

Eukaryotische Algen primäre und sekundäre Endosymbiose

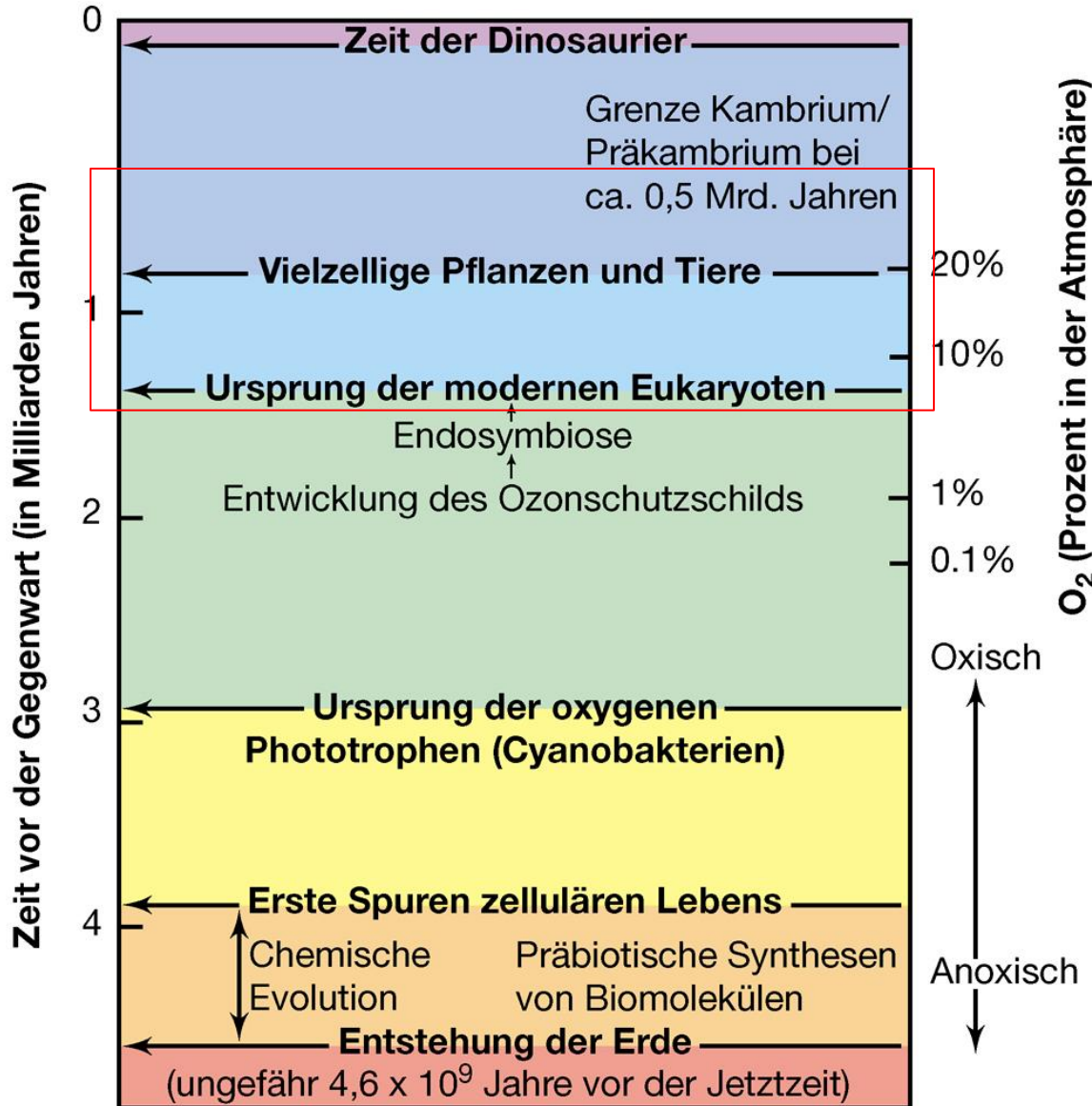


Abbildung 11.8: Die wichtigsten Meilensteine der biologischen Evolution und die sich verändernde Geochemie der Erde.

Ein Gigajahr (GY) entspricht einer Milliarden Jahre. Beachten Sie, dass die Anhäufung von Sauerstoff in der Atmosphäre in Folge des Metabolismus der Cyanobakterien ein schrittweiser Prozess war, der sich über einen Zeitraum von ungefähr 2 Milliarden Jahren erstreckte. Obwohl Tiere und die meisten anderen höheren Organismen die volle (20 %) Sauerstoffkonzentration benötigen, ist dies für Prokaryoten nicht der Fall, ebenso wie für viele fakultative Anaerobe oder Mikroaerophile (siehe *Abschnitt 6.5.3* und *Tabelle 6.4*). Daher können Prokaryoten, die bei verringerten O₂-Konzentrationen atmen, die Erde über einen Zeitraum von ungefähr zwei Milliarden Jahre beherrscht haben, bevor die Atmosphäre der Erde die jetzige Sauerstoffkonzentration erreichte.

Roter Rahmen: Zeitraum der primären Endosymbiose

Endosymbiose

- Endosymbiontentheorie besagt dass Mitochondrien und Plastiden auf endosymbiotisch lebende Prokaryoten zurück gehen, die von einer eukaryotischen Zelle aufgenommen wurden
- Doppelmembran der Plastiden und Mitochondrien
- 70 S Ribosomen vs. 80 S
- ringförmige DNA
- eigene Transkriptions und Tanslations-Maschinerie

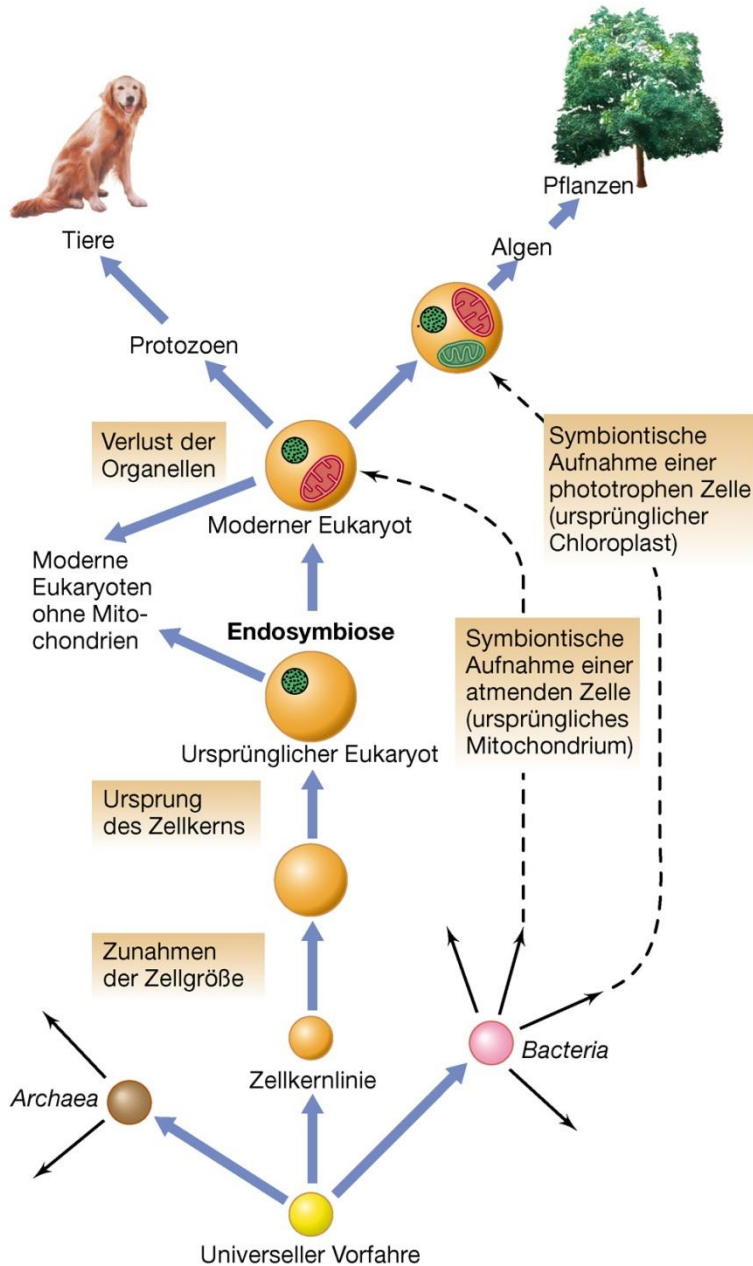
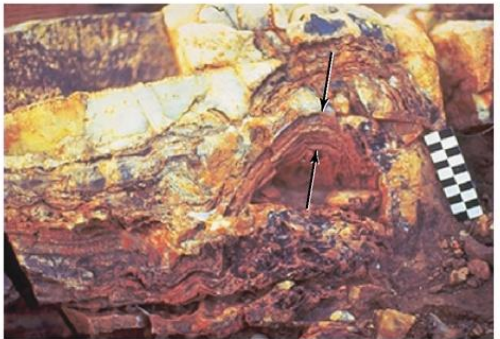


Abbildung 11.9: Ursprung der modernen eukaryotischen Zelle durch Endosymbiose. Beachten Sie, dass die Organellen von den *Bacteria* und nicht von den *Archaea* abstammen. Einige frühe Eukaryoten haben entweder niemals eine Endosymbiose durchlaufen oder ihre Symbionten für immer verloren, ansonsten aber die Grundeigenschaften eukaryotischer Zellen bewahrt. Vergleichen Sie diese Abbildung mit der *Abbildung 11.6*, in welcher die Linien der *Bacteria* dargestellt sind, von denen die Organellen abstammen (siehe *Abschnitt 14.1.4*).

Alle Plastiden gehen auf Cyanobakterien zurück

- Cyanobakterien sind ca. 3 Mrd Jahre alt
- Oxygene Photosynthese
- Besitzen Chlorophyll a

Stromatolithen als Nachweis für 3.5 Mrd Jahre alte Bakterien (photosynthetisch)



Malcolm Walter

(a)



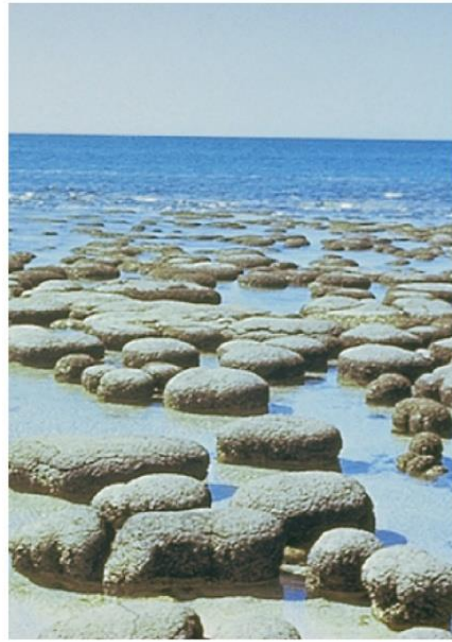
Malcolm Walter

(b)



Malcolm Walter

(c)



Malcolm Walter

(e)



T. D. Brock

(d)

Abbildung 11.2: Ursprüngliche und moderne Stromatolithen. (a) Der älteste bekannte Stromatolith, den man in 3,5 Milliarden Jahren altem Gestein fand, Warrawoona Gruppe in Westaustralien. Es ist ein vertikaler Schnitt durch die laminierte Struktur dargestellt, die im Gestein konserviert wurde. Die Pfeile zeigen auf die laminierten Schichten. (b) Konisch geformte Stromatolithen aus 1,6 Milliarden Jahren altem Dolomitgestein des McArthur Becken im Northern Territory von Australien. (c) Moderne Stromatolithen in einer warmen Meeresbucht, Shark Bay, Westaustralien. (d) Moderne Stromatolithen, die aus thermophilen Cyanobakterien bestehen, die in einer heißen Quelle im Yellowstone National Park wachsen. Jede Struktur ist ungefähr 2 cm hoch. (e) Ein weiteres Foto moderner und sehr großer Stromatolithen aus der Shark Bay. Die einzelnen Strukturen haben einen Durchmesser von 0,5 – 1 m.

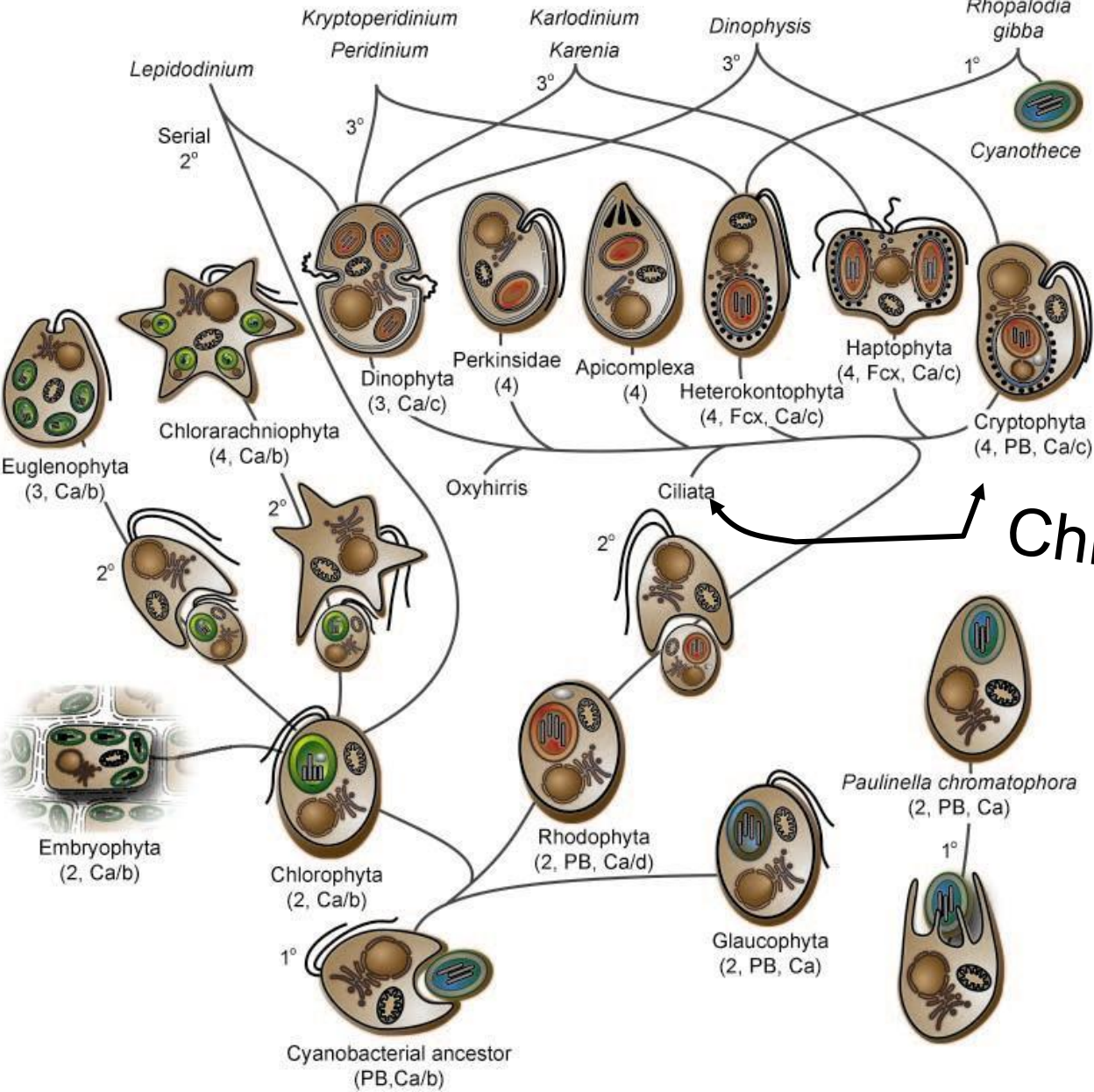
Primäre Endosymbiose

- Primäre Endosymbiose = Cyanobacterium wird zu Plastid in Eukaryont, 2 Plastidenmembranen
- Primäre Endosymbiose bei Grünalgen, Landpflanzen, Rotalgen, Glaucophyten fand vor ca. 500 Mio – 1,5 Mrd Jahren statt; bei diesen Gruppen keine weitere Endosymbiose

Sekundäre Endosymbiose

- Sekundäre Endosymbiose = eukaryontische Zelle (mit Plastid) als Endosymbiont von anderem Eukaryont,
- Beispiele: **Euglenophyta** aus Endosymbiose mit **Grünalge**; **Chromalveolata** (viele Gruppen wie **Heterokontophyta** mit **Braunalgen** und **Diatomeen**; **Ciliaten**; **Dinophyta**) aus Endosymbiose mit **Rotalge**
- 3 oder 4 Plastidenmembranen
- Manchmal ist Nukleomorph erhalten = reduzierter Zellkern des Endosymbionten

Endosymbiosen Übersicht



Chromalveolata

Ca/b/d = Chl a /b/d

PB = Phycobiliprotein

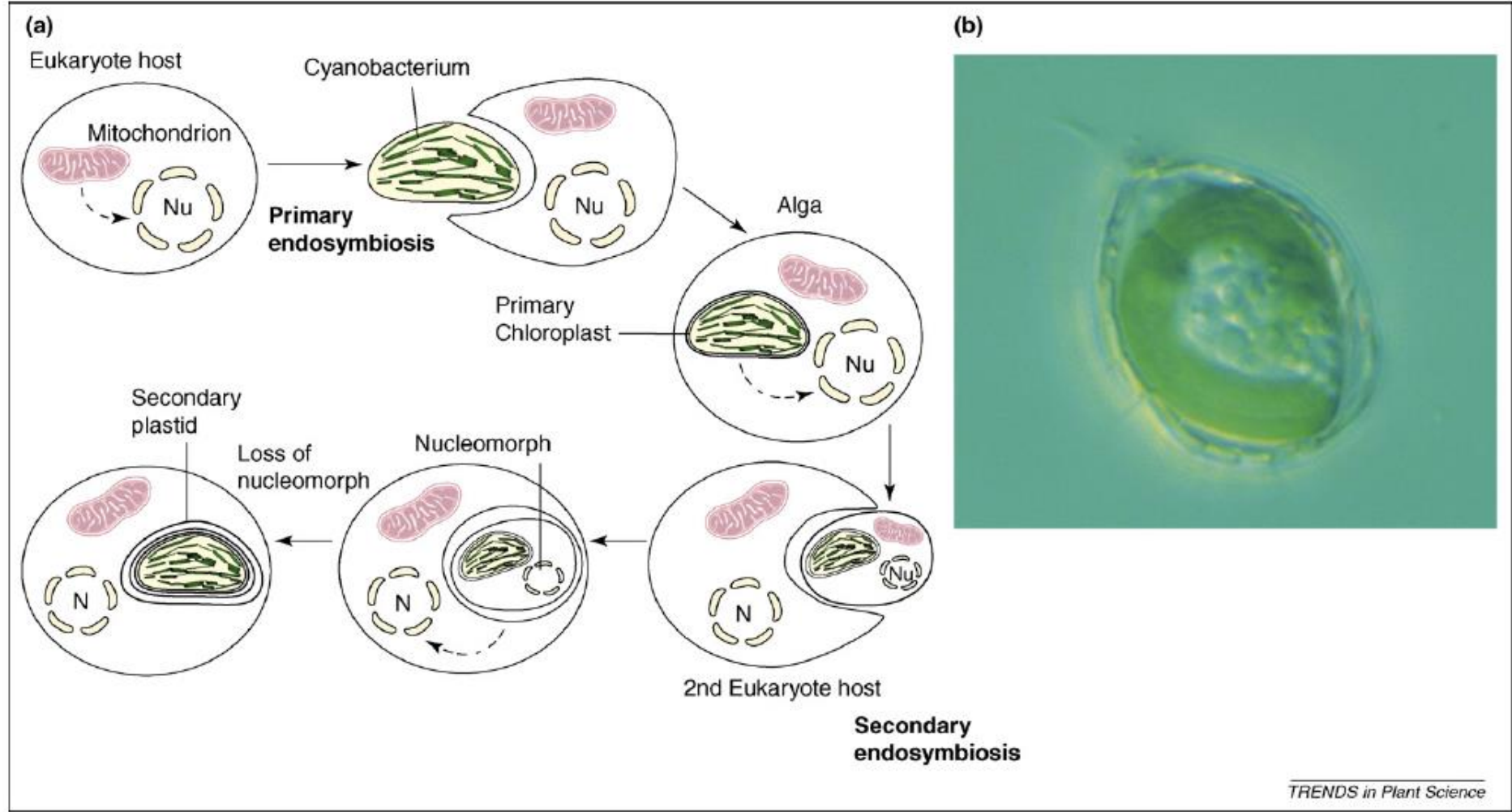
Fcx = Fucoxanthin

2° = sekundäre Endosymbiose

3° = tertiäre Endosymbiose

Die Zahl der Plastiden-Membranen (2,3,4) ist angegeben

Primäre und sekundäre Endosymbiose



TRENDS in Plant Science

Figure 1. Origin of plastids by primary and secondary endosymbiosis. **(a)** Acquisition of a cyanobacterium by primary endosymbiosis, and subsequent secondary endosymbiotic acquisition of the resulting eukaryotic alga. The intermediate algal nucleus (Nu) forms the nucleomorph, which is subsequently reduced. N indicates the nucleus of the second eukaryote host. Broken arrows indicate gene transfer. **(b)** Photomicroscope image of a cell of *Paulinella*. Cell length is ~25 μm. The photograph shows the scales of the theca, a filopodium, and a large, dividing photosynthetic body or 'chromatophore'. Photograph kindly supplied by Birger Marin.

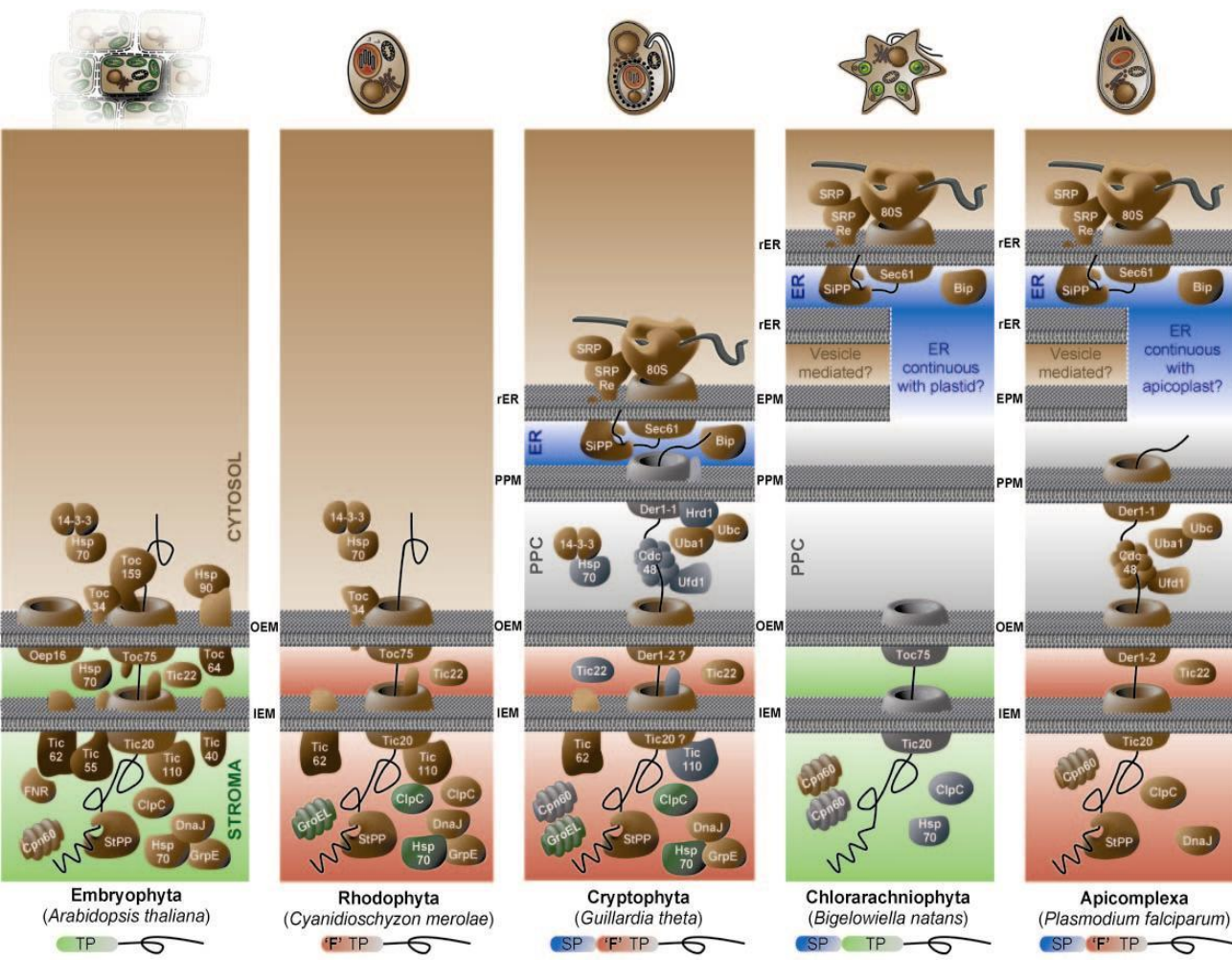
Tertiäre Endosymbiose etc.

- Beispiele für tertiäre Endosymbiose und serielle sekundäre Endosymbiose bei **Dinophyta**
- Beispiele für den **Verlust der photosynthetischen Aktivität (aber Plastiden erhalten)**: parasitisch lebende Pflanzen, Malaria Erreger *Plasmodium*
- Einige plastidäre Funktionen sind erhalten: Häm Synthese, Fettsäure Synthese, Isoprenoid Synthese
- Beispiele für kompletten Verlust der Plastiden: **Oomyceten** (*Phytophthora infestans*), **Trypanosomen** (Schlafkrankheit, Chagas-)

Nach der Endosymbiose

- Für viele Funktionen gibt es nun 2 Sets von Genen (Wirt und Endosymbiont)
- Gene des Endosymbionten gehen im Lauf der Zeit verloren oder werden in den Kern integriert
- Beispiel: **Cyanobakterien** haben ca. **5000 Gene**; Pflanzen-**Plastiden** haben ca. **150 Gene**
- Viele nun Kern-codierten Genprodukte (Proteine) werden trotzdem im Plastiden gebraucht (manchmal auch anderswo) => müssen nach der Translation eingeschleust werden

Protein Transport in Plastiden



OEM: äußere Hüllmembran
 IEM: innere Hüllmembran
 PPM: periplastidische Membran
 EPM: epiplastidische Membran
 rER: raues Endopl. Retic.
 F: Stroma Signal Rotalgen

TP: Transit Peptid
 SP: Signal Peptid

braun: Kern-codiert
 grau: Nucleomorph codiert
 grün: Plastiden-codiert

Gould SB, et al. 2008. Annu. Rev. Plant Biol. 59:491-517.

Protein Transport in Plastiden

- Maschinerie bei Landpflanzen und Rotalgen (je 2 Membranen) sehr ähnlich
- Transit Peptid dirigiert Protein in die Plastiden
- Wird durch Protease abgespalten
- Organismen mit 4 Membranen: äußere Membran oft mit rER verbunden. Ein Signal Peptid bewirkt Einfädeln des naszierenden Protein bei der Translation

Was passiert mit dem Stoffwechsel von Wirt und Endosymbiont ?

- Viele Stoffwechselwege sind nun zweimal in der Zelle realisiert
- Einer davon kann verloren gehen, muss aber nicht
- Beispiele: Kohlyhydrat Speicher (Stärke / Glycogen etc.); Synthese von Häm; Synthese von Aminosäuren

Polysaccharid Speicher

- In Cyanobakterien wird Glycogen synthetisiert
- In grünen Pflanzen wird Stärke im Plastiden synthetisiert (Amylose und Amylopectin ähnlich Glycogen)
- Rotalgen synthetisieren Stärke (Florideen Stärke) im Cytosol

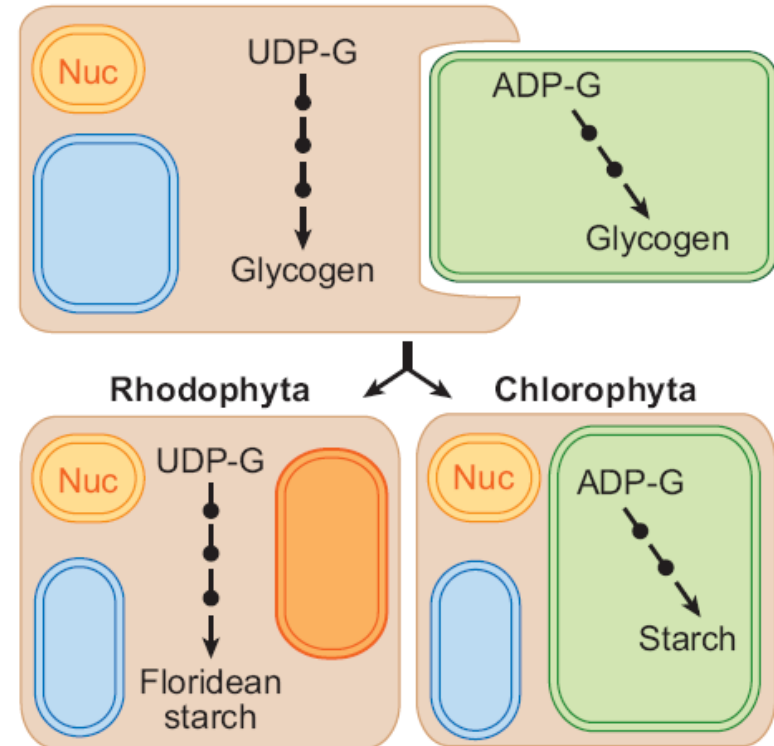


Figure 3

Schematic representation of starch synthesis before and after primary endosymbiosis. Nuc, nucleus; UDP-G, uridine-diphosphate glucose; ADP-G, adenosine-diphosphate glucose.

Biosynthese von Häm

- Ursprünglich vmtl. in Mitochondrien und Cytosol
- Pflanzen: in Plastiden

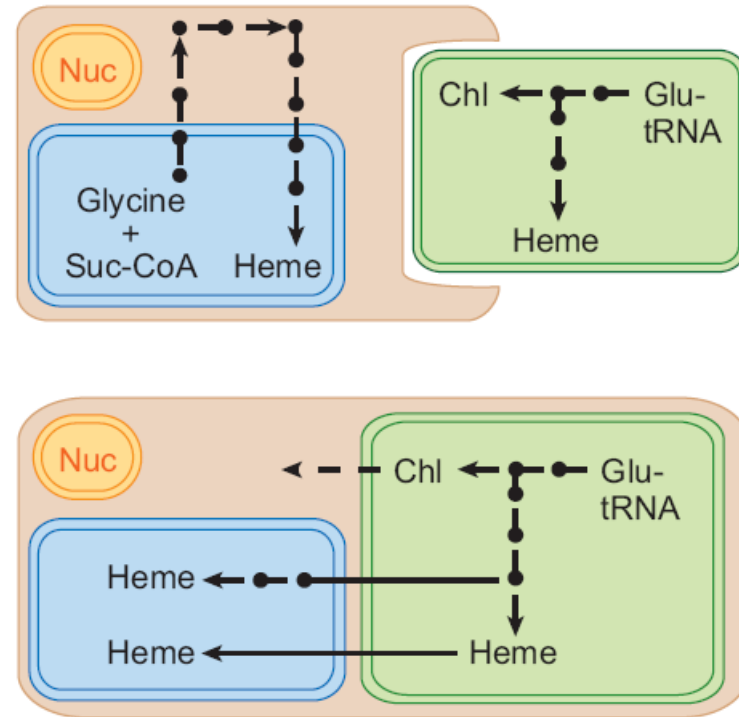


Figure 5

Schematic representation of heme synthesis before and after primary endosymbiosis. Nuc, nucleus; Glu tRNA, glutamyl tRNA; Suc-CoA, succinyl-Coenzyme A; Chl, chlorophyll.

Biosynthese Trp Phe Tyr

- Von Plastiden übernommen

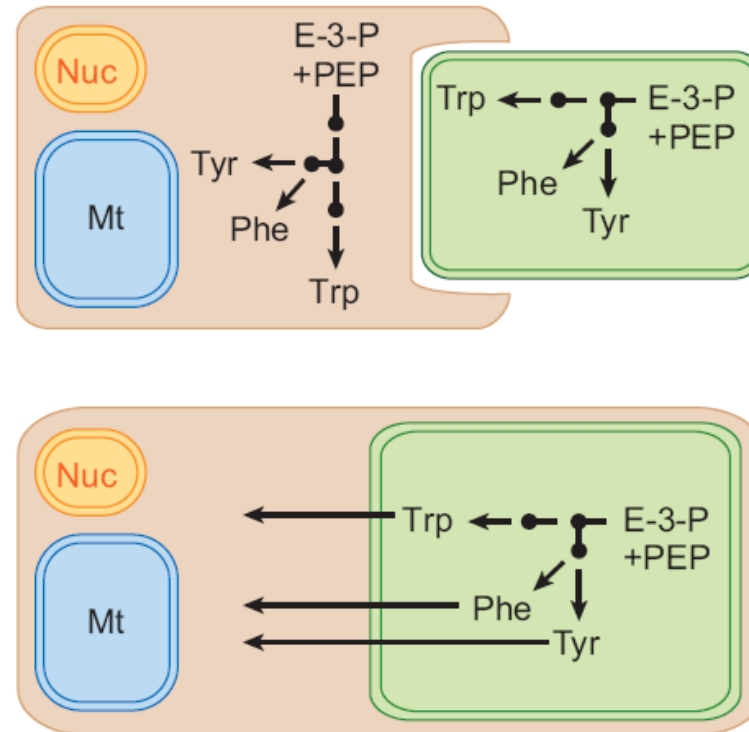


Figure 6

Schematic representation of aromatic amino acid synthesis before and after primary endosymbiosis. Nuc, nucleus; Mt, mitochondrion; E-3-P, erythrose-3-phosphate; PEP, phosphoenolpyruvate; Tyr, tyrosine; Phe, phenylalanine; Trp, tryptophan.