

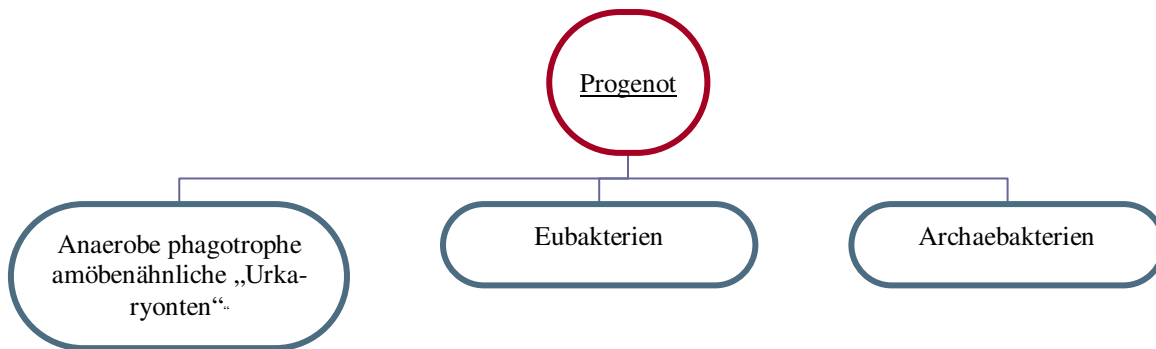
## Vertretung von Norbert Sauer, Bio I, November 02

### I. Zellorganelle

Endosymbiontentheorie:

Plastiden sind nicht wie Organe aus der Differenzierung von Zellen entstanden, wie Organe, sondern sind einfach vorhanden ... **s. Campbell, S.129** (verschiedene Plastide)

Eukaryontische Zellen sind durch das Zusammenfügen verschiedener Zellen/Zellvorläufer:



Hinweise auf Plastiden:

- DNA, Protein Bio Synthese
- 70s Ribosomen
- PBS hemmbar durch Chlorumphenicol
- Plastidengenom teilweise auch in das Kerngenom gewandert!
- DNA nicht mit Histonen assoziiert
- Lipidzusammensetzung (doppelte Membran; äußere: Teil der Wirtsmembran/äußere Membran (gram -) d. Symbionten)

Plaston:

150kbp = 5% des Prokaryontengenoms  
> 100 Proteine

Chondrion (Mitochondrien-Genom):

- *Caenorhabditis elegans* 13794bp: 10 Proteine
- *Homo sapiens* 16750bp: 15 Proteine
- *Arabidopsis thaliana* 366924bp: 57 Proteine
- Mais ~ 5704bp

Ähnlichkeitstabelle Plastiden und Prokaryonten (Cyanobakterien)

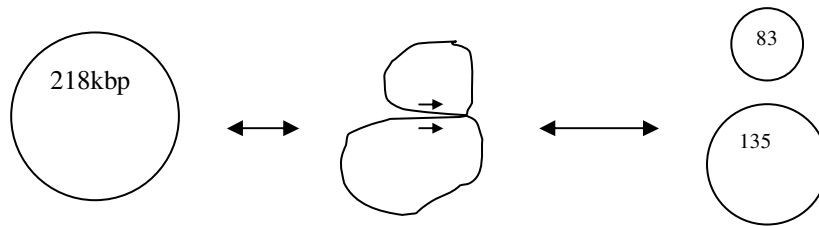
- 1) Photosystem I + II; Chl a
- 2) Ribosomenhomologien
- 3) Cyanellen mit Peptidglycan (Bakterienzellwand)
- 4) rRNA-Homologie

Es können mehrere Kernmembranen da sein, wenn z.B. schon Zellen mit Endosymbionten wieder Endosymbiose eingeht ...

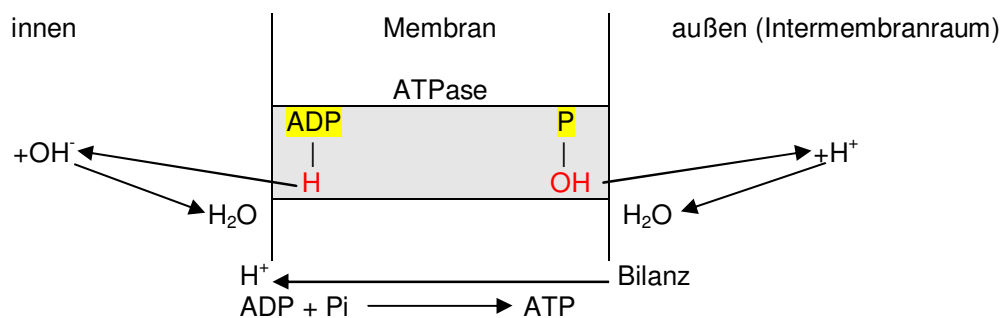
**Mitochondrien** 2µm groß, also gerade noch im Lichtmikroskop zu erkennen. **S. um S.439ff!!**

- ✚ Umgeben von zwei Elementarmembranen
- ✚ Die innere kann sich vielfach einstülpen => Oberflächenvergrößerung
  - Flächenförmige Einstülpungen Cristae
  - Finger-/Röhrenförmige Einstülpungen Tubuli
- ✚ Kommen in einer Zelle nicht nur einmal, sondern gehäuft vor, können sich zu Netzen, etc. zusammenschließen!
- ✚ werden in der Zelle bewegt

- Teilung durch Zweiteilung, wie bei Bakterien durch Einschnürung; bei längeren Mitochondrien sind auch Mehrfachteilungen möglich; **S.469ff! auch Abbn.**  
die DNA liegt ohnehin in einem Mitochondrium öfter vor (polyploid!), so dass meist auch alle Tochterzellen mehr als einen Genomsatz bekommen
- DNS meist zirkulär geschlossen
- z.B. bei Blütenpflanzen in der mitochondrialen DNS:



- DNS hat nur relativ geringen Informationsgehalt
- DNS → mRNA → Zytoplasma, dort PBS  
allerdings müssen die, im Zytoplasma gebildeten Proteine auch wieder zurück ins Mitochondrium (solche Probleme haben generell Membransysteme, wie: Zellkern [hat aber Kernporen], Chloroplasten, Mitochondrien, Proxisomen, Endoplasmatisches Reticulum)
- Das Mitochondrium löst das Problem wie folgt:  
Protein mit Leader-Sequenz, die stark positiv geladen ist und hier die Mitochondrieneintrittssequenz darstellt, hat eine räumliche Struktur, die zuerst entfaltet werden muss, da das Protein sonst niemals durch einen Transportkanal passen würde. Dazu ist Energie in Form von ATP nötig! Das entfaltete Molekül wird mit der Hilfe von Rezeptoren, die sich in der Nähe des Kanals befinden eben in die Nähe des Kanals „ge-lockt“. Mit protonenmotorischer Kraft und ATP passiert das Molekül den Kanal, dahinter findet eine Abspaltung der Leader-Sequenz statt. Der Transportkanal befindet sich an einer sog. Adhasionsstelle, d.h. an einer Stelle, an der sich die innere und die äußere Membran berühren, es also keinen Zwischenmembranraum gibt!
- Die äußere Membran ist, wie schon besprochen, durch Porine sehr durchlässig, wohingegen die innere Membran selektiv permeabel ist!  
Die innere Membran lässt nicht einmal  $H^+$ -Moleküle durch ...
- Auf der Innenseite befinden sich Enzymkomplexe (ATP-Synthetasen **s. Abb. S.447, Text ab S.446ff**)  
Die Energie der Atmungskette wird zunächst als  $H^+$  - Gradient gespeichert ( $H^+$  im Zwischenmembranraum) [These von Mitchell, 1961], Beweis von Jagendorf, 1966 mit isolierten inneren Membranen in ADP-reicher saurer Lösung → ATP-Bildung konnte nachgewiesen werden!



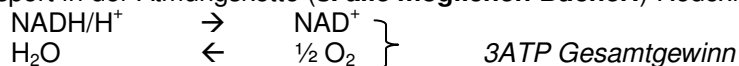
Es sieht so aus, als würde  $H^+$  nach innen wandern, da außen eins weniger wird und innen eins mehr ...

**s.S. 442, Abb. unten, S.118ffff!! über 132 ...**

Eine Zusammenfassung des Energiestoffwechsels in den Mitochondrien;  
Citratzyklus und Atmungskette können ...!?!  
So, wie in diesem Schema gezeigt, werden Fettsäuren nur in tierischen Zellen abgebaut! (Fette sind bei Tieren ja Energiespeicher!)

Bei Pflanzen werden Fettsäuren  $\beta$ -oxidiert, also nicht zu Acetyl CoA! **Evtl. irgendwo Abb., etc.**

Elektronentransport in der Atmungskette (**s. alle möglichen Bücher!**) Redoxkette mit dem Endergebnis:



Will man Mitochondrien experimentell untersuchen, so muss man sie erst mal haben!

Dazu nimmt man Zellen mit Mitochondrien, vielleicht mit möglichst vielen von denen, bricht sie auf (Ultraschall, Frenchpress, Seifenlösung, Rührer), so dass man geöffnete Zellen mit intakten Mitochondrien erhält. Diese Zellinnereienlösung zentrifugiert man anschließend und zwar differentiell, d.h. ein paar Mal mit unterschiedlichen Umdrehungszahlen, man entfernt jeweils das Abgelagerte.

- Langsam → Schweres
- Mittlere Geschwindigkeit → Mitochondrien, etc.

Zahlenwerte:

- 100-500g ganze Zellen, Zellkerne
- – 2000g Plastiden
- – 10000g Mitos
- – 100000g Ribosomen

Dass Mitochondrien noch aktiv sind, kann man mit folgendem Versuch überprüfen, der ihren Sauerstoffverbrauch zeigt:

In einem Erlenmeierkolben, der oben mit einem Lochstopfen verschlossen ist, in dem ein Rohr steckt, das gebogen ist, wie ein liegendes „S“, in dem in einer Kurve eine Flüssigkeit sich befindet (in der U-Biegung logischerweise), so dass das Behältnis luftdicht ist, befinden sich unten Mitochondrien in Lösung. Die Atmosphäre in dem Kolben besteht aus Sauerstoff und außerdem steht in dem Kolben (isoliert von der Lösung) ein Schälchen KOH, das das entstehende CO<sub>2</sub> bindet, so dass man die Volumenabnahme des Sauerstoffs auch sehen kann (sonst bliebs ja gleich ...). Sind die Mitochondrien aktiv, so verbrauchen sie Sauerstoff, das entstehende CO<sub>2</sub> wird gebunden, liegt also nicht als Gas vor, so dass ein Unterdruck im Erlenmeierkolben entsteht, der die Flüssigkeit im U-Rohr auf der Seite des Kolbens ansteigen lässt!

### Chloroplasten

- ✚ größer als Mitochondrien
- ✚ innere Membran nicht, wie bei den Mitochondrien aufgefaltet, die Chloroplasten haben stattdessen Thylakoidmembranen, die ursprünglich aber auch aus der inneren Membran hervorgegangen sind (→ sie haben den gleichen Aufbau!)
- ✚ Matrix (Innenraum) heißt hier meist Stroma
- ✚ Sie haben auch polyploide DNS.
- ✚ Sie kommen in den Epidermiszellen (ausgenommen Spaltöffnungen: Nebenzelle) nicht vor, in den inneren Zellen sind Plastiden aber häufig.

#### Abb. 13-27, S. 462

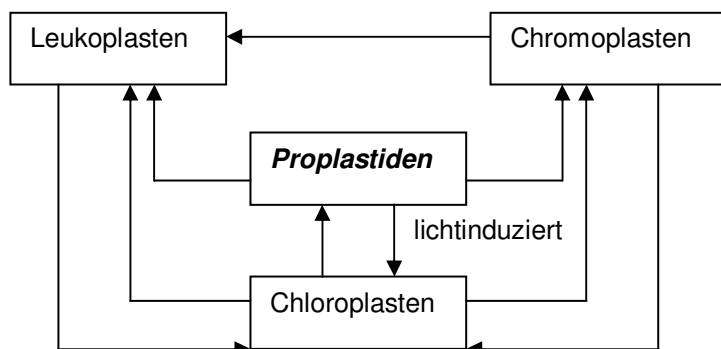
Die Granathylakoiden sind durch Stromathylakoiden verbunden.

- ✚ Zwischen den Thylakoiden sind ab und zu auch Lipidtröpfchen zu finden.

#### ✚ Pyrenoide (Stärkeplatten) s. S. 461 Abb. unten

Rubulose-1,5bisphosphat-Carboxylase/Oxygenase (RubisCO) [das mengemäßig häufigste Enzym der Erde, es befindet sich in hohen Mengen in den Pyrenoiden]

### Es gibt verschiedene Typen (= Zustandsformen) von Plastiden



### Photosynthesepigmente

- ✚ Chlorophyll a/b s. Strukturformeln im Voet (Unterschied vergleichen)  
Porphyrin (aus Pyrrolringen, die über Methin verbunden sind) mit Zentralatom Mg<sup>2+</sup> ist verestert mit dem lipophilen Phytol; dieser lipophile Teil steckt in der Membran!
- ✚ Carotinoide in Thylakoidmembran / Fetttröpfchen

- Carotine (ohne Sauerstoff)  
α-, β- (2x Vitamin A!) und γ-Carotin  
primäre Carotine spielen eine Rolle bei der PS, sekundäre Carotine (z.B. Blütenfarbstoffe)
- Xantophylle (mit Sauerstoff)

#### ✚ Phycobiline

- Phycocyan/Phycocyanin ... (blau → Blaualge)
- Phycoerythrin (rot → Rotalge)
- Beide haben zwar beide Farbstoffe, es überwiegt aber jeweils einer!  
Nicht ringförmig geschlossen, an Protein gebunden → es handelt sich um Proteine mit Chromatophor  
→ hydrophil → können gelöst vorkommen.

#### **Etioplasten**

- ✚ Vorläufer - Chloroplasten
- ✚ Bohnen, die im Dunkeln keimen und die man auch im Dunkeln weiter wachsen lässt → etiolierte, vergeilte Pflänzchen
- ✚ Haben noch keine Thylakoidmembranen, aber Prolamellarkörper (Kristallstrukturen: Heitz-Leion'sche Kristalle), von dem einzelne Thylakoidvorläufer weggehen!

#### **Leukoplasten** (in Chlorophyllfreiem Gewebe, wie auch Chromatoplasten)

- ✚ Können sich teils im Licht in Chloroplasten umwandeln
- ✚ Funktionen:
  - Amyloplasten* (Stärkespeicher → Stärkekörner) → erscheinen im Mikroskop als doppelbrechend, da Schicht um Schicht gespeichert wird, die Schichten aber nicht immer die gleichen Dichten haben! (s. Kartoffelstärkekörner!) Stärke besteht aus α-Glucose und ist der Speicherstoff der Pflanzen schlechthin! Es gibt verschiedene Arten von Stärke: Amylose (α 1, 4) → schraubige Kette oder Amylopektin (α 1,4 + α 1,6) → Verzweigung ca. alle 20 Glucosemoleküle! Bei heterotrophen Lebewesen wie Bakterien und Tieren wird Glycogen verwendet → nachschauen!
  - Proteinoplasten* (Proteine)
  - Elaioplasten* (Fette, Öle)

#### **Chromoplasten**

- ✚ Carotinoide
  - \* Carotine (gelblich – rötlich)
  - \* Xantophylle (eher gelb)
- ✚ Wurzel der Möhre
- ✚ Färbung bei vielen Früchten und Blüten [sind die Farbstoffe allerdings hydrophil, so können sie auch in der Vakuole gelöst vorkommen!]
- ✚ Carotinoide kommen vor:
  - \* in der Membran
  - \* in Fetttropfchen
  - \* kristallin (wenn sehr viele davon vorhanden sind)
- ✚ Es kommen verschiedene Typen von Chromoplasten vor:
  - \* globulös
  - \* tubulös
  - \* membranös
  - \* kristallös
- ✚ Auch Chromoplasten sind wieder polyploid

**Gerontoplasten** sind alternde Chloroplasten (im Herbst), bei denen die Chlorophylle größtenteils schon abgebaut sind ...

Wie schon erwähnt haben Chloroplasten und Plastiden eine eigene DNS, von der es (wenn die Sequenz bekannt ist) sog. Genkarten gibt. An diesen Genkarten sind außen und innen am Kreis Gene angeschrieben; dies kommt von den verschiedenen Ableserichtungen. Beim Tabak sind auch „inverted repeats“, also identische Stellen zu finden → Bücher, mal anschauen so was!

Die Vererbung von Chloroplasten und Plastiden verläuft maternal, also nicht nach den Mendelschen Gesetzen (, da z.B. beim Menschen die Mitochondrien nur in der Eizelle vorhanden sind, im Spermium dagegen nicht!)

#### **Funktion der Chloroplasten:**

1) **Photosynthese**

\* CO<sub>2</sub> – Fixierung

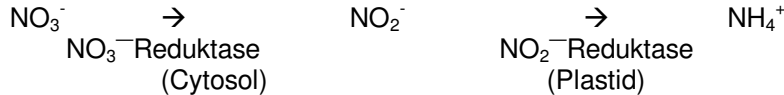
\* ATP-Bildung

\* Sauerstoffbildung

Antennenkomplex in der Thylakoidmembran → Weiterleitung zum Reaktionszentrum (Chla)

Dies und die Dunkelreaktion (Calvinzyklus) Abbildungen (s. fast jedes Buch → verschiedene Darstellungsweisen checken!) anschauen und lernen und vor allem können und verstehen!

2) **Stickstoffkreislauf**



3) **Fettsäuresynthese**

4) **Chlorophyllsynthese**

**Informationsfluss in der Zelle:**

DNS (degenerierter Code!) → RNA (die dann noch prozessiert, also gespleißt, usw. wird) → Proteine  
Allerdings ist zu erwähnen, dass die RNA in Retroviren auch in DNA übersetzt werden kann (reverse Transkription mit reverser Transkriptase)!

Kann man nun, wenn man eine DNS-Sequenz hat aus ihr schließen, ob dieser Abschnitt proteincodierend ist, oder nicht? → ach Startcodon suchen, wenn man eins gefunden hat weiter ablesen und wenn nach ca. mindestens (oder weit mehr) 300nt ein Stopcodon kommt, ist der Ausschnitt mit großer Wahrscheinlichkeit codierend. Die „Strecke“ zwischen Start und Stop wird als ORF bezeichnet, als „open reading frame“.

**Ribosomen**

○ 2 unterschiedliche Typen:

• Prokaryontische Ribosomen 70S

30S-Untereinheit: 16S rRNA (1540nt) + 21 Prot.

50S-Untereinheit: 5S rRNA (120nt) + 23S rRNA (2900nt) + 34 Prot.

• Eukaryontische Ribosomen 80S

40S-Untereinheit: 18S rRNA (1900nt) + 49 Prot.

60S-Untereinheit: 5S rRNA (120nt) + 28S rRNA (4700nt) + 5,8S rRNA (160nt) + 33 Prot.

RNA hat auch enzymatische Eigenschaften (RNA-Welt: am Anfang war wahrscheinlich RNA, noch vor Proteinen)

○ liegen entweder frei vor, oder am Endoplasmatischen Reticulum

Die gebildeten Proteine der frei vorliegenden Ribosomen bleiben im Cytoplasma, die gebildeten Proteine der Ribosomen am Endoplasmatischen Reticulum gehen zu Plastiden, nach außen, usw.

○ Es können in einer Zelle bis zu 10 Millionen Ribosomen vorkommen!

○ Ribosomen sind nur aktiv, wenn die Ribosomen zusammengelagert sind!

○ An einer mRNA sind meist mehrere Ribosomen hintereinander:

Ribosomen haben sich auch oft zu Ketten zusammengelagert; dann spricht man von Polysomen; trotzdem baut jedes Ribosom ein eigenes Protein

○ mRNA → kleine Untereinheit lagert sich an → große Untereinheit lagert sich an; beides am Startcodon → f-Methionin als Initiation eingebaut → weitere Translation (Elongation: Kettenverlängerung) Stopcodon → Proteinkette fällt vom Ribosomen ab → Ribosom zerfällt in seine Untereinheiten.

**Endoplasmatisches Reticulum**

○ ausgedehntes Membrannetz i. d. Zelle (mehr als die Hälfte der Membranzahl in einer Zelle)

○ bildet äußere Zellkernmembran (auch mit Ribosomen)

○ wenn mit Ribosomen besetzt: rER

○ ohne Ribosomen: sER

○ rER:

lagert sich ein Ribosom an das Endoplasmatische Reticulum an, so entsteht eine Pore, so dass das Ribosom die Proteine ins innere (Lumen) des ER hineinsynthetisiert! An dem Protein hängt vorne eine Signalsequenz, die erhalten bleibt, wenn das Protein wieder in ein anderes Organell bzw. Kompartiment soll, und die abgespalten wird, wenn nicht.

Proteine können im ER auch glykosiliert werden.

○ sER

- Fettsäuren werden hier synthetisiert (nur in tierischen Zellen natürlich, da in pflanzlichen Zellen die Fettsäuren in Glyoxysomen synthetisiert werden)
- Phospholipide, Steroide und sonstige Lipide synthetisiert → ER baut sich mit diesen Membranbausteinen selber auf, spaltet auch was ab, was wieder neue Membrane bildet.

### **Dictyosomen/Golgiapparat Alberts, S.14ff**

- Liegt in Stapeln vor (6-8) **Alberts, S.503**
- Vorkommen/Häufigkeit in Zellen unterschiedlich
- Oligo- und Polysaccharidsynthese
- Golgi-Vesikel transportieren Produkte, et.
- Glykosilierung werden hier häufig vervollständigt! **Alberts S.504**
  - Erkennungsoberflächen werden häufig so gebildet
  - „verzuckerte“ Oberflächen dienen auch dem Schutz
- **Membranfluss: Alberts, S.496 unten**
  - rER hat etwas produziert → Vesikel transportieren es zu Dictyosomen, verschmelzen mit deren Membran
  - Weitertransport mit Golgi-Vesikeln nach außen ...
  - oder etwas dringt ein ...

### **Membranfluss: Exo- & Endocytose**

#### Phagocytose

Substratteilchen werden mit Pseudopodium eingeschlossen

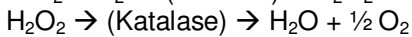
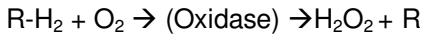
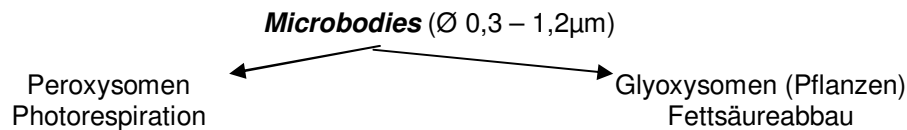
#### Pinocytose ...

#### Spezifische, rezeptorvermittelte Endocytose

Coated pit; Stachelsaum aus Clathrin (Clathrin-Trimere = Triceslions → Acanthosomen  $\varnothing = 0,1\mu\text{m}$ )

→ coated Vesikel

Retentionssignale sorgen dafür, dass bestimmte Proteine nicht eingeschleust werden.



Pflanze: Fettsäureabbau

Tiere: 25-50% d. Fettsäureabbaus; Hauptteil in Mitos

25% d. Alkohols

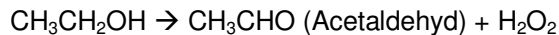


Abb. die das zyklische Zusammenwirken von Chloroplasten, Peroxysomen und Mitochondrien beschreibt!  
Dieser Zyklus läuft ab, um die Photooxidation zu verhindern! (s. Bücher, etc.)

Das war's vom Vertretungsdozenten! Back to Sauer!

II. ...