

Ontstaan van het leven nieuw leven inblazen

Jan W. de Leeuw

NIOZ Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel

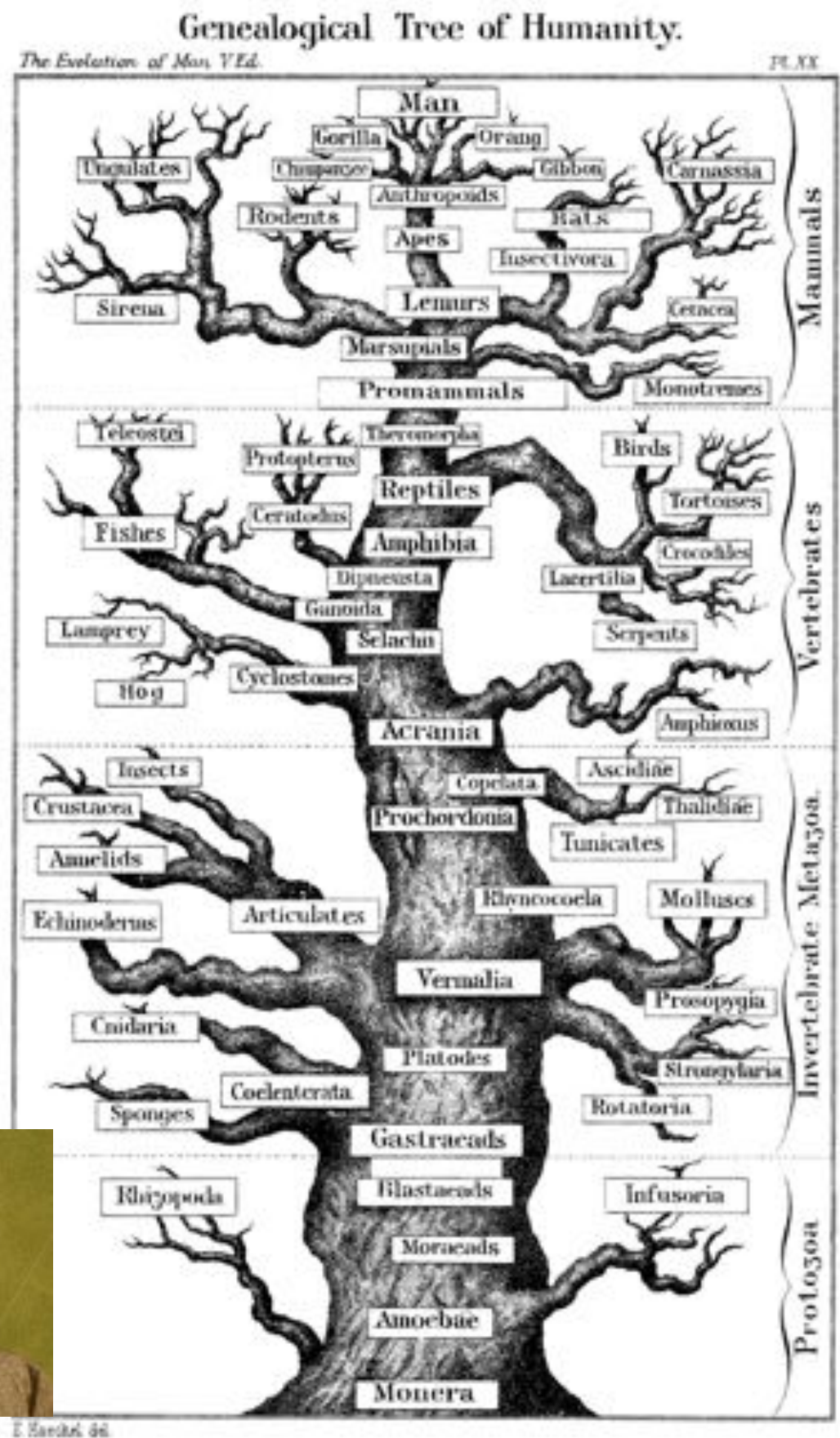
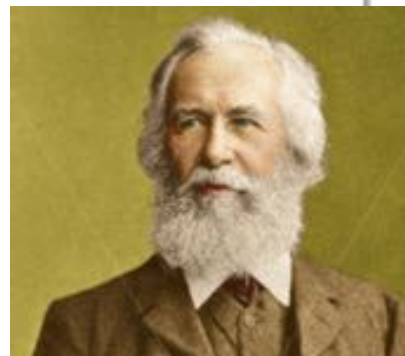
Universiteit Utrecht, Utrecht

Lutz Lohse

Universiteit van Amsterdam, Amsterdam

OSG de Hoge Berg, Den Burg, Texel

NIBI conferentie 11/12 januari 2019



Ernst Haeckel, 1874

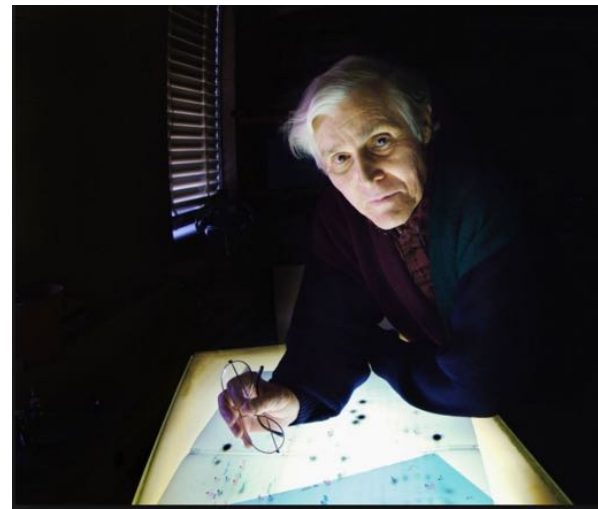
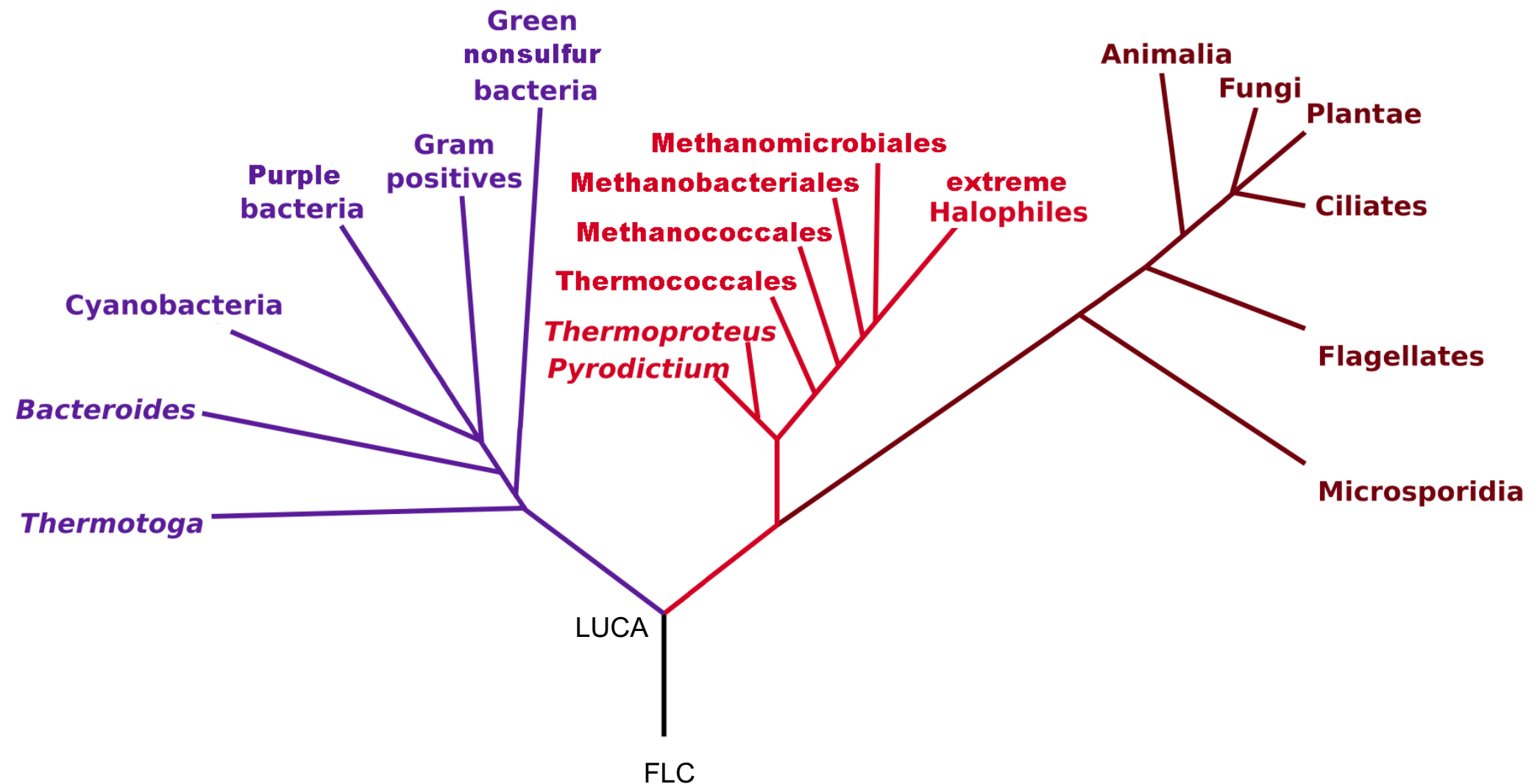
“Stamboom” van het leven op basis van klein stukje ribosomaal DNA

Phylogenetic Tree of Life

Bacteria

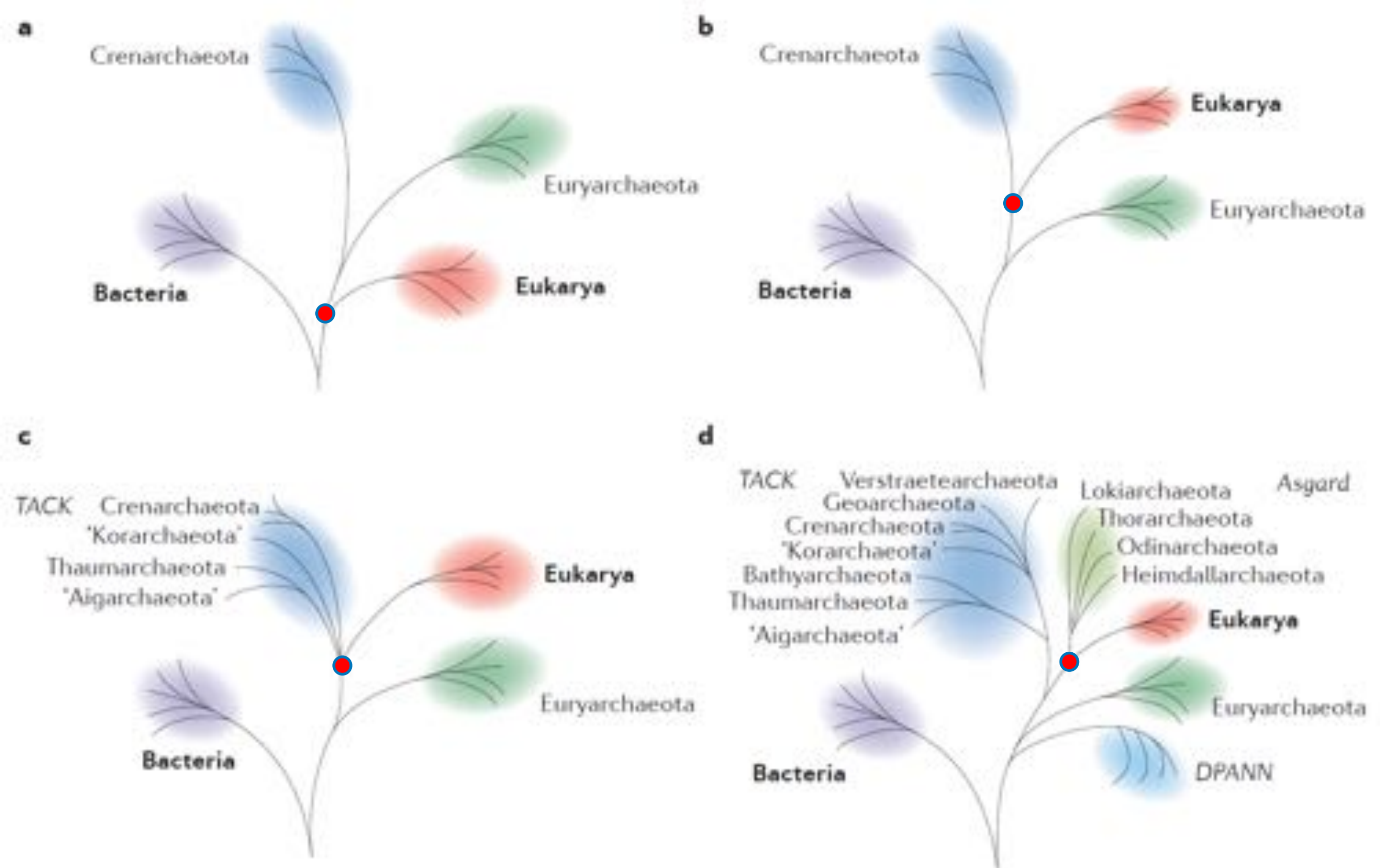
Archaea

Eucarya

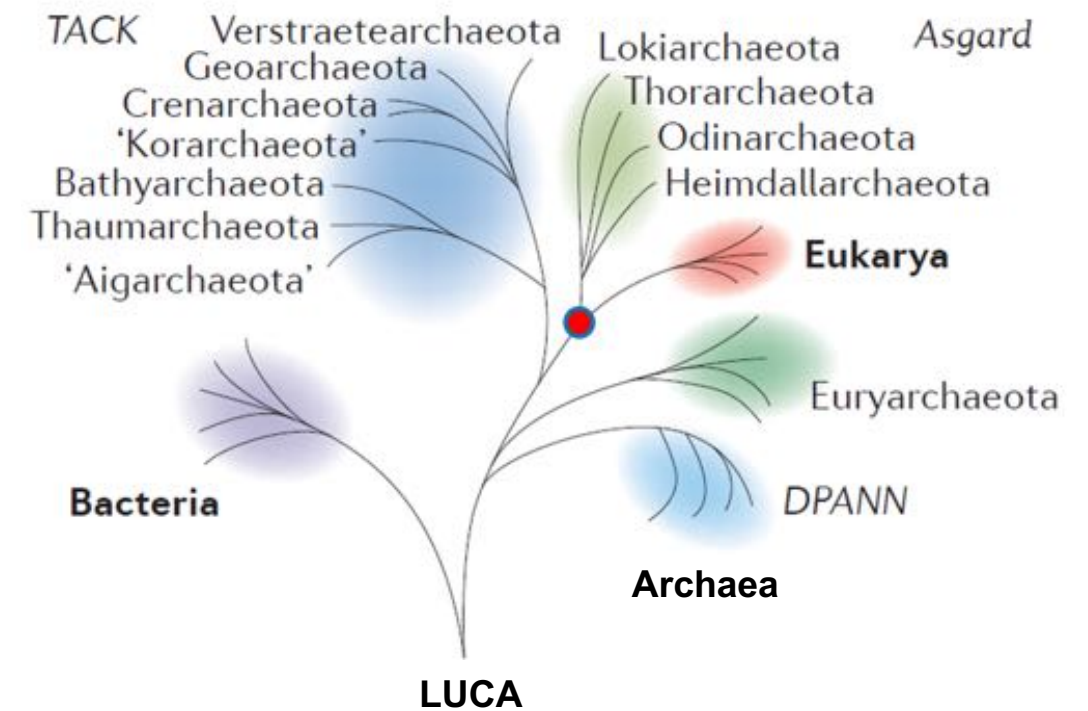
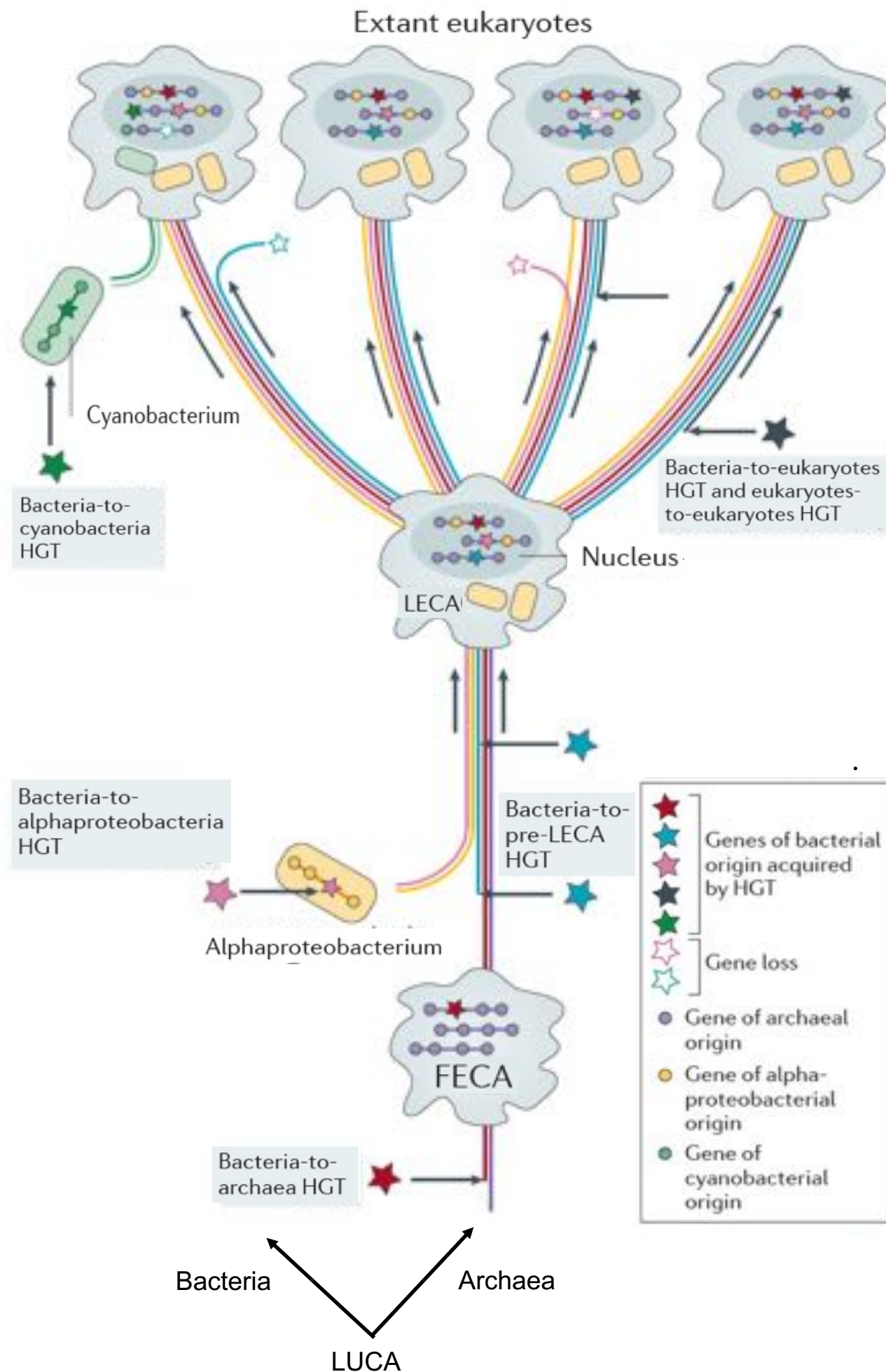


Carl Woese et al.,
PNAS 87, 4576-4579
(1990)
Woese & Fox,
PNAS 74, 5088-5090
(1977)

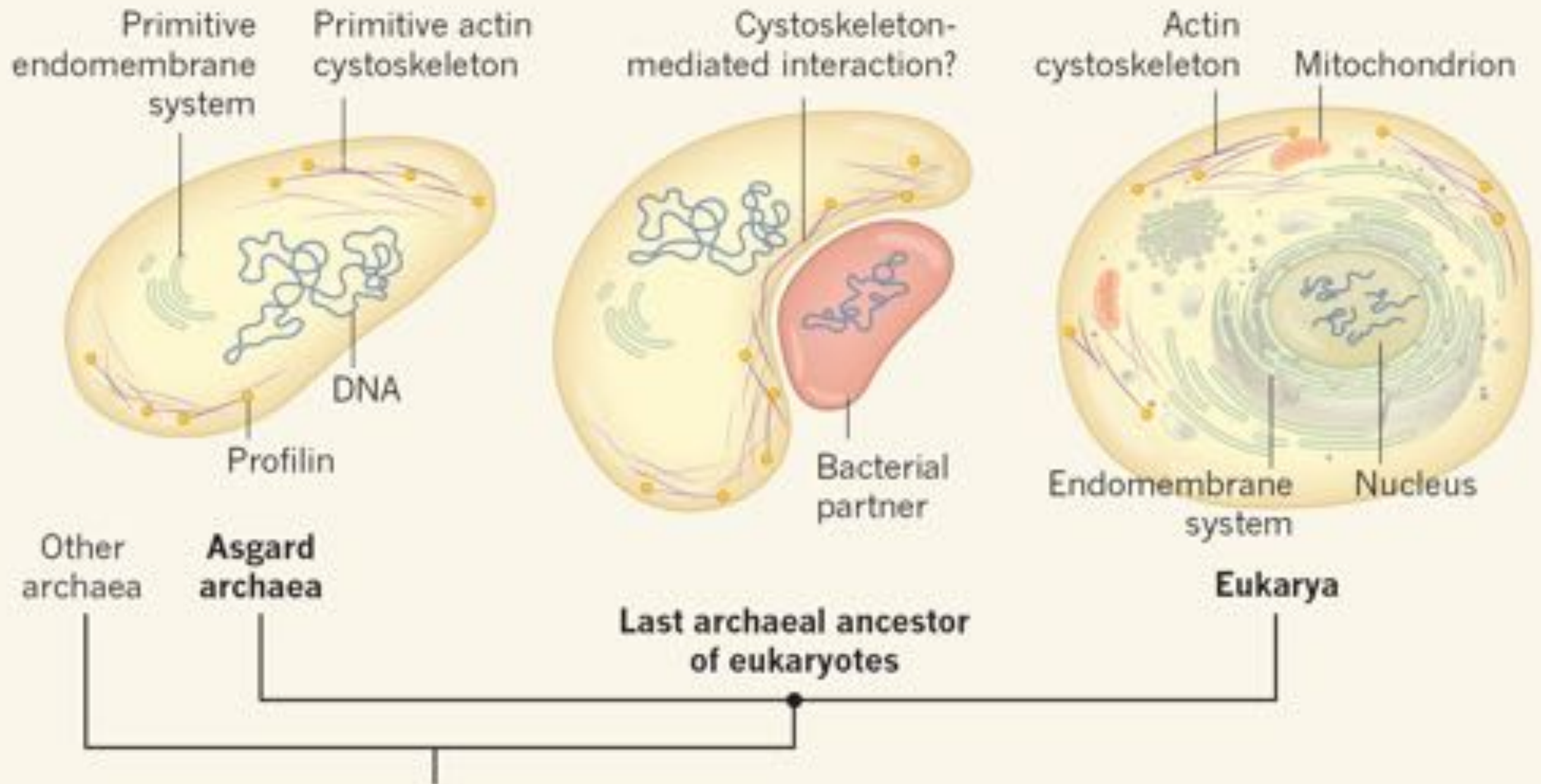
Sterk toenemende diversiteit van Archaea over de laatste 40 jaar (a via b en c naar d) en de relatie tot eukaryoten



**Ontstaan van eukaryoten langs de
“Archaeale lijn” via horizontaal
genen transport (HGT) voor en na
unieke endosymbioses**

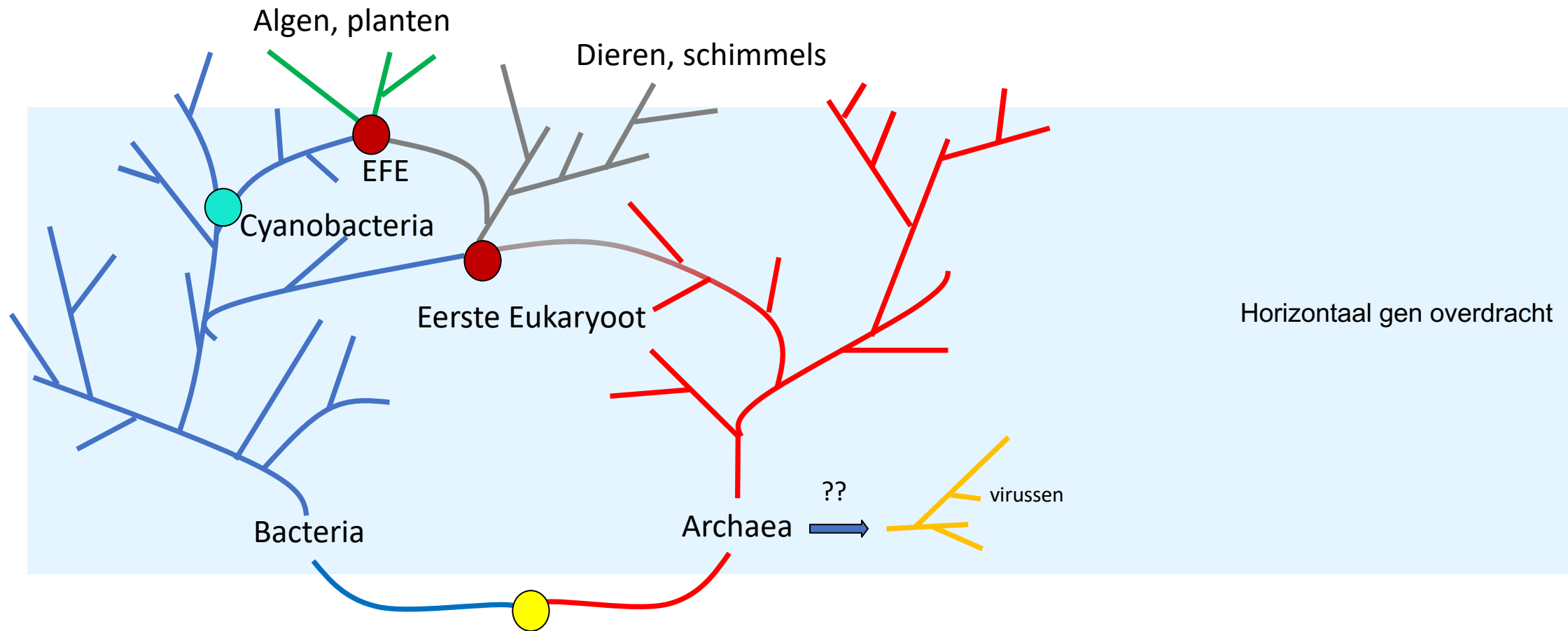


Vroege evolutie van Eukaryoten door een eenmalige endosymbiose van een **Archeon** en een **Bacterie**



“Superboom” van het leven

Biologische Evolutie



LUCA (Last Universal Common Ancestor)



FLC



Onderzeese warmwaterbronnen van ca. 4 miljard jaar oud



levensvatbare planeten, ijsmanen



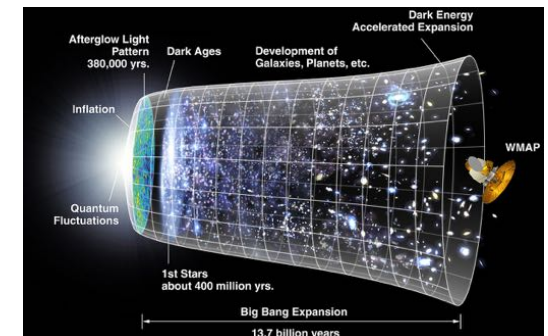
o.a. C, H, N, O, S, P, Fe, Ni, U



Big Bang

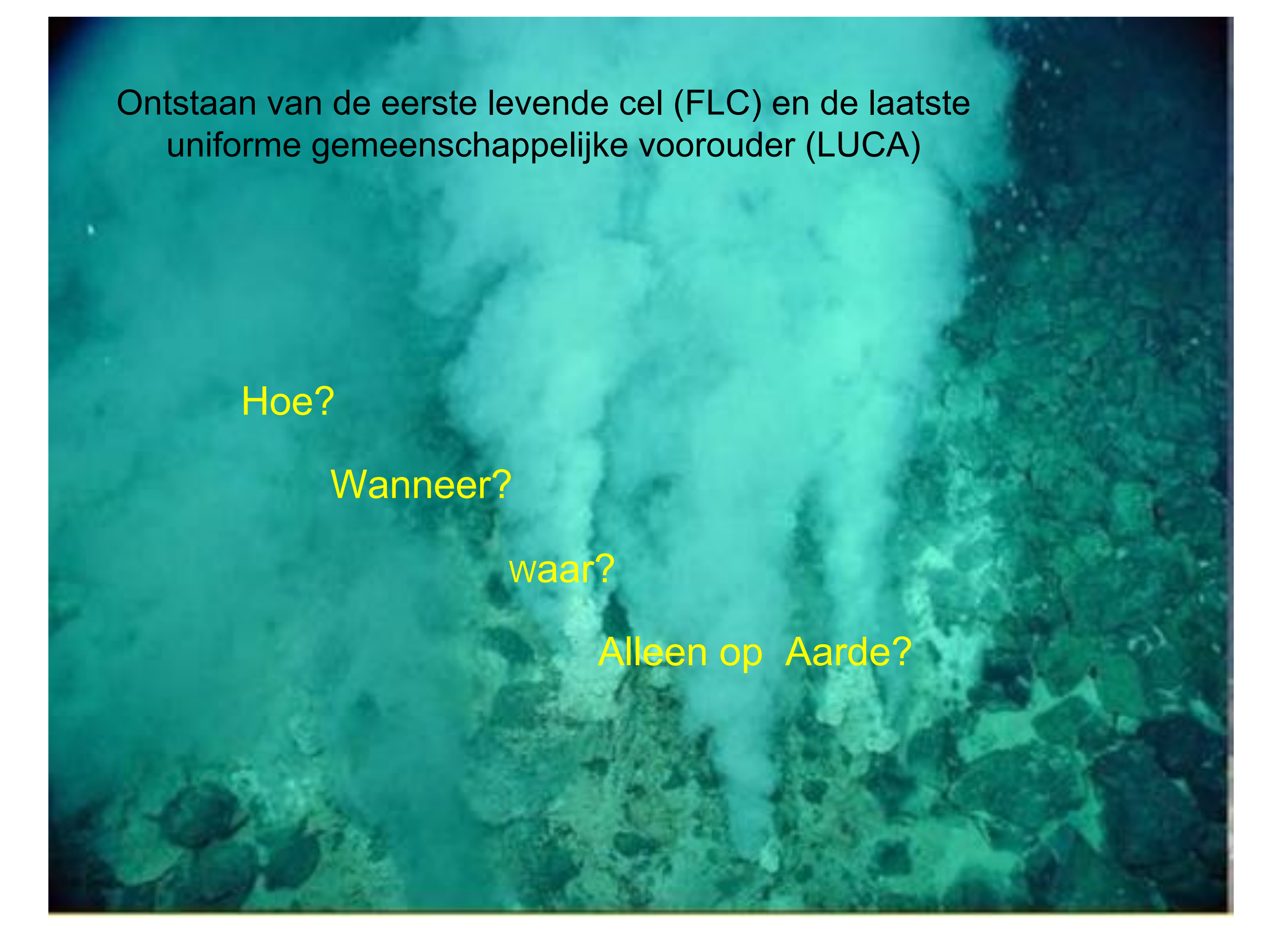
(Geo-)
Chemische
Evolutie

Astronomische
Fysische Evolutie



Metabolisme micro-organismen

Energiebron	Licht	foto-			-troof
	Licht & redoxreactie	mixo-			
	Redoxreactie	chemo-			
Elektronendonor	Organische verbinding		organo-		
	Anorganische verbinding		litho-		
Koolstofbron	Organische verbinding			hetero-	
	Anorganische verbinding			auto-	



Ontstaan van de eerste levende cel (FLC) en de laatste
uniforme gemeenschappelijke voorouder (LUCA)

Hoe?

Wanneer?

waar?

Alleen op Aarde?

*Voorwaarden voor het ontstaan van leven op Aarde
of andere “levensvatbare” planeten*

- 1) **Energie en Koolstof (C).** Continue toevoer van reactieve Koolstof en Energie om de noodzakelijke moleculen te kunnen maken, om de levende cel goed te laten functioneren en om te delen.
- 2) **Katalysatoren** om noodzakelijke chemische omzettingen in een levende cel snel en foutloos te laten verlopen bij “normale” temperatuur en druk.
- 3) Het **verwijderen** van **afvalproducten**, o.a. om de reacties in de juiste richting te laten verlopen.
- 4) **Compartimentvorming** om binnenkant van de cel te scheiden van de buitenkant.
- 5) Aanwezigheid van **erfelijk materiaal**, RNA, DNA om te coderen voor de vorm en functie van de levende cel.

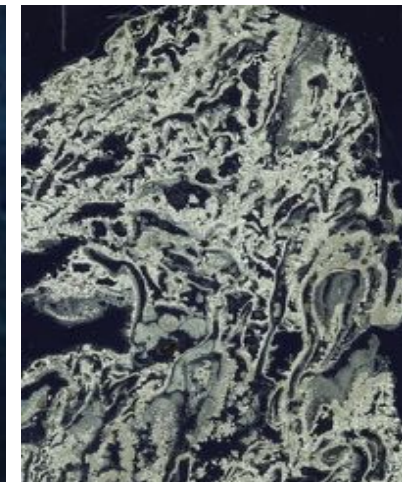
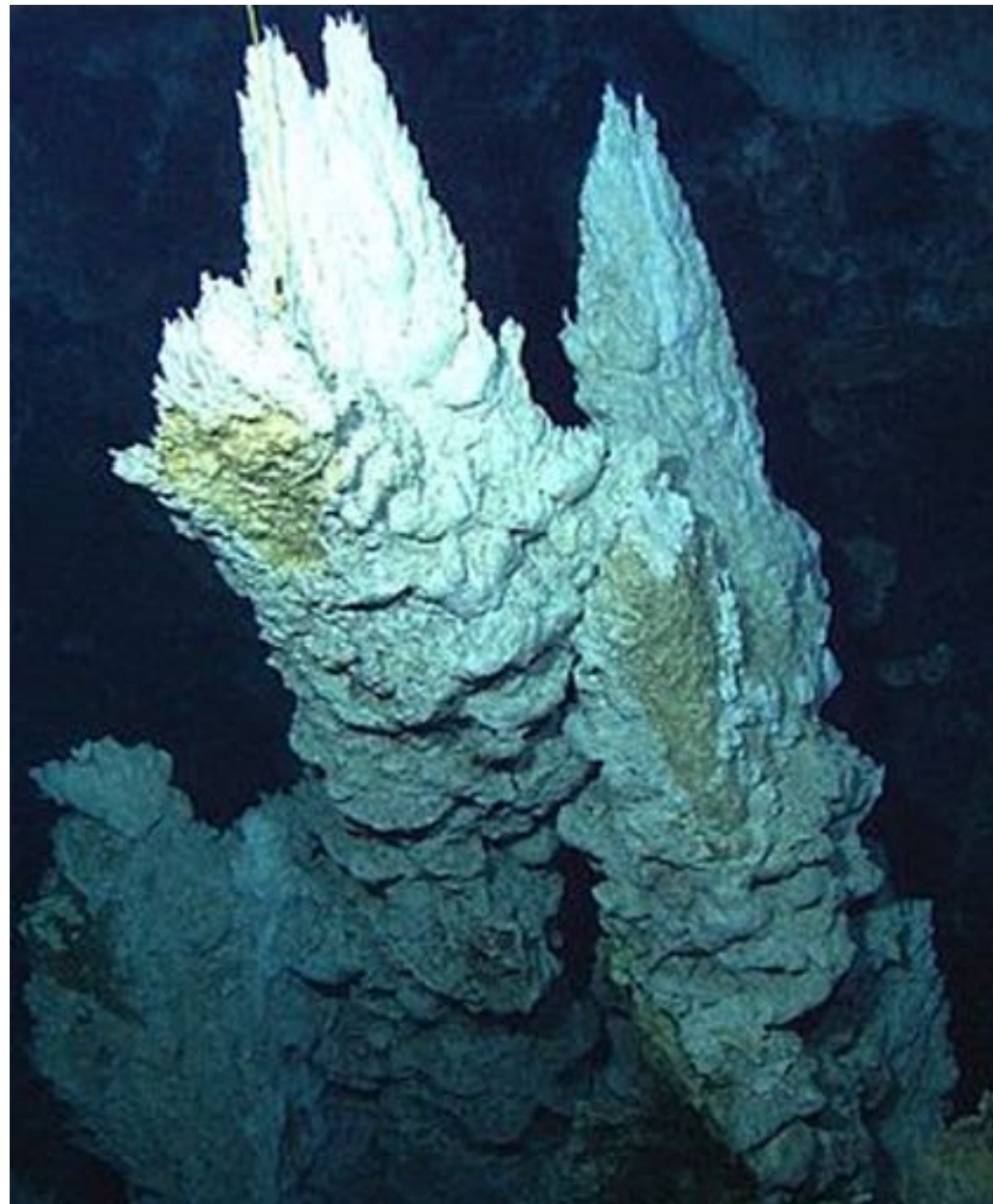




Deborah Kelley
University of Washington

Onderzeese warmwaterbronnen, “white smokers”, *maar dan in de oertijd*

Ontdekking onderzeese
warmwaterbronnen Lost
City, 2000

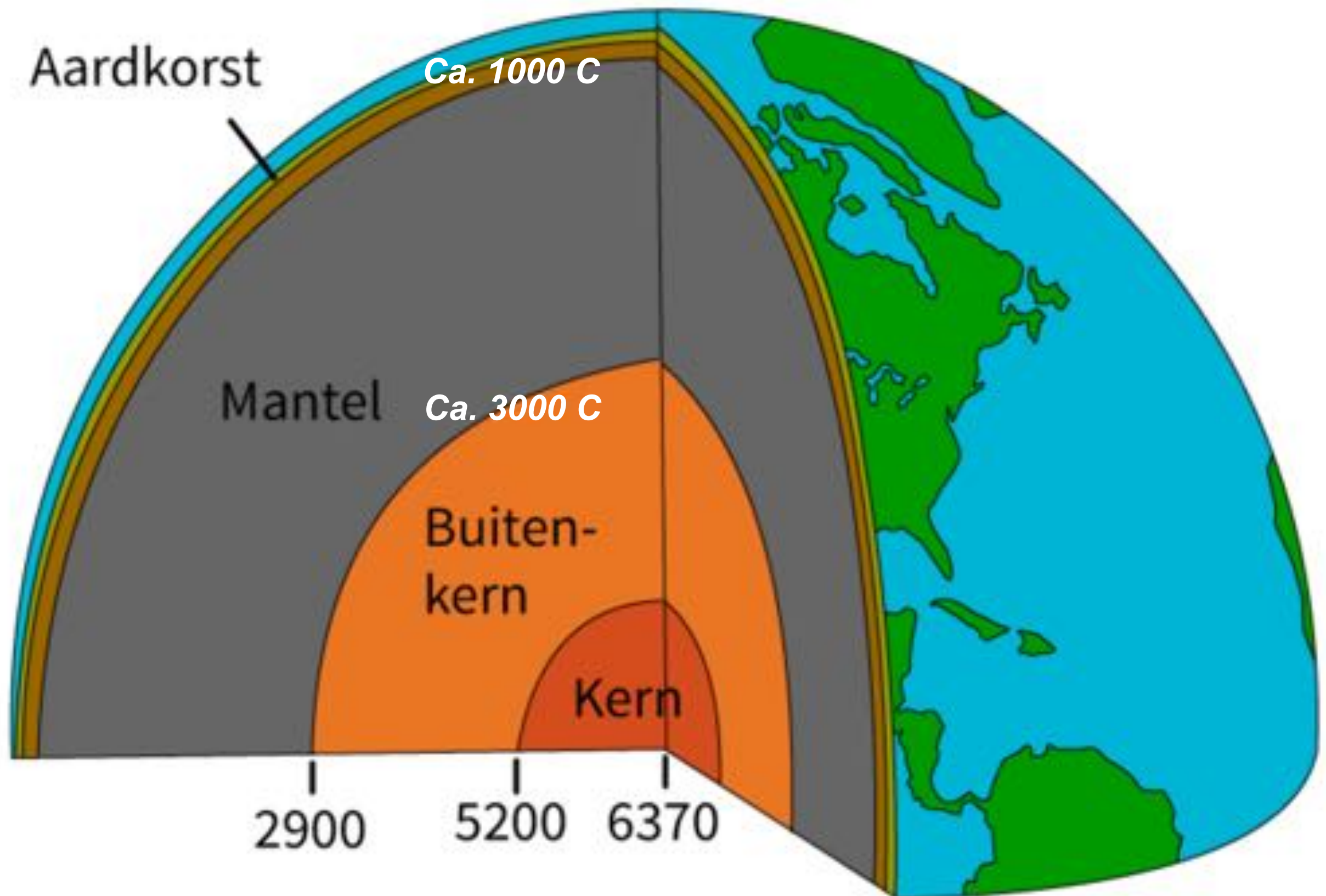


500 μ M

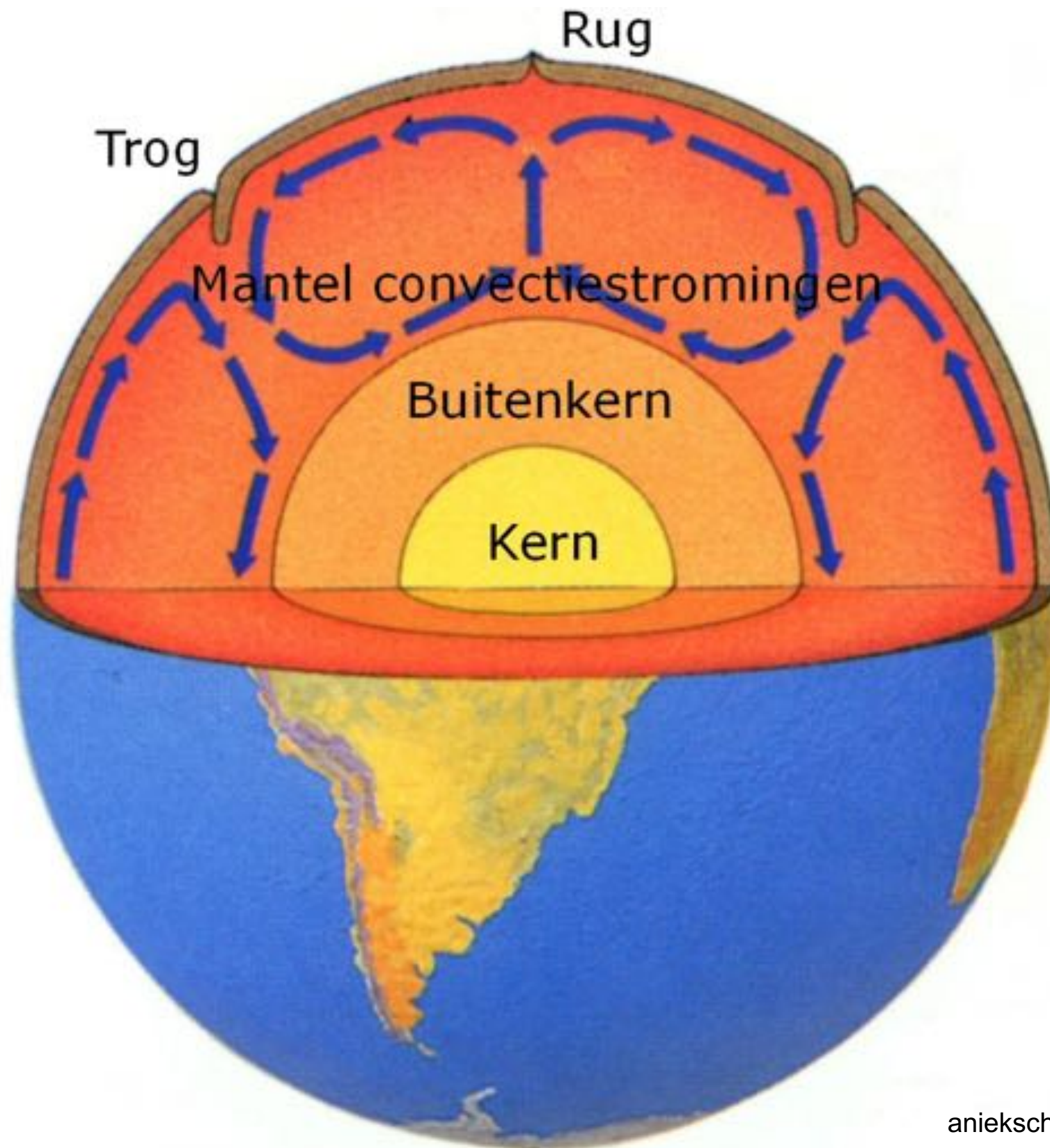


Russell MJ, Hall AJ. The emergence of life from
iron monosulphide bubbles at a submarine
hydrothermal redox and pH front. *J. Geol. Soc.
Lond.* 154:377-402 (1997)

Een kijkje in de aardbol



Convectiestromen in de mantel veroorzaken het “drijven” van de continenten waardoor de Aarde, geologisch gezien, er steeds anders uitziet



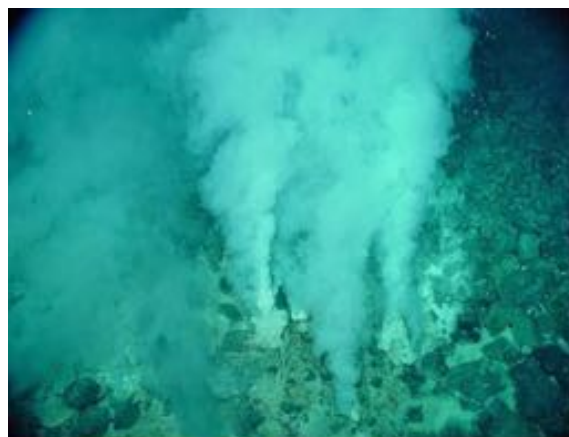
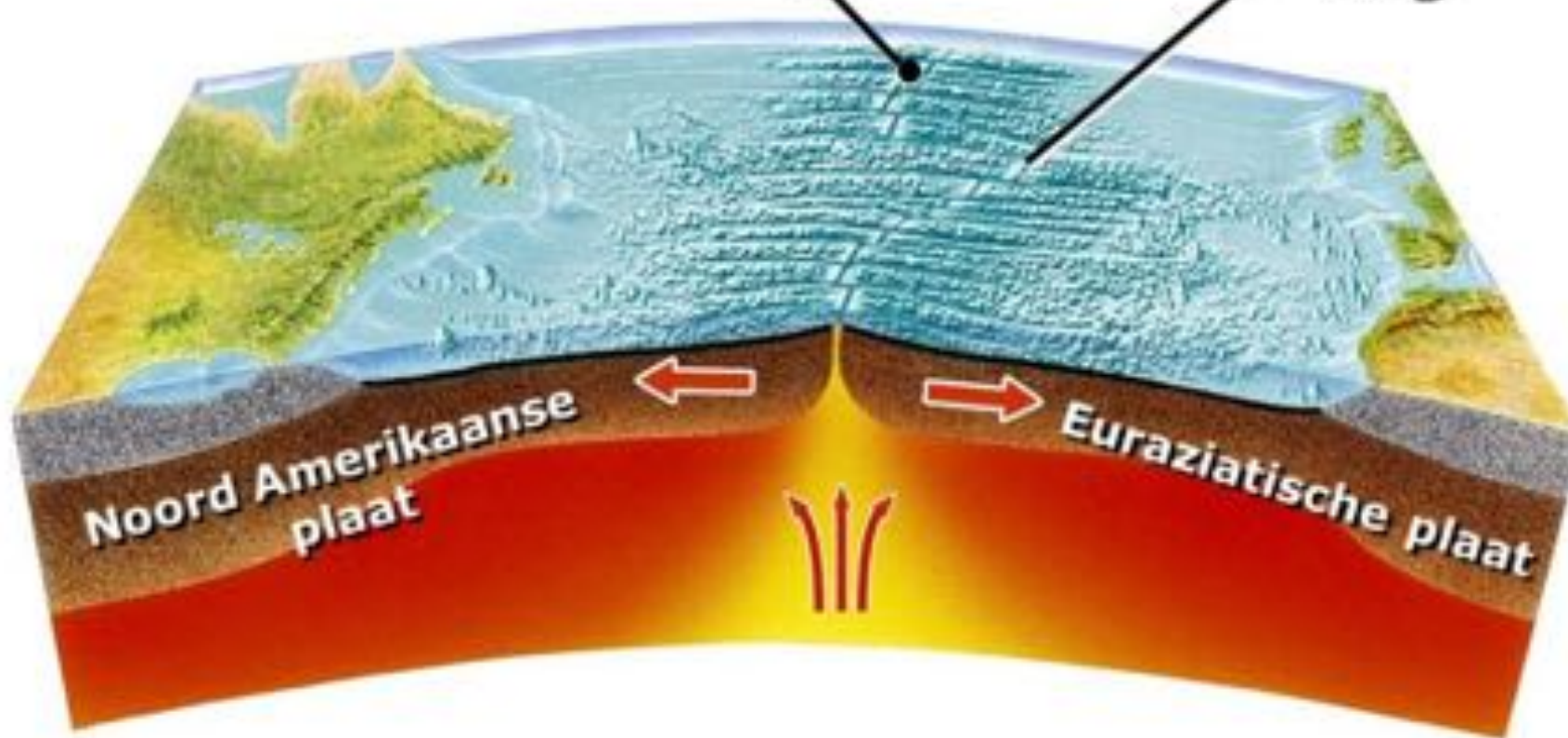
Nieuwvorming Aardkorst door stollend magma vanuit mantelgesteente

Divergent plaatbeweging

Oceanische plaat beweegt uit elkaar

Vulkanen en aarbevingen

Mid
Atlantische
Rug



WHITE SMOKER



BLACK SMOKER

Black vs White smokers



Serpentinisatie in “white smokers”

De reactie van (zeer heet) water met het mineraal olivijn in nieuwgevormde aardkorst op grote diepte onder onderzeese oer-warmwaterbronnen:



Olivijn + Water $\rightarrow$ **Waterstof** + Magnetiet + Kwarts + **Bruciet** + Serpentiniet

Voor de (geo)chemici onder ons:



Onderzeese warmwaterbronnen (white smokers)

NU

(b.v. Lost City, 2000)

Atmosfeer

- O_2
- N_2
- **weinig** CO_2

Waterkolom

- **met** O_2
- **weinig** CO_2
- $pH = 7.5$
- $T \sim 20^\circ C$

OH^-

OH^-

OH^-

OH^-

Matrix van $CaCO_3$

sterk basisch
($pH = 10-11$)

$80^\circ C$

H_2, NH_3, H_2S

OH^-

$CaCO_3$

Zeebodem



OERTIJD

(ca. 4 miljard jaar geleden)

- **geen** O_2
- N_2
- **veel** CO_2

- **geen** O_2
- **veel** CO_2
- $pH = 5$
- $T \sim 20^\circ C$

H^+

H^+

Fe^{2+}

Ni^{2+}

Matrix van metaal (Fe, Ni)
sulfiden en $CaCO_3$?

sterk basisch
($pH = 10-14$)

$80^\circ C$

Ni^{2+}

H^+

Fe^{2+}

CO_2

H^+

Ni^{2+}

OH^-

OH^-

Fe^{2+}

H^+

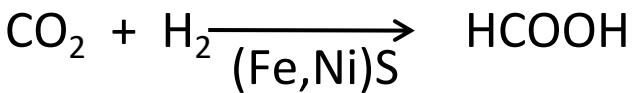
Fe^{2+}

CO_2

CO_2

H_2, NH_3, H_2S

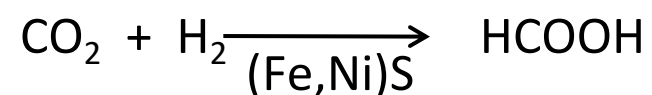
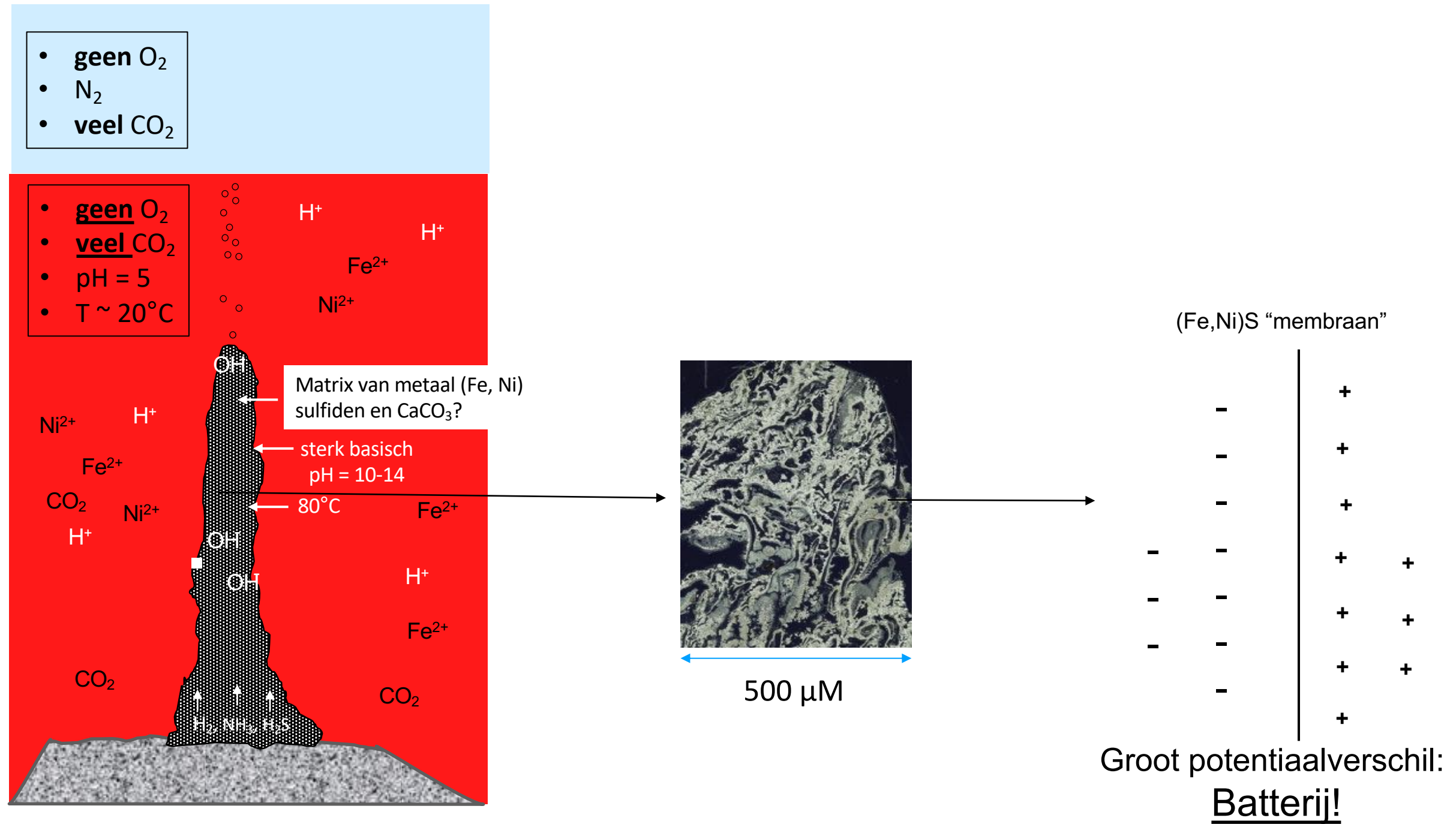
$(Fe, Ni)S$



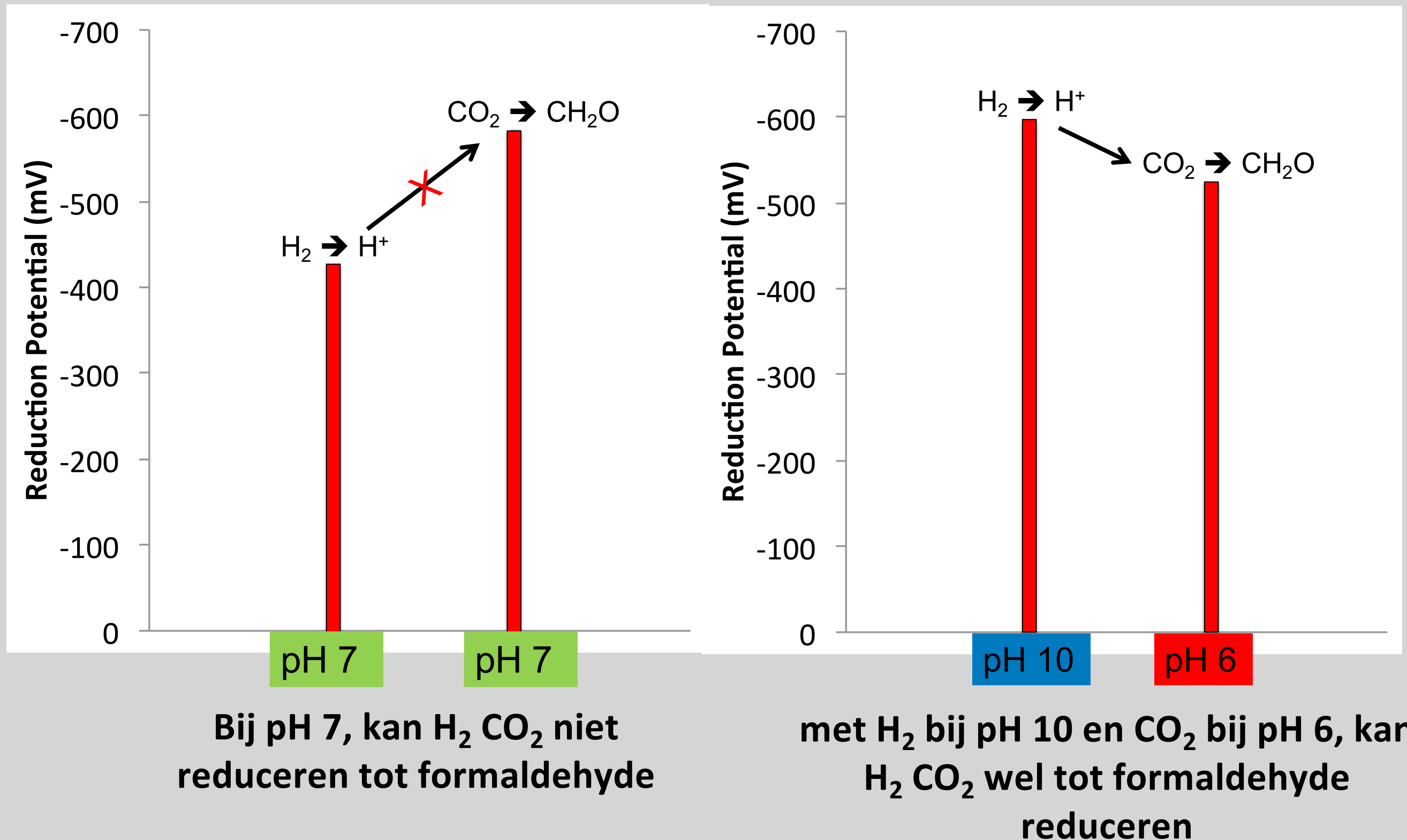
Warmwaterbronnen van toen als constante bron van “duurzame” energie in de vorm van een giga-batterij.

OERTIJD

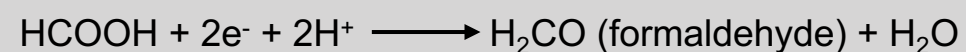
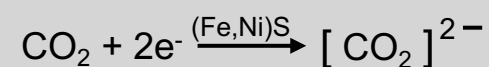
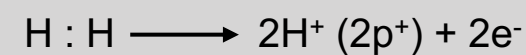
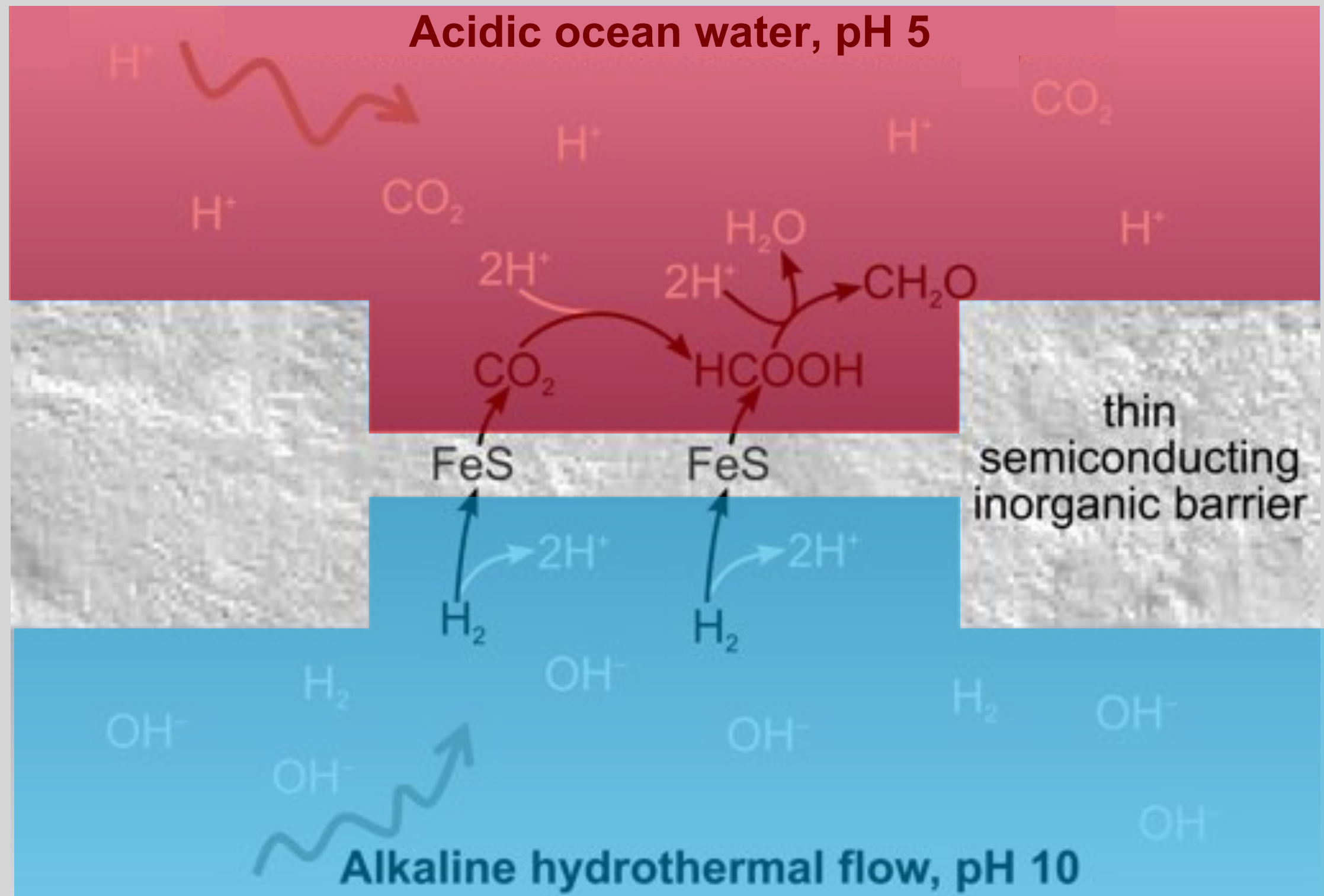
(ca. 4 miljard jaar geleden)



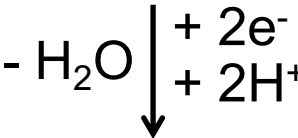
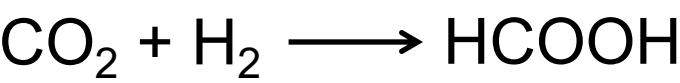
Redoxpotentiaal van H_2 en CO_2 hangt af van de pH!



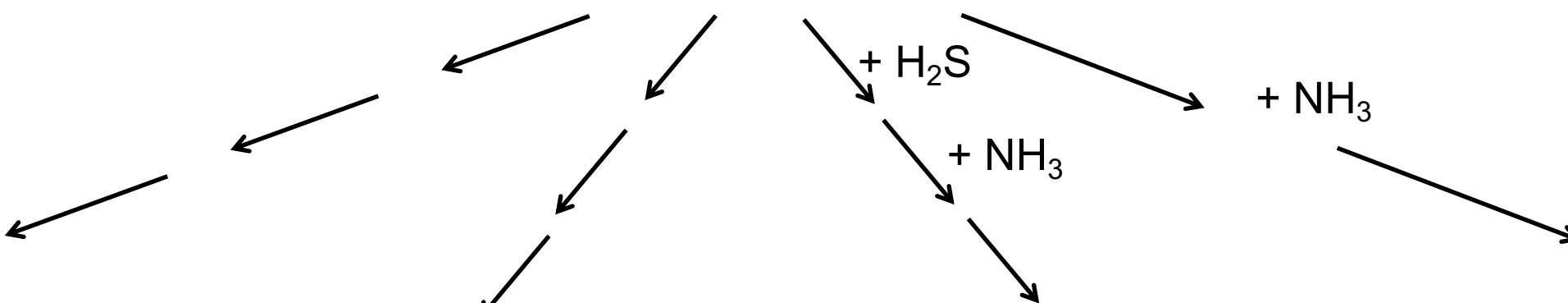
De reactie van waterstof (H₂) en koolzuur (CO₂) nader bekeken



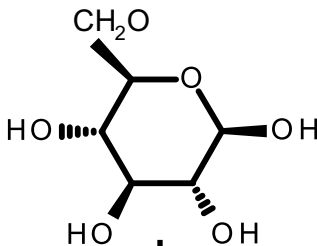
Prebiotische Warmwaterbron Chemie



CH_2O (Formaldehyde; “sterk water”)

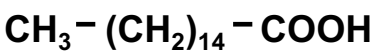


suikers,
o.a. glucose



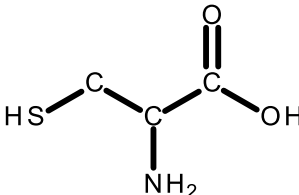
polysacchariden

lipiden,
o.a. C_{16} vetzuur



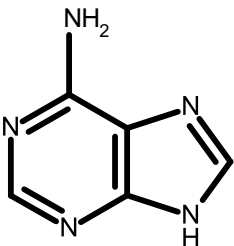
vetten

aminozuren,
o.a. cysteïne



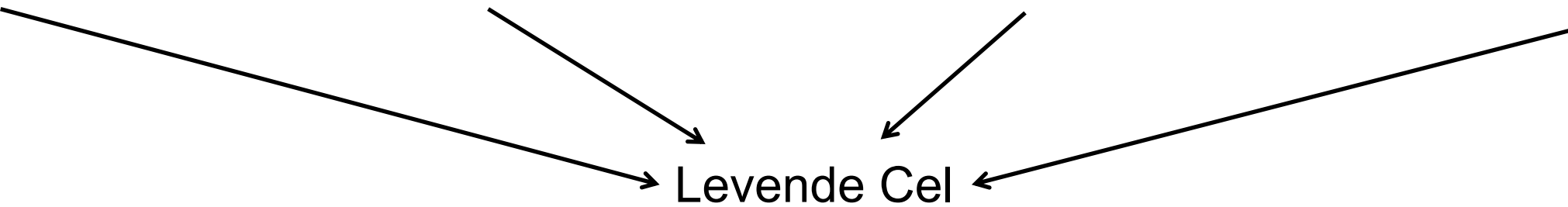
eiwitten

nucleotidebasen,
o.a. adenine



DNA, RNA

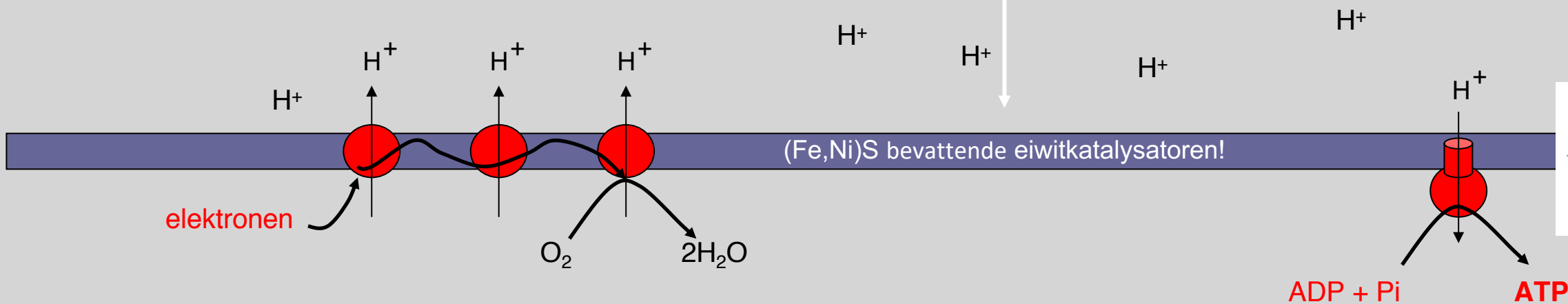
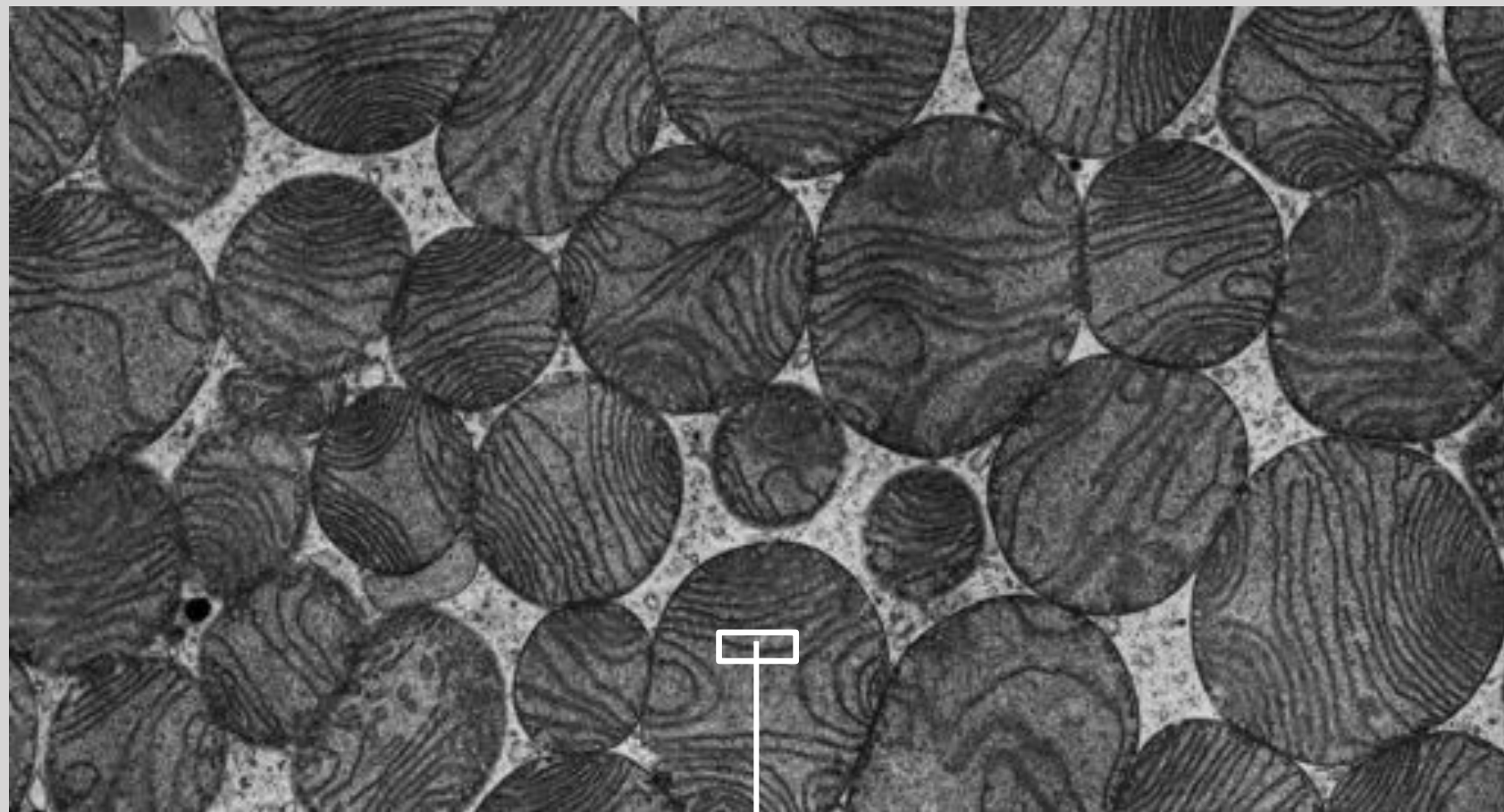
Levende Cel



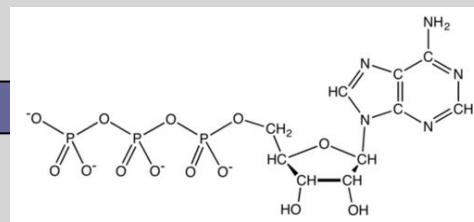


Peter Mitchell
(1920-1992)

Proton (H^+) gradiënten over membranen,
“batterijen”, zijn **universeel** en komen in ***alle***
organismen voor

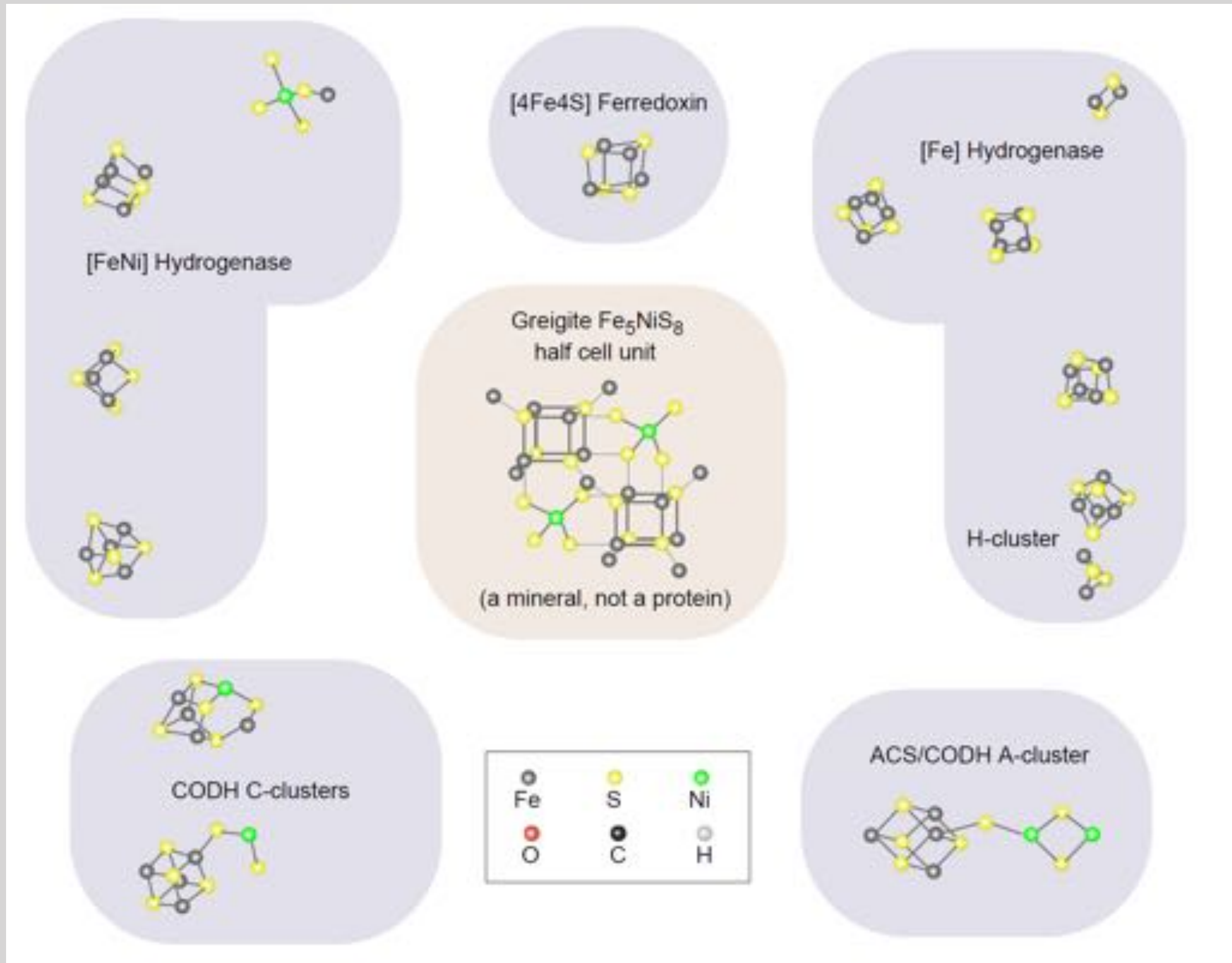


(Fe,Ni)S bevattende eiwitkatalysatoren!



Adenine trifosfaat (ATP)

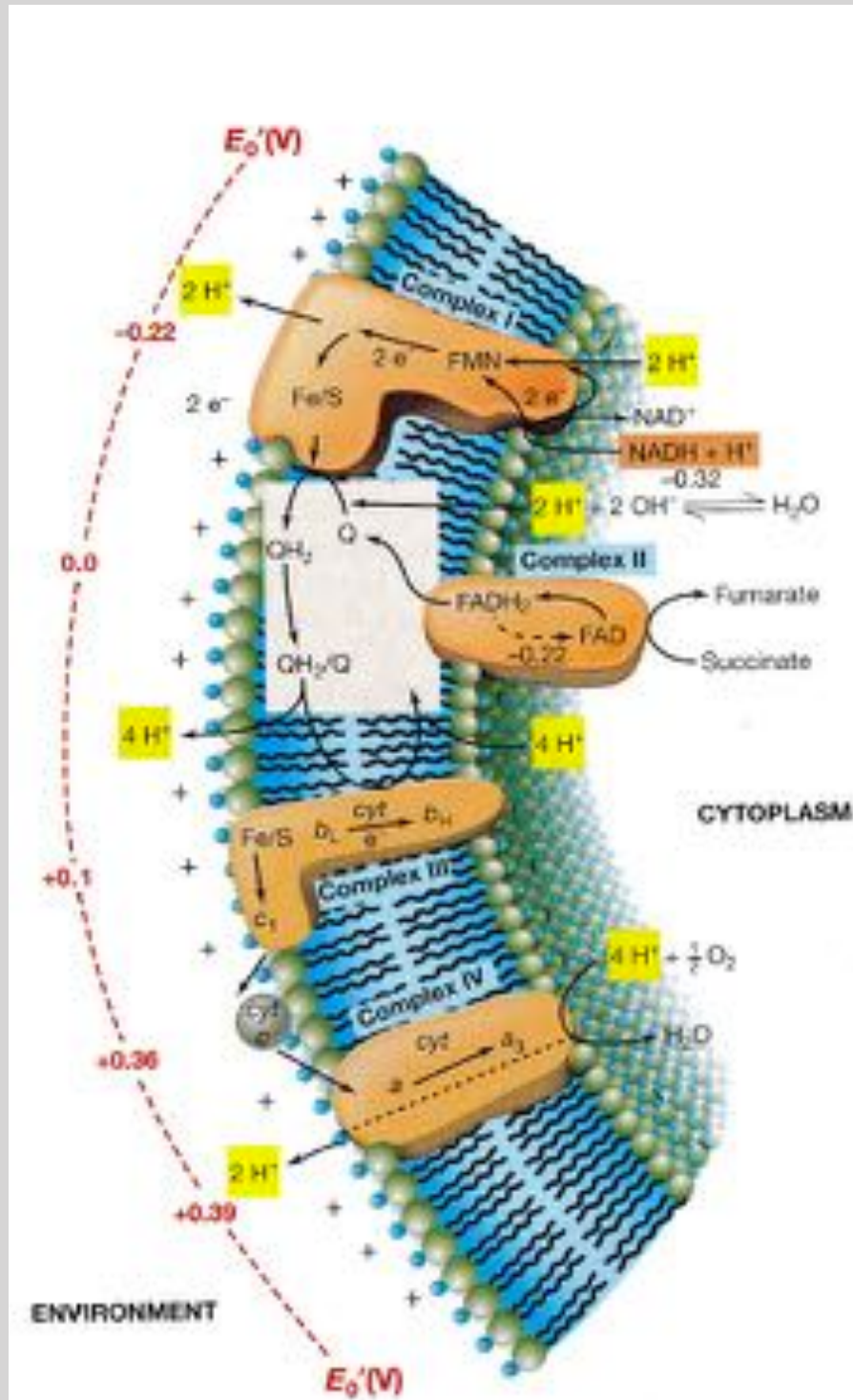
“Hot spots” (co-factoren) in energie-gerelateerde enzymen zijn: (Fe,Ni)sulfide mineralen!





Peter Mitchell
(1920-1992)

Proton (H^+) gradiënten over membranen,
“batterijen”, zijn **universeel** en komen in ***alle***
organismen voor



Prokaryotische membraan

Bron: Brock, Biology of Microorganisms, Pearson



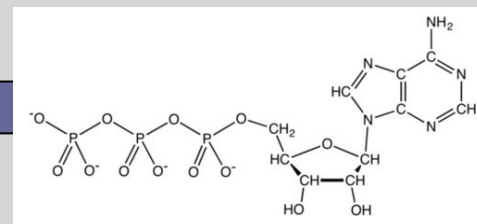
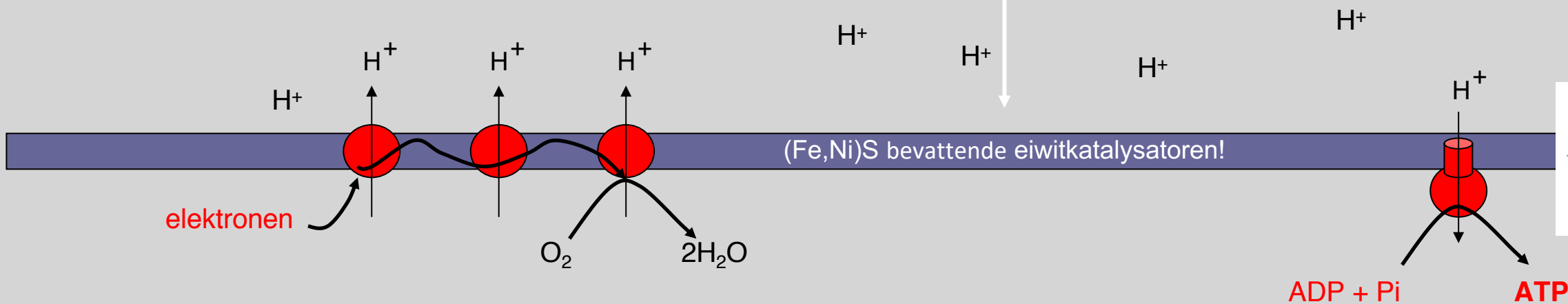
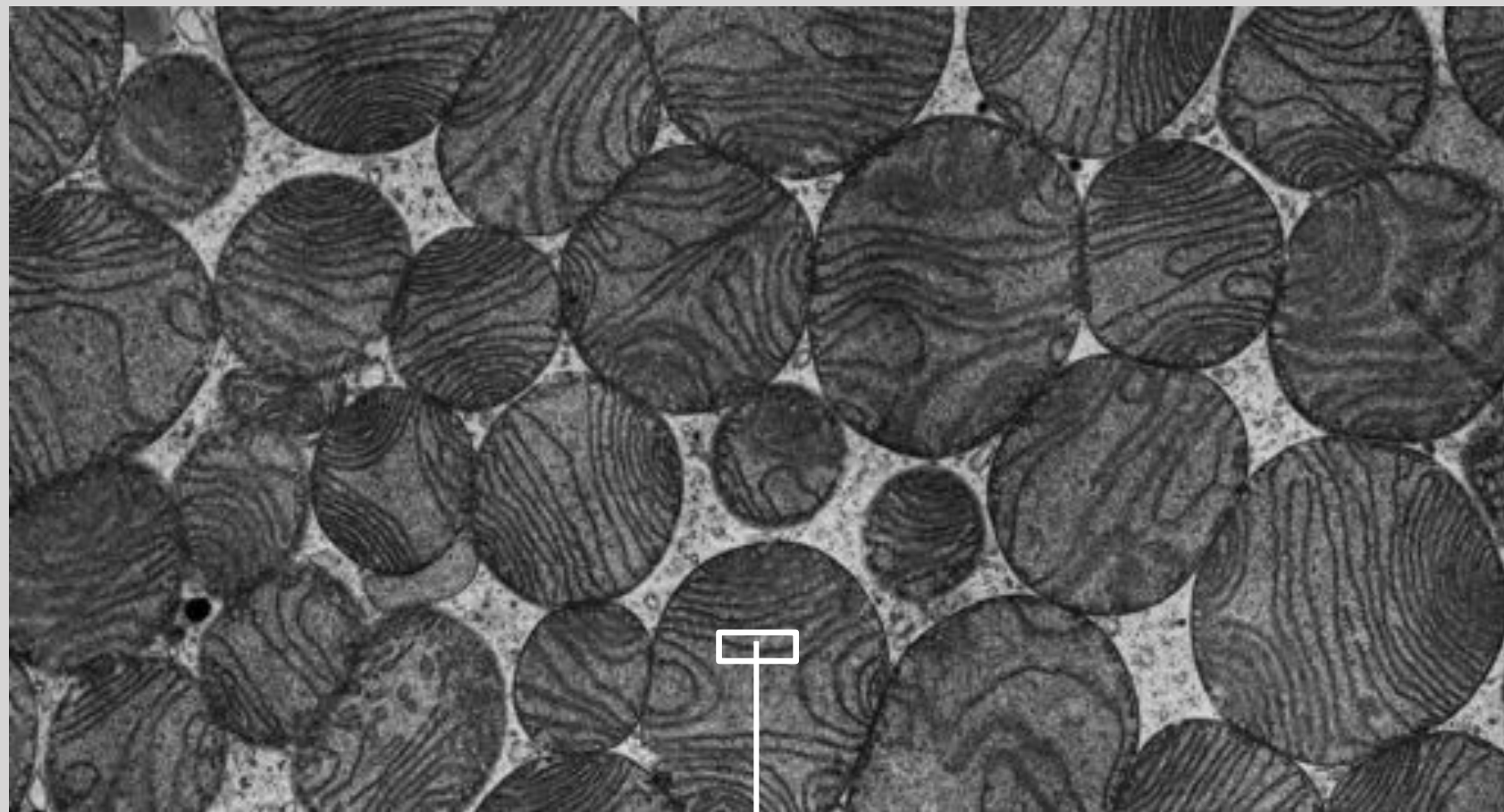
Eukaryotische membranen (mitochondria)

(Fe,Ni)S Enzymcomplexen I - IV



Peter Mitchell
(1920-1992)

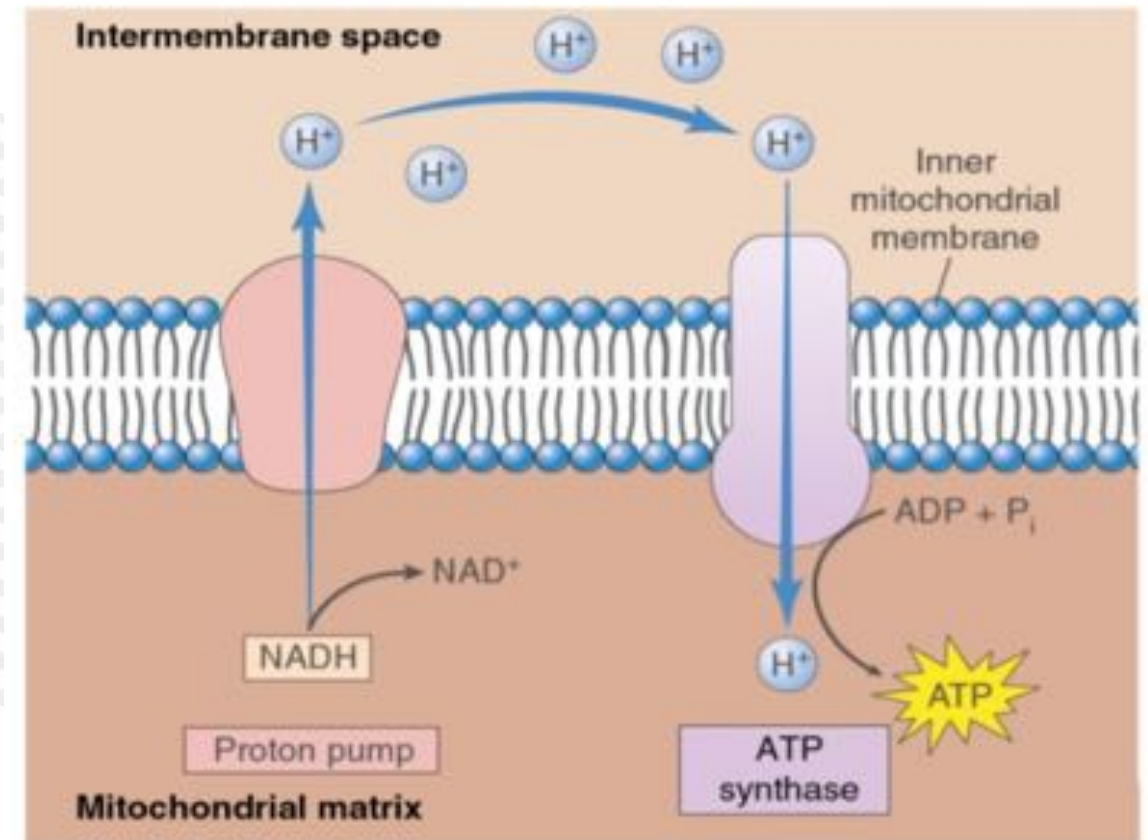
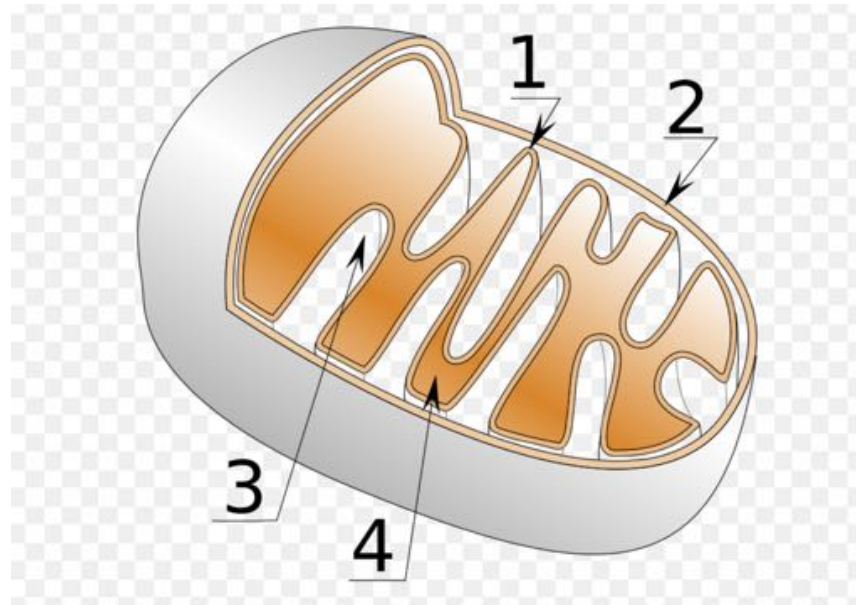
Proton (H^+) gradiënten over membranen,
“batterijen”, zijn **universeel** en komen in ***alle***
organismen voor



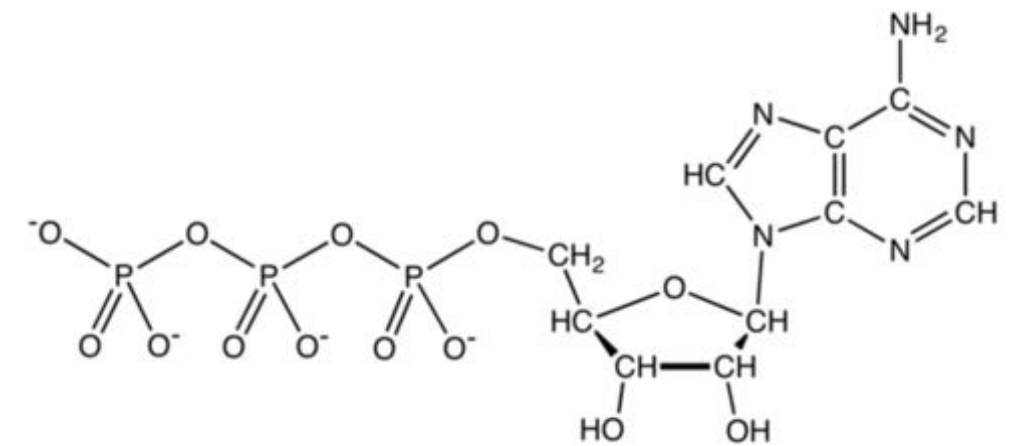
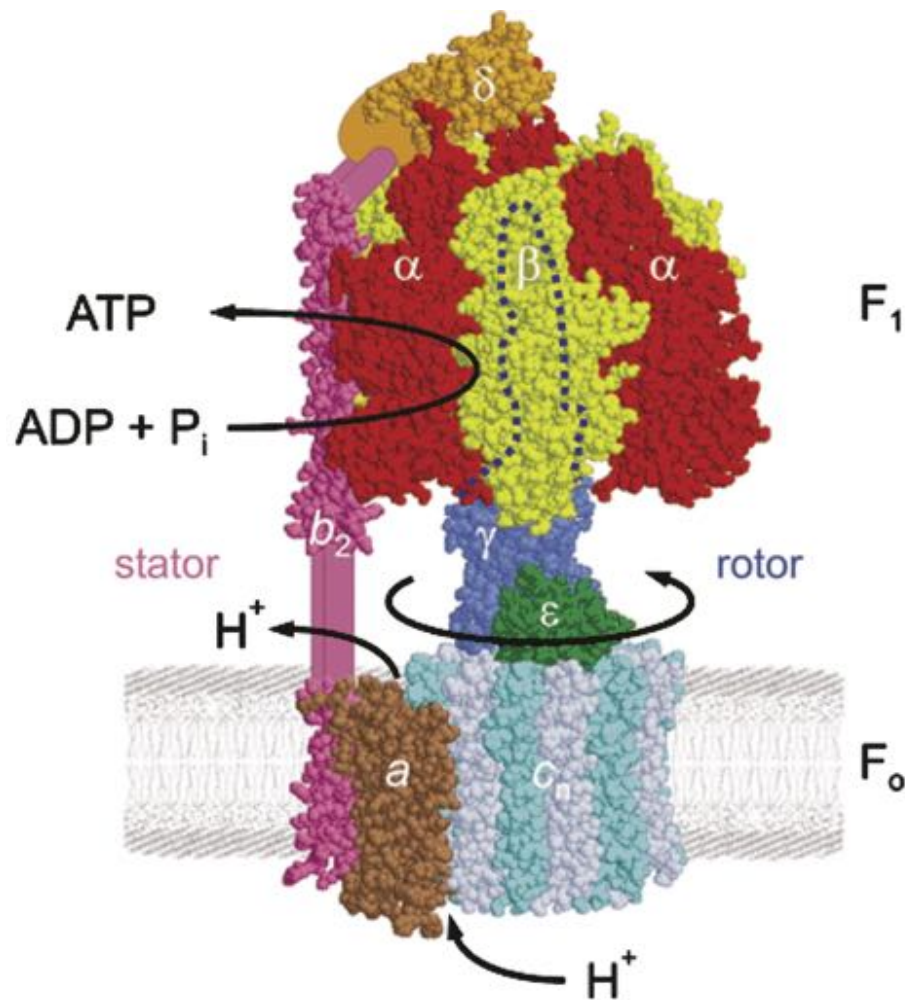
Adenine trifosfaat (ATP)



Peter Mitchell
(1920-1992)



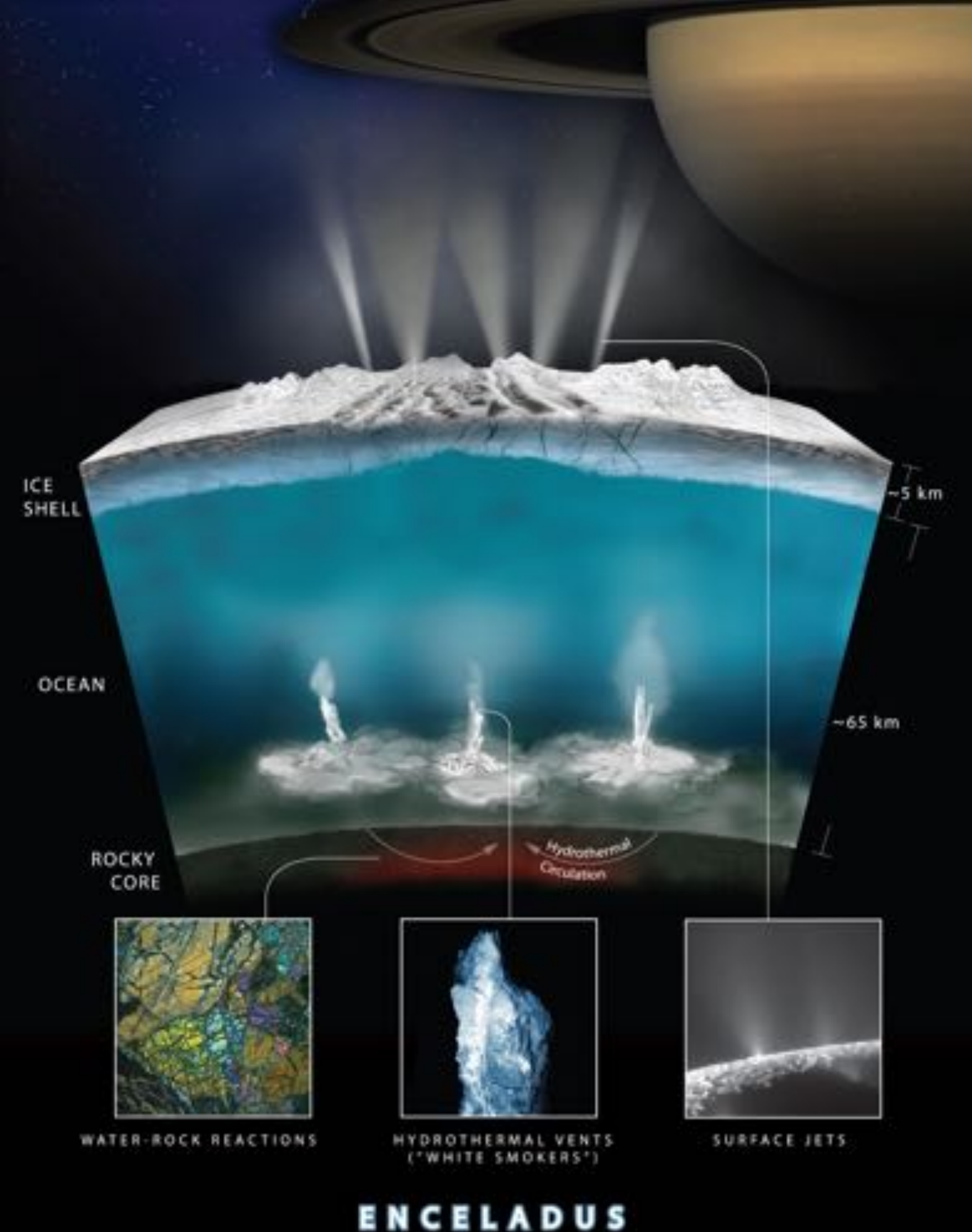
Univ. Utrecht



Adenine trifosfaat (ATP)

Buitenaards Leven?!?

Microbieel leven op de ijsmaan Enceladus van Saturnus in onderzeese warmwater bronnen aangedreven door getijdekrachten van Saturnus?!?



NASA/JPL-Caltech/Southwest Research
Institute

Vragen? Wacht nog even.....

Wat neem je mee naar de klas?