

Voortplanting bij dieren:
Het fundamentele verschil tussen de mens en andere diersoorten

John J. Videler
j.j.videler@rug.nl

voortplanten (multipliceren) is het kenmerk van leven

hoe en wanneer is leven ontstaan?

welke vormen van voortplanting kennen we?

dieren als groep binnen de eukaryoten

hoe planten dieren zich voort?

de oorsprong van de mens

de verovering van de wereld door de mens: oorzaak en gevolg

de overbevolking als tijdbom

Korte geschiedenis van het leven op aarde

Leven op aarde: virussen, eencellige prokaryoten (archaea en bacteriën) een- of meercellige eukaryoten (waaronder de dieren)

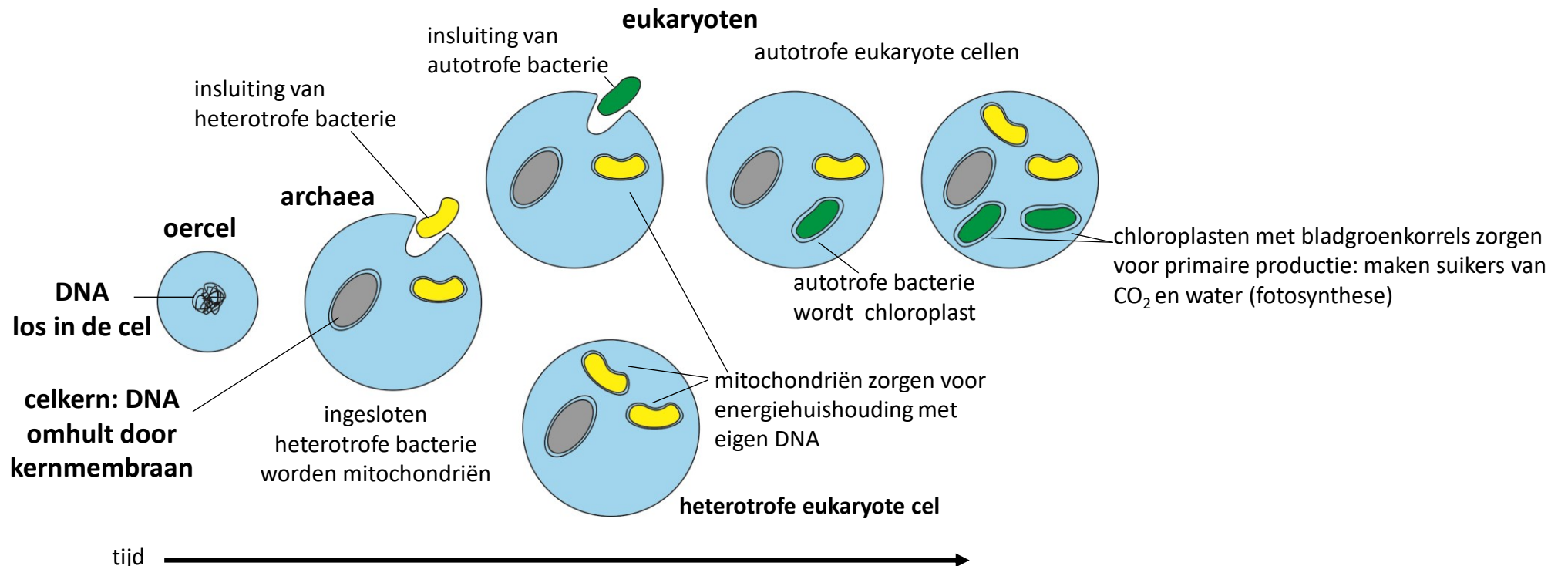
4,6 - 4 miljard jaar geleden: enkele scheikundige elementen vormen lange moleculen die zichzelf kunnen dupliceren
er ontstaan virussen die zich laten zich dupliceren door andere zichzelf duplicerende moleculen

4 miljard jaar geleden: het ontstaan van oercellen met een celwand (als verdediging tegen virussen?)

3 miljard jaar geleden: oercellen splitsen in archaea en bacteriën

2 miljard jaar geleden: de eerste autotrofe bacteriën ontstaan uit heterotrofe bacteriën door fotosynthese te ontwikkelen

2 – 1,5 miljard jaar geleden: bacteriën gaan in symbiose leven met archaea, die krijgen celkernen (extra verdediging tegen virussen?)
en worden eukaryoten



Erfelijk materiaal

Voortplanting is het kenmerk van het leven: het multipliceren van erfelijk materiaal

DNA of RNA voor alle levende wezens

tussen 4,6 en 4 miljard jaar geleden

vormen scheikundige elementen lange moleculen die zichzelf kunnen multipliceren

Betrokken elementen:

koolstof (C)

zuurstof (O)

waterstof (H)

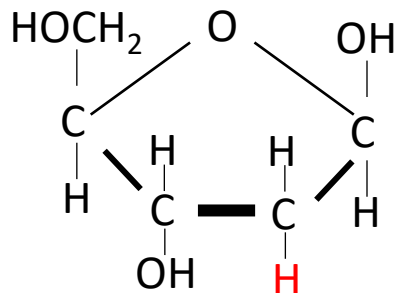
fosfor (P)

stikstof (N)

moleculaire bouwstenen voor DNA en RNA:

DNA

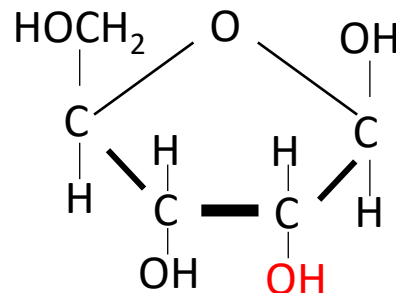
suiker is deoxyribose



DNA: Deoxyribo Nucleic Acid

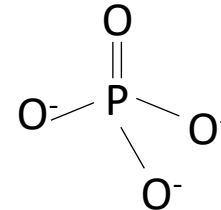
RNA

suiker is ribose



RNA: Ribo Nucleic Acid

fosfaat



5 basen

cytosine (C): $C_4H_5N_3O$

guanine (G): $C_5H_5N_5O$

adenine (A): $C_5H_5N_5$

thymine (T): $C_5H_6N_2O_2$

uracil (U): $C_4H_4N_2O_2$

De dubbele helix van de twee universele erfelijke structuren

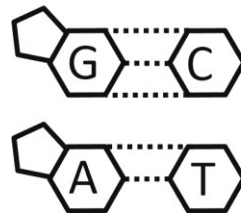
DNA:

Nederlands: desoxyribonucleïnezuur

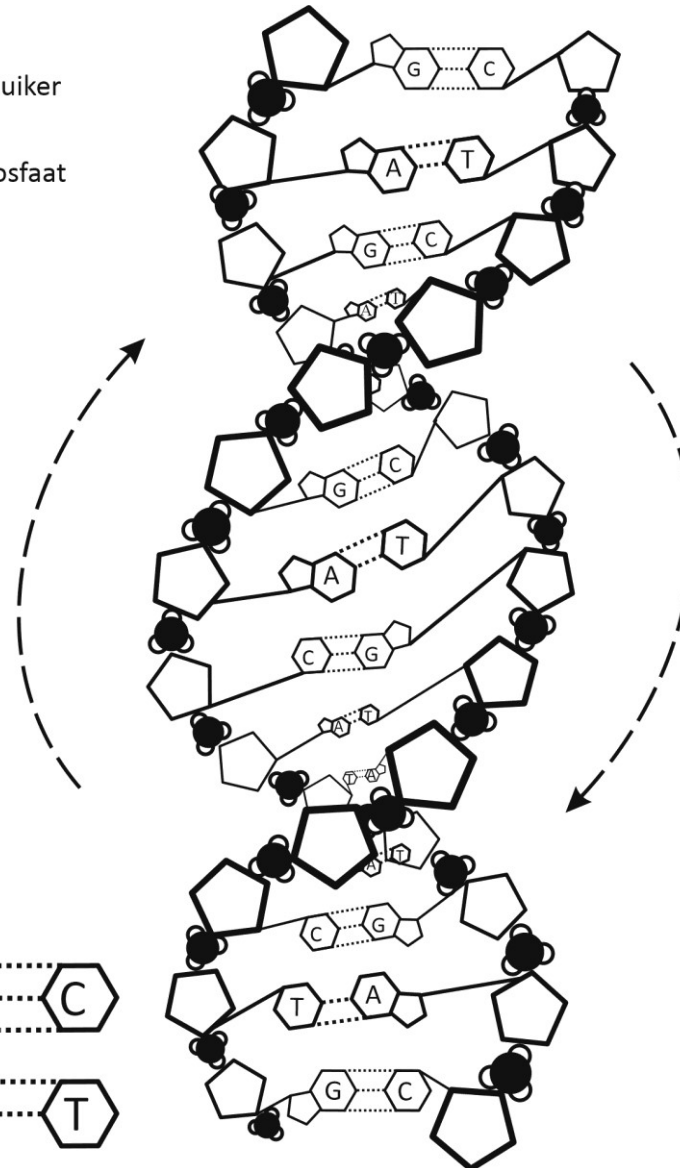
dubbele spiraal van strengen suikermoleculen
suikers zijn desoxyribose
verbonden door fosfaatmoleculen (PO_4^{3-})
spiraal verbonden door baseparen
G-C of A-T
spiraal kunnen uit elkaar gaan
en
zichzelf kopiëren
een suikerfosfaatmolecuul met een base
vormen de bouwstenen
(nucleotiden)

cytosine (C): $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}$
guanine (G): $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}$

adenine (A): $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$
thymine (T): $\text{C}_5\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$



waterstofbruggen vormen de verbinding



RNA:

Nederlands: ribonucleïnezuur

suikers zijn ribose
baseparen
G-C of A-U

met uracil
op de plaats van thymine

meestal enkelstrengs

cytosine (C): $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}$
guanine (G): $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}$

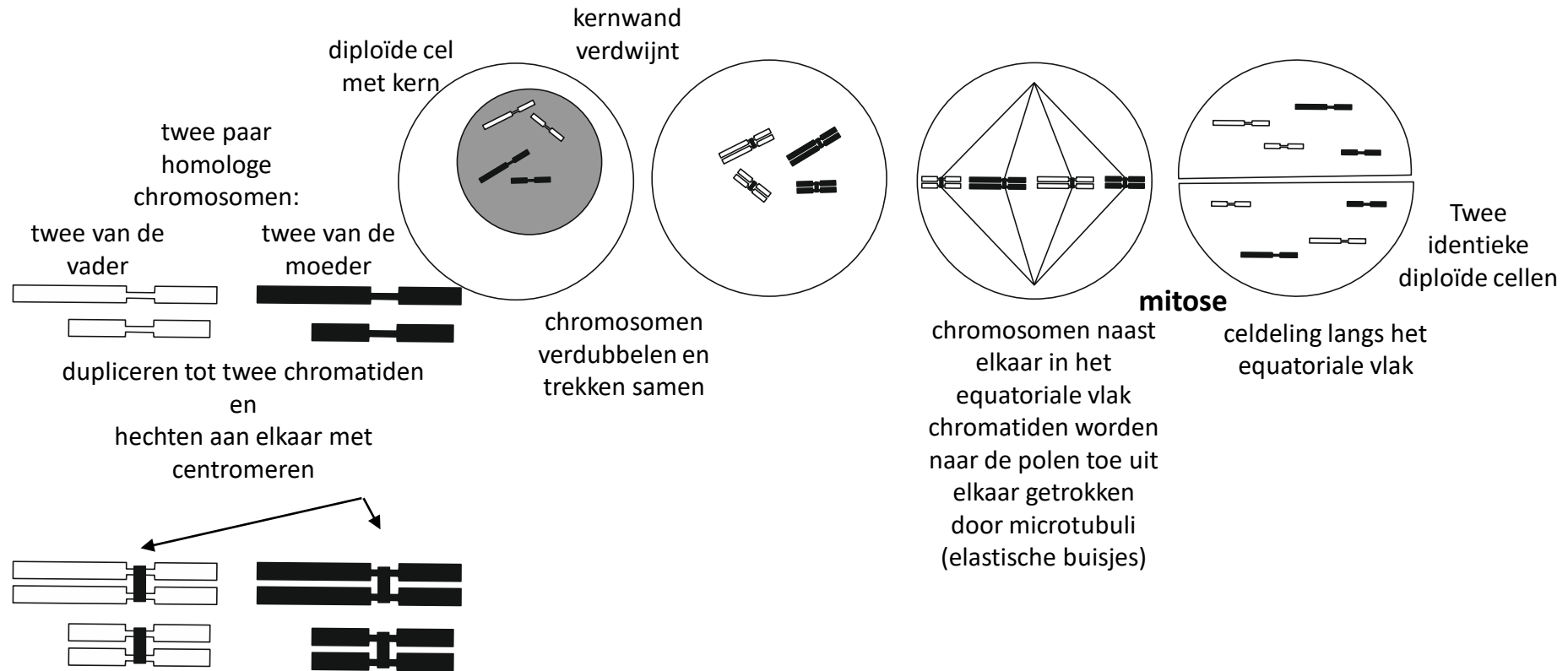
adenine (A): $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$
uracil (U): $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2$

basenparen:
miljoenen letters
vormen de code waarmee
levende wezens worden gevormd

Eukaryoten

Duplicatie door normale celdeling (mitose)

voorbeeld cel met
4 chromosomen



Eukaryoten

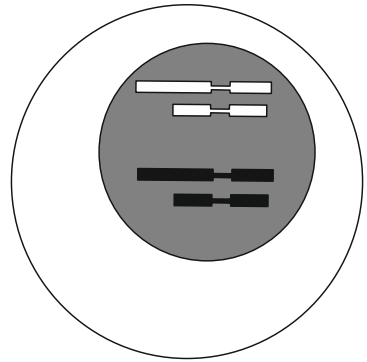
multiplicatie door reductiedeling (meiose)

hierdoor ontstaat enorme variatie

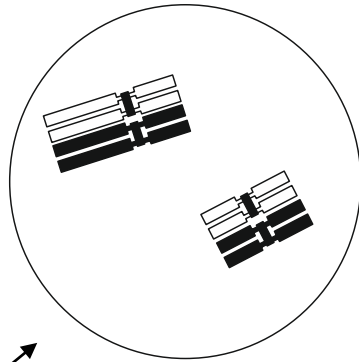
Vorming van haploïde geslachtscellen: eieren en sperma

voorbeeld:
cel met 4 chromosomen
2 van de vader, 2 van de moeder

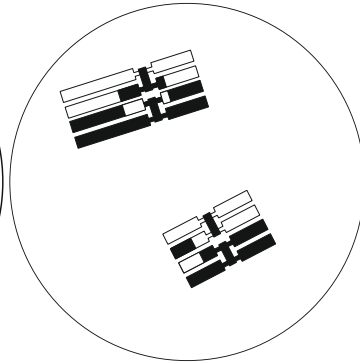
diploïde cel
met kern



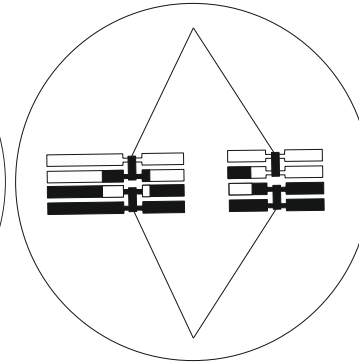
verdubbeling en
samentrekken van de
chromosomen
kernwand verdwijnt



elk chromosoom
bestaat uit twee
chromatiden
homologe
chromosomen gaan
dicht naast elkaar liggen
crossing-over van
stukken chromosoom

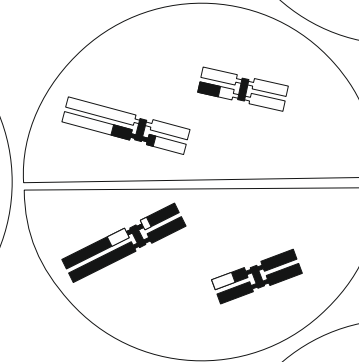


crossing-over van
stukken chromosoom
tussen homologe paren
is willekeurig

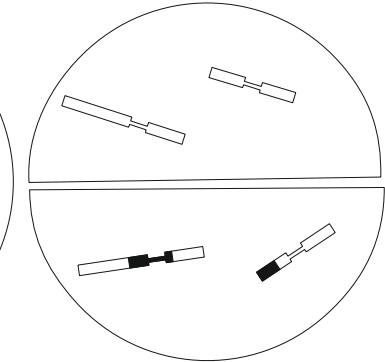
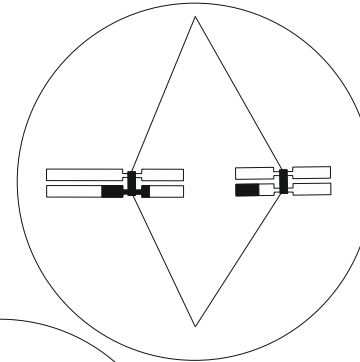


chromosoomparen
gaan naast elkaar in
het equatoriale vlak
liggen en worden
naar de polen toe uit
elkaar getrokken
door microtubuli
toeval bepaalt welke
chromosomen boven
of onder liggen

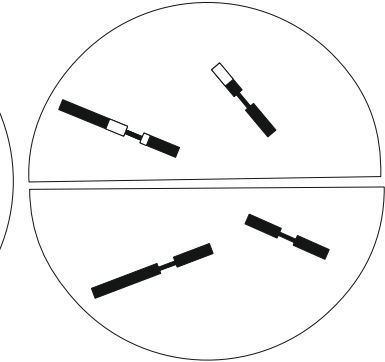
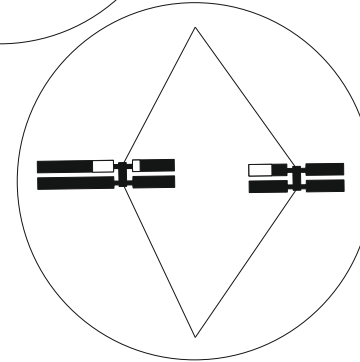
chromosoomscheiding



twee haploïde cellen



vier verschillende
haploïde geslachtscellen

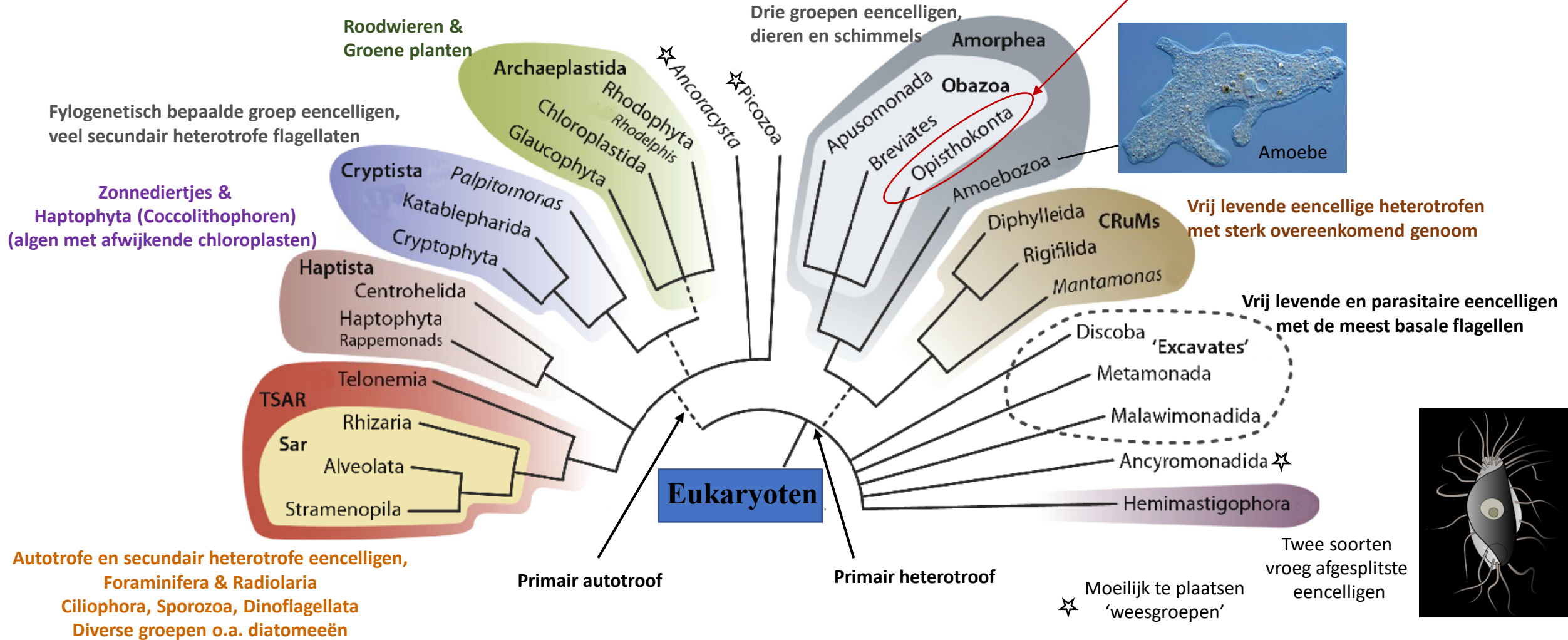


Dieren zijn meercellige eukaryoten

***Een stamboom van de eukaryoten met de plaats van het dierenrijk
(Burki e.a. 2020)***

Moléculaire data

Dieren en schimmels





verschillende
bouwplannen

35 Stammen meercellige dieren:

Zonder symmetrie

Het dierenrijk

Schatting van het aantal soorten:

Porifera (Sponzen)
Placozoa (Plakdiertjes)

5.500
3

Cnidaria (Neteldieren)
Ctenophora (Ribkwallen)

11.000
100 +

Chaetognatha (Pijlwormen)
Platyhelminthes (Platwormen)
Nemertea (Snoerwormen)
Gastotricha (Buikharigen)
Entoprocta (Kelkwormen)
Gnathostomulida (Tandmondwormen)
Xenacoelomorpha (Dieren zonder lichaamsholten)

125
6.000
1.149
430
150
80
400+

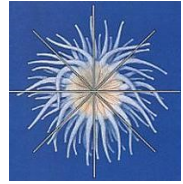
Orthonectida
Rhombozoa
Rotifera (Raderdiertjes)
Acanthocephala (Haakwormen)
Sipuncula (Pindawormen)
Echiura (Slurfwormen)
Mollusca (Weekdieren)
Annelida (Gelede wormen)
Phoronida (Hoefijzerwormen)
Bryozoa (Mosdiertjes)
Brachiopoda (Armpotigen)
Micrognathozoa

25
116
2.200
1.420
162
230
85.000
22.000
10
6.000
200 (12.000 fossiel)
1 (0.1 mm lang, ontdekt in 1994, Groenland)

Cycliophora (Kransdiertjes)
Arthropoda (Geleedpotigen)
Nematoda (Rondwormen)
Tardigrada (Beerdiertjes)
Nematomorpha (Paardehaarwormen)
Kinorhyncha (Stekelwormen)
Onychophora (fluweelwormen)
Priapulida (Peniswormen)
Loricifera (Korsetdiertjes)
Echinodermata (Stekelhuidigen)
Hemichordata (Kraagdragers)
Chordata (Chordadieren)

2 (ontdekt in 1995)
10.000.000 (onderstam Insecten 1.000.000)
25.000 (mogelijk 10.000.000)
1.150
350 (mogelijk 2000)
270
200
18
43 (ontdekt in 1983)
7.000
117
45.000 (gewervelden 43.000)

Radiair symmetrisch



Bilateraal symmetrisch

Oermondigen

drie
kiembladen:
ectoderm

mesoderm

endoderm

blastula

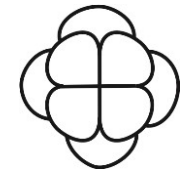
gastrula

embryo

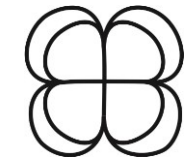
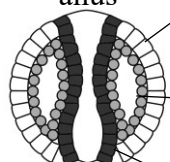
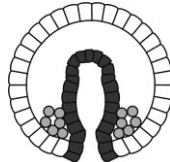
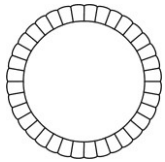
anus

oermond

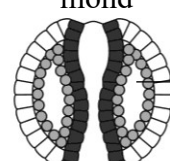
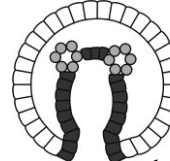
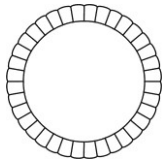
mond



spiraal klieving



radiaal klieving



mond

coeloom

oermond

anus

Vervellers

Nieuwmondigen

Voortplanting bij dieren:
Het fundamentele verschil tussen de mens en andere diersoorten

de biologische soortsdefinitie:

“een soort wordt gevormd door een groep organismen die zich onderling voortplanten en vruchtbare nakomelingen hebben”

volgens de evolutieleer is een soort succesvol wanneer die veel vruchtbare nakomelingen produceert
natuurlijke selectieprocessen reguleren de aantallen
eigenschappen van ecosystemen vormen de selectiecriteria

Hoe planten dieren zich voort?

Ongeslachtelijk:

via normale celdeling (mitose)

knopvorming

deling

fragmentatie

parthenogenese

vormen van broedzorg

geen broedzorg

bewaken van eieren

warme broedplaatsen

broeden met lichaamswarmte

levendbarend

Geslachtelijk:

het versmelten van eieren en sperma
ontstaan door reductiedeling (meiose)

hermafrodieten of gonochoristen

De mens is een eukaryote chordaat, een gewerveld zoogdier uit de orde van de primaten

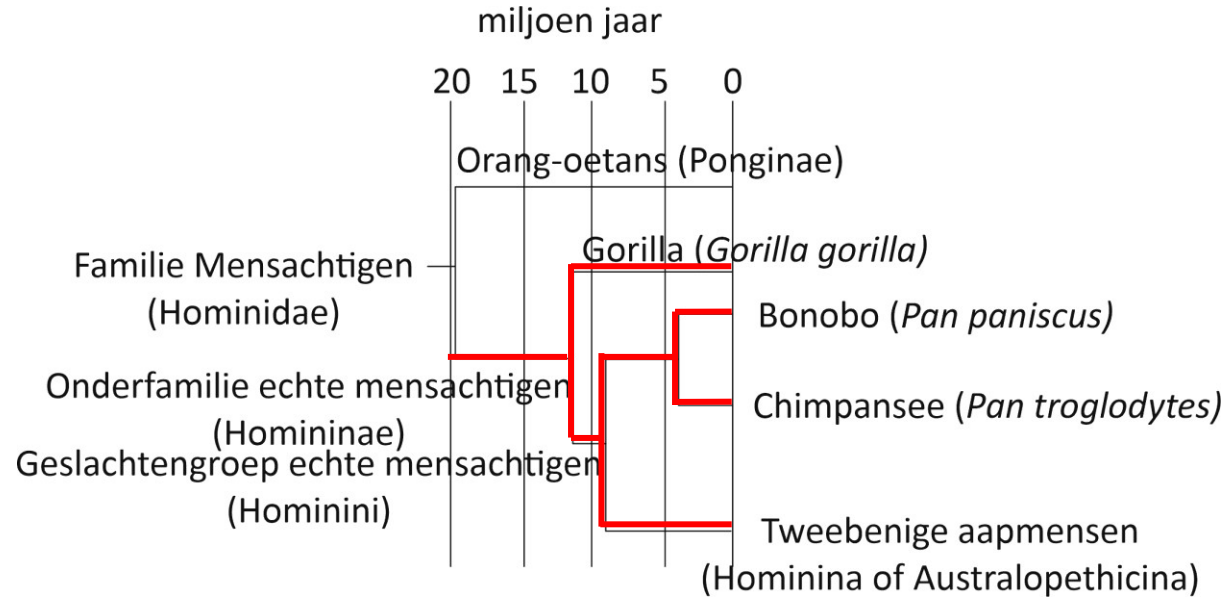
een levendbarende gonochorist
voortplanting is voornamelijk geslachtelijk

ongeslachtelijke voortplanting zeldzaam (eeneiige meerlingen, parthenogenese?)

De oorsprong van de mens

Mensachtigen

familie Hominidae binnen de orde van de primaten



tweebenige aapmensen (*Australopithecina*)

o.a. geslacht *Homo*

tal van uitgestorven soorten?

enige overgebleven soort: *Homo sapiens*

met tenminste drie ondersoorten

***Homo sapiens* is in Afrika ontstaan door
introgressie tussen verschillende *Homo* soorten**

Introgressie

herhaald terugkruisen van interspecifieke
bastaarden
met elkaar en met de oudersoorten

**De oorsprong van de mens
het geslacht *Homo*
ontstaan door
introgressie uit tal van
Homo soorten**

***Homo erectus* (= *H. ergaster*)**

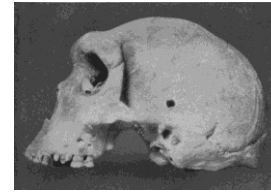
Oost-Afrika: Turkana meer

2 – 0,1 m.jg

mannen en vrouwen even lang: variatie 1,48 – 1,85 m

40 – 68 kg

herseneninhoud 546 -1251 cc



Homo heidelbergensis

meest recente voorouder 500.000 – 200.000 jaar geleden

herseneninhoud gemiddeld 1200 cc

lengte: mannen 1,7 – 1,8 m vrouwen 1,6 m



jagers op grote grazers

maakten 1,5 m.jg geavanceerde stenen werktuigen

en vuur om voedsel te bereiden

maakten kunstvoorwerpen

en konden varen



**Turkana boy
1,6 m.jg**



Homo rudolfensis

Oost-Afrika

2 – 1,65 m.jg

mannen 1,6 m lang, 60 kg

vrouwen 1,5 m, 51 kg

herseneninhoud 750 cc



Homo habilis

Oost-Afrika

2 – 1,65 m.jg

1,5 m lang

herseneninhoud 500 - 900 cc

lengte 1,48 m, 35 kg

Vanaf 200.000 jaar geleden

ontstaan verschillende ondersoorten *Homo sapiens*

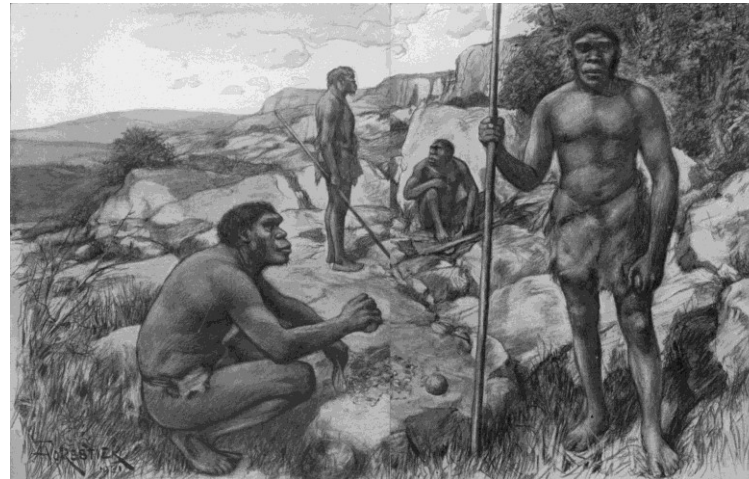
door voortdurende introgressie:

o.a. H.s. sapiens, H.s. neanderthalensis, H.s. denisova

Het fundamentele verschil tussen de mens en andere diersoorten

dankzij de grote hersenen onttrekt de mens zich aan de natuurlijke selectieprocessen
predatoren worden geëlimineerd, voedselverwerving vereenvoudigd
daardoor ontstaat een
permanent geboorteoverschot

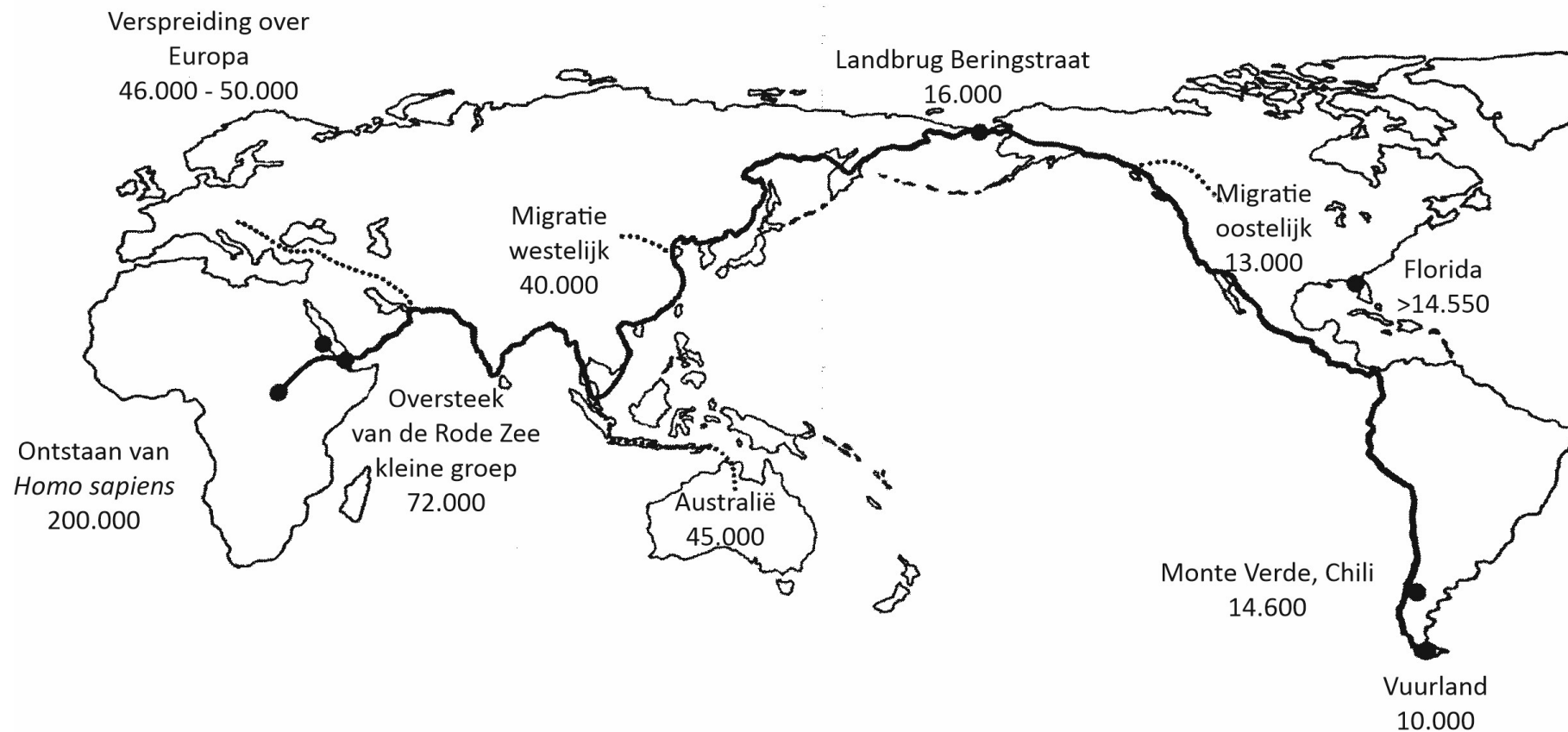
geboorteoverschot ondanks:
moeilijke bevallingen door grote schedels
9 maanden draagtijd
maandelijkse ovulaties, korte vruchtbare periode
meestal 1 kind tegelijk



permanent geboorteoverschot
maakt verspreiding over de wereld noodzakelijk
vanaf *Homo erectus* waren er verschillende verspreidingsgolven vanuit Afrika

Verovering van de wereld

de definitieve verspreiding van moderne mensen begon mogelijk 72.000 jaar geleden via



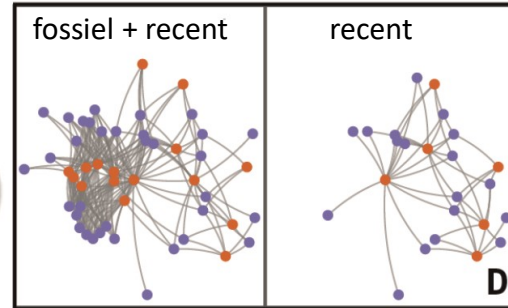
getallen zijn jaren geleden

Het instorten van voedselwebben van landzoogdieren de laatste 130.000 jaar

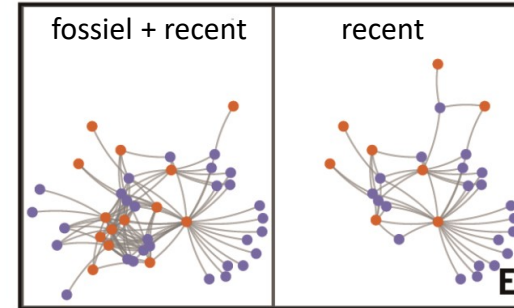
hele populaties binnen ecosystemen verdwijnen



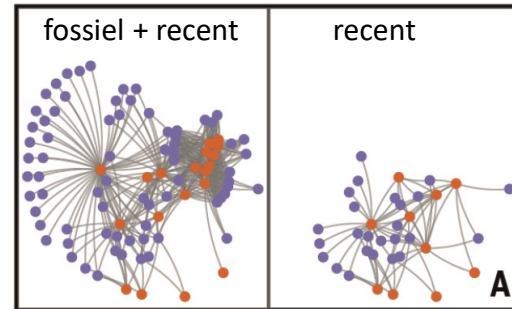
Frankrijk



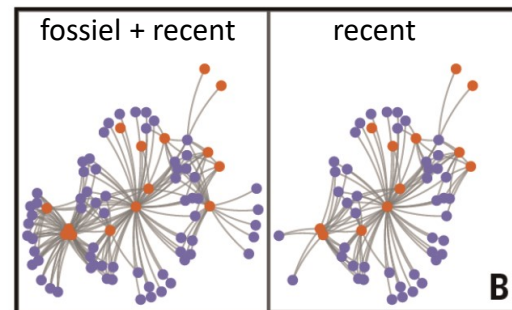
China



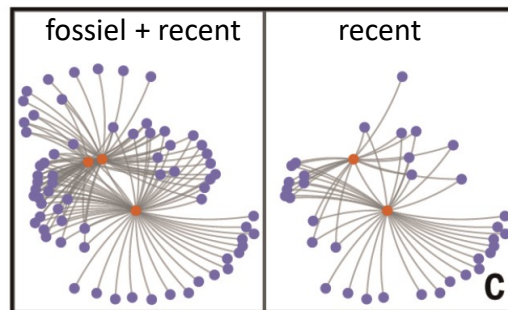
Predator Prooi



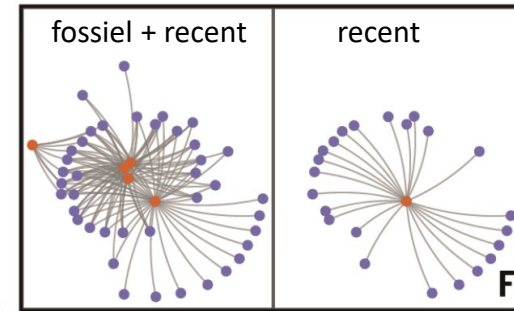
Californië



Colombia



Madagaskar



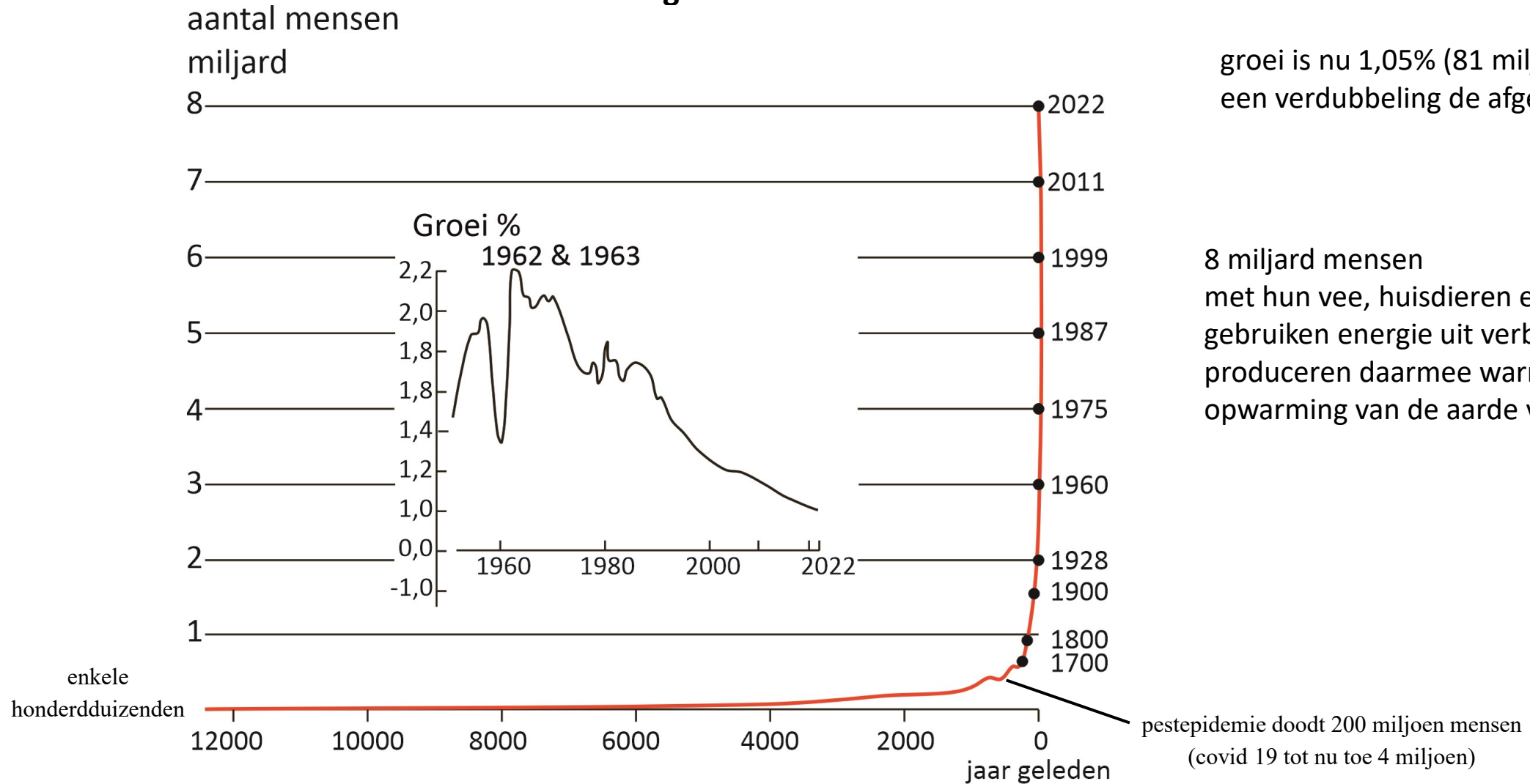
Australië



Tasmaanse duivel

Fricke e.a. 2022

De wereldbevolking groei van het aantal mensen



groei is nu 1,05% (81 miljoen) per jaar
een verdubbeling de afgelopen 40 jaar

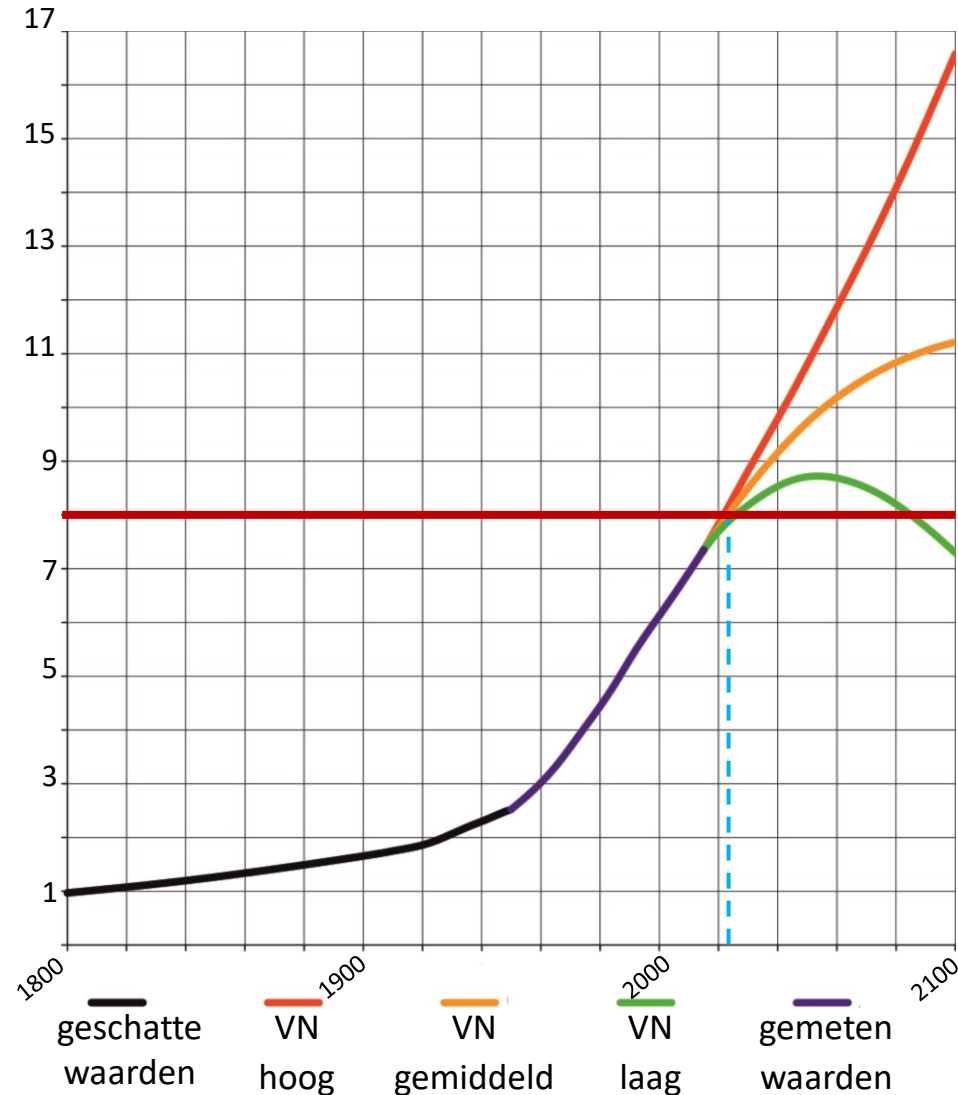
8 miljard mensen
met hun vee, huisdieren en machines
gebruiken energie uit verbranding
produceren daarmee warmte die de
opwarming van de aarde versterkt

energetische waarde van de mens plus de door de mens gemaakte spullen
1,1 teraton (10^{12} ton)
is gelijk aan de totale biomassa op aarde
(Elhacham e.a. 2020)

De wereldbevolking

verwachte groei van de wereldpopulatie

miljard
mensen



realistische visie
er zijn nog geen
oplossingen voor het
probleem

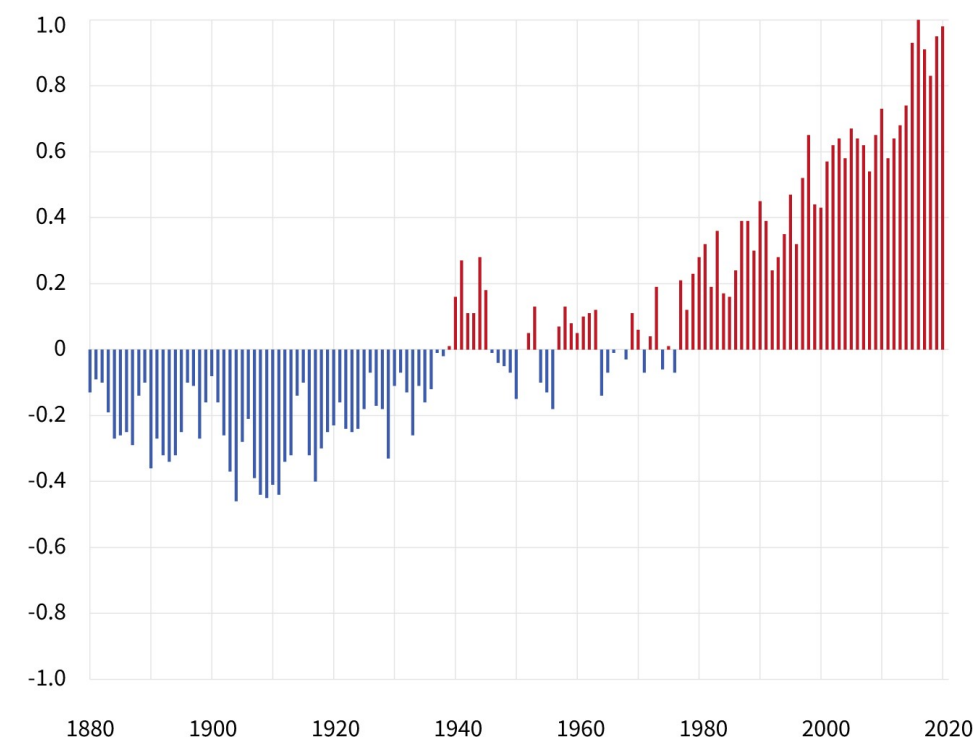
draagkracht aarde ± 8 miljard mensen
(volgens de meeste schattingen)

te optimistische visie

**overbevolking is het probleem
hoe krijgen we dit onder de
aandacht van politiek en media?**

**biologieleraren kunnen die
bewustwording onder jonge
mensen teweeg brengen**

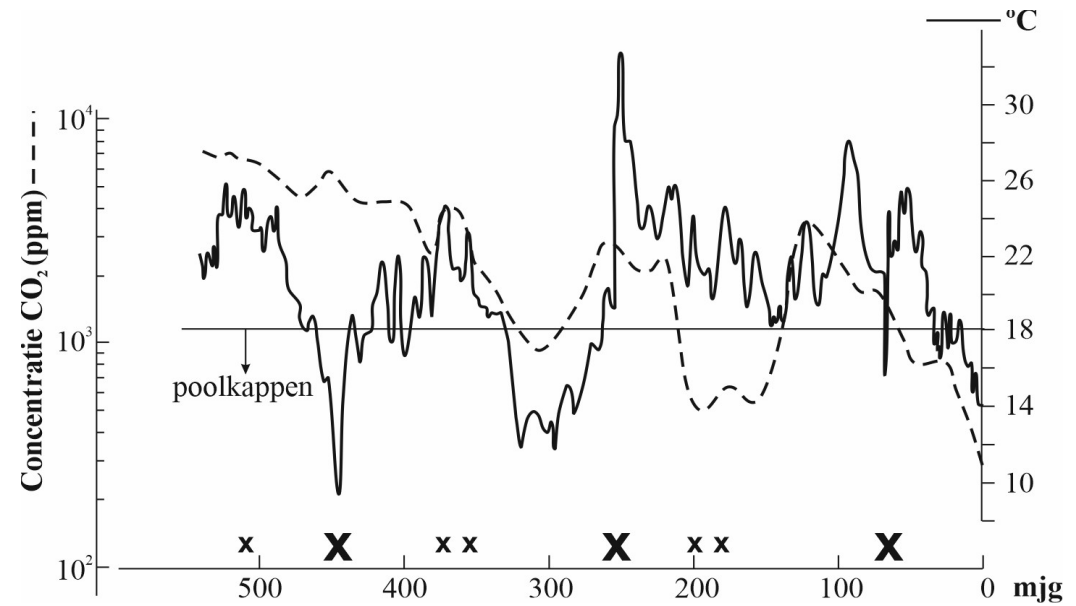
verandering gemiddelde
wereldtemperatuur (NOAA: Climate.gov)
°C



De recente opwarming van de aarde een probleem?

14 °C
→ gemiddelde
wereldtemperatuur
1901 - 2000

IPCC
temperatuur stijging t.o.v.
pre industriële revolutie
1800 of 1900??
de temperatuur stijgt nu 0,2 °C per 10 jaar
(<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>)
200 jaar voor de 18 °C is bereikt
zeewaterspiegel stijgt nog 70 m



poolkappen verdwijnen bij wereldtemperatuur boven 18 °C
rol van de verbranding van fossiele brandstoffen
 $O_2 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{WARMTE}$

CO₂ heeft nauwelijks invloed op de temperatuurstijging
onbelangrijk broeikasgas
nu 400 ppm was ooit 7200 ppm
warmteproductie en waterdamp als broeikasgas doen de
temperatuur stijgen
gelijke trends maar oorzaken en gevolg niet aangetoond
oorzaken van natuurlijke fluctuaties zijn onbekend