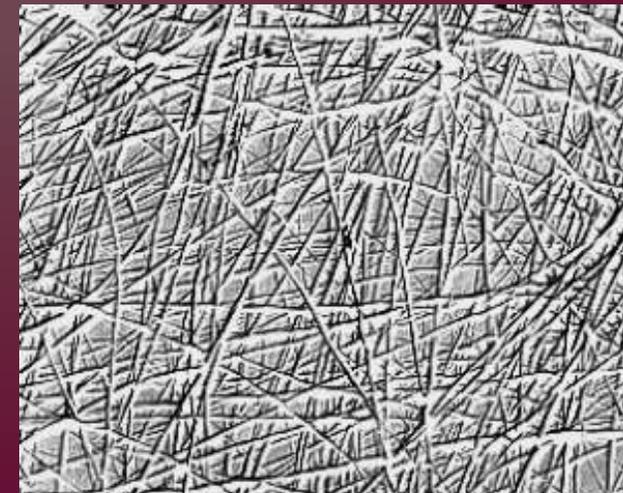
- größeres Zellorganell, das man in allen eukaryontischen Zellen findet
- besteht aus mehren Lagen abgeplatteter Membranstapel, die im Randbereich Vesikel abschnüren
- dient zur Synthese von Glycoproteinen, in Pflanzenzellen der Zellwandsynthese (Cellulose und Pektin)
- Golgi-Apparat und ER arbeiten bei der Stoffsynthese zusammen





Zellwand

- ➔ typisch für alle grüne Pflanzen
- ➔ gibt der Zelle ihre Form und schützt den Inhalt
- ➔ umgibt die Zelle auf der Außenseite (liegt der Zellmembran auf)
- ➔ wird vom Cytoplasma gebildet
- ➔ besteht bei jungen Zellen (primäre Zellwand) zu 90% aus Kohlenhydraten (Cellulose, Hemicellulosen, Pektin) und zu 10% aus Proteinen
- ➔ während der Differenzierung wird eine zweite, sekundäre Wand aufgelegt (Cellulose, Lignin - Holz)
- ➔ zwischen Primär- und Sekundärwand liegt eine Mittellamelle mit kleinen Poren (Plasmodesmen)

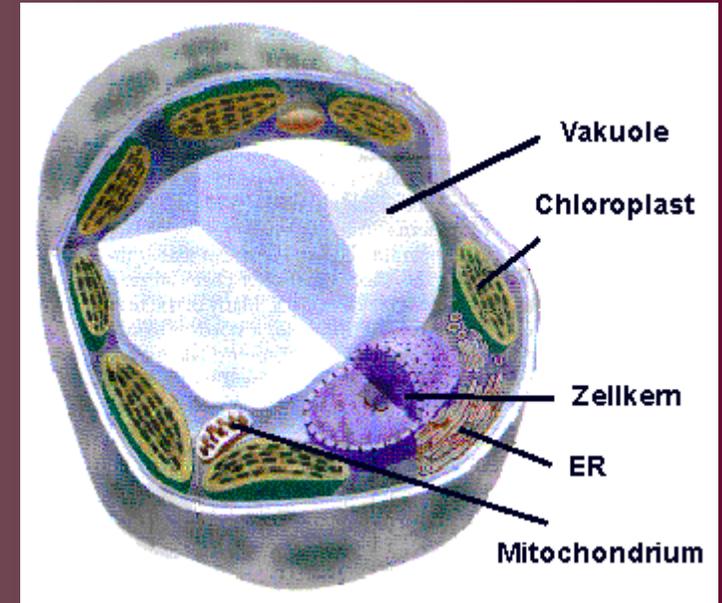


Primärwand mit Cellulosefasern



Vakuole

- ➔ in Pflanzenzellen großer, flüssigkeitsgefüllter Hohlraum
- ➔ nimmt den größten Teil (ca. 80%) des Pflanzenzellvolumens ein
- ➔ Cytoplasma mit Zellorganellen wird an die Zellwand gedrückt
- ➔ von Membran (Tonoplast) umgeben
- ➔ dient der Speicherung von Ionen, Kohlenhydraten, Vitaminen usw.
- ➔ hohe Konzentrationen an Stoffen befähigen dazu, Wasser aus der Umgebung aufzunehmen (Osmose)
- ➔ pralle Füllung (Turgescenz) mit Flüssigkeit erhält die Form
- ➔ in Tierzellen nur als pulsierende Vakuole (z. B. bei Einzellern) zur Aufrechterhaltung der osmotischen Verhältnisse

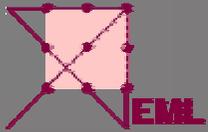




Lysosomen / Peroxysomen

Lysosomen

- ➔ kleine Vesikel im Cytoplasma
- ➔



Cytoskelett

Cytoskelett

- ➔ Netzwerk von Proteinröhren in der Zelle bestehend aus Mikrotubuli
- ➔ dient der Festigung und dem Transport

Mikrotubuli

- ➔ bewegen Vesikel, Organellen und Chromosomen
- ➔ bestehen aus dem Protein Tubulin
- ➔ treten einzeln und zusammen mit anderen Proteinen auf, um Cilien, Geißeln oder Centriolen zu bilden

Cilien

- ➔ haarartige Ausstülpungen von Zellen
- ➔ dienen der Fortbewegung
- ➔ gehen in Zellmembrannähe aus Centriolen hervor

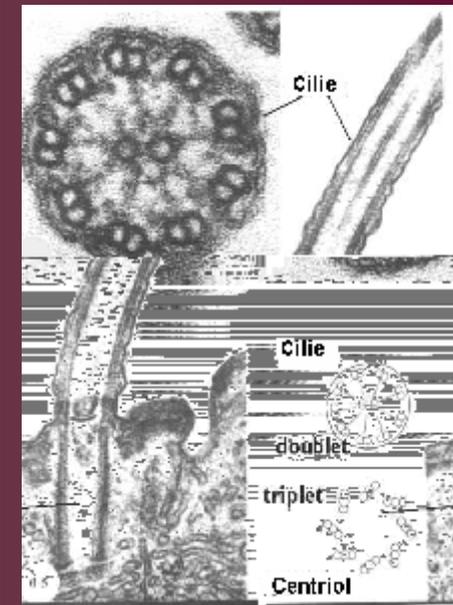
Centriol

- ➔ Teil des Centrosoms (Organell nahe dem Zellkern, von dem die Mikrotubuli ausgehen)
- ➔ Organisation der Zellteilung



Cilien / Geißeln

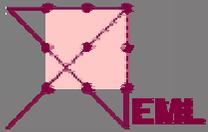
- ➔ Durchmesser ca. 25 μm , Länge bis zu 150 μm
- ➔ dient der Fortbewegung
- ➔ Cilien sind meist kürzer als Geißeln
- ➔ es können mehrere hundert Cilien pro Zelle auftreten (z.B. Ciliaten)
- ➔ 9 periphere Doppeltubuli + 2 zentrale einzelne Mikrotubuli
- ➔ Doppeltubuli tragen Dyneinarme, die die Schlagfrequenz und die Schlagform bestimmen





Viren

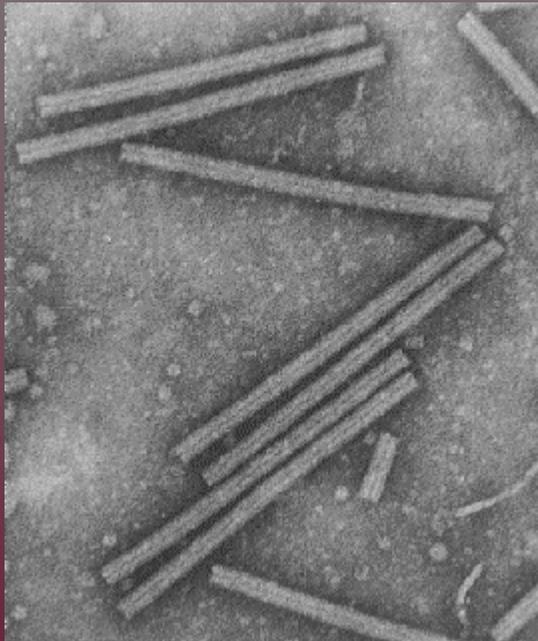
- ➔ Partikel aus Protein und Nukleinsäure (DNA oder RNA)
- ➔ typische Größe von ca. 100 nm
- ➔ bestehen nicht aus Zellen (keine Lebewesen?!)
- ➔ besitzen aber einige Eigenschaften lebender Zellen
 - ➔ benutzen Wirtszellen, um sich zu vermehren
- ➔ bestehen aus einer Proteinhülle (Capsid), die mehrschichtig sein kann
- ➔ können, da sie nicht aus Zellen bestehen auch nicht getötet, sondern nur an ihrer Vermehrung gehindert werden
- ➔ Wirtszellen können eukaryontische und prokaryontische Zellen sein
- ➔ Viren, die Bakterienzellen infizieren - **Phagen**
- ➔ injiziert Erbmateriale in die Zelle und übernimmt die Kontrolle über alle wesentlichen zellulären Stoffwechselfvorgänge
 - ➔ Produktion neuer Viren (in ca. 30 min bis zu 300 neue Viren)
 - ➔ Wirtszelle stirbt meist (Lyse)



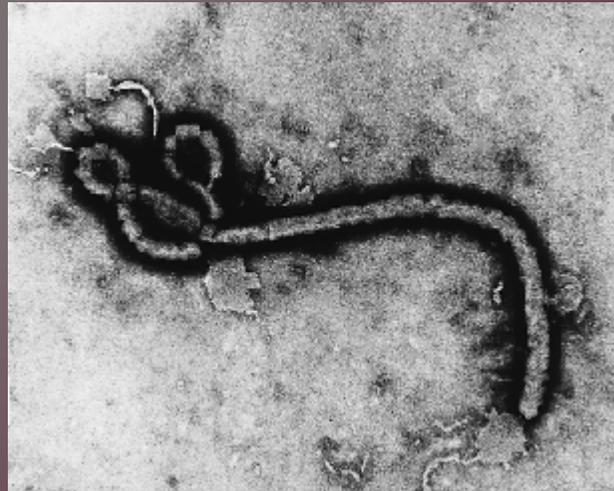
Viren



großen Formenvielfalt:



Tabakmosaikvirus



Ebolavirus



T-Phagen



HIV