

# Thema 5 Evolutie

## Basisstof 1 De evolutietheorie

**Evolutie** = het ontstaan, veranderen en uitsterven van levensvormen.

De Fransman Jean de Lamarck heeft als eerste een theorie over evolutie opgesteld. Hij ging er van uit dat tijdens het leven verkregen eigenschappen doorgegeven werden aan de nakomelingen. De genetica heeft aangetoond dat tijdens het leven verkregen eigenschappen juist niet via de genen aan nakomelingen worden doorgegeven.

Het boek 'The origin of species' (1859) van Charles Darwin betekende een definitieve doorbraak van de evolutietheorie. De grondgedachten van Darwin zijn in de huidige evolutietheorie terug te vinden, vandaar de benaming *neodarwinistische evolutietheorie* of *neodarwinisme*.

Tegenover de evolutietheorie staat het *creationisme*. Creationisten zijn aanhangers van de scheppingstheorie uit de Bijbel, Koran of Thora.

In de stroming *intelligent design* worden evolutie en schepping gecombineerd; sommige onderdelen van de levende natuur zijn zo ingewikkeld dat ze niet, zoals volgende de evolutietheorie, door toeval kunnen worden verklaard, maar uitsluitend door de aanname dat er een intelligent wezen bij betrokken is geweest.

## 85 De neodarwinistische evolutietheorie

**Natuurlijke selectie** = **survival of the fittest** = de best aangepaste organismen binnen een populatie zijn het meest succesrijk in het doorgeven van hun genen aan de volgende generaties.

**Genetische variatie** = **verscheidenheid in genotypen** = het bestaan van verschillen (variatie) in het genetisch materiaal van een populatie, een biologische soort of een heel ecosysteem.

Uit één populatie kunnen 2 verschillende soorten ontstaan als er op een of andere manier een scheiding is opgestreden tussen 2 groepen van de populatie bv door reproductieve isolatie.

**Reproductieve isolatie** = gedurende lange tijd vindt er geen voortplanting plaats tussen individuen van verschillende populaties.

In een populatie blijven individuen met een gunstig genotype gemakkelijker in leven en planten ze zich beter voort dan individuen met een minder gunstig genotype. Deze selectie leidt er toe dat soorten voortduren veranderen.

**Mutant** = organisme met een bepaalde mutatie die in het fenotype tot uitdrukking komt. Door een opeenvolging van mutaties, recombinatie en natuurlijke selectie zijn de huidige soorten ontstaan.

**Recombinatie** = de chromosomen van de beide ouders worden gemengd. Hierdoor ontstaat variatie.

**Selectie druk** = bepaalt wat er met de verschillende genotypen en fenotypen in een populatie gebeurt.

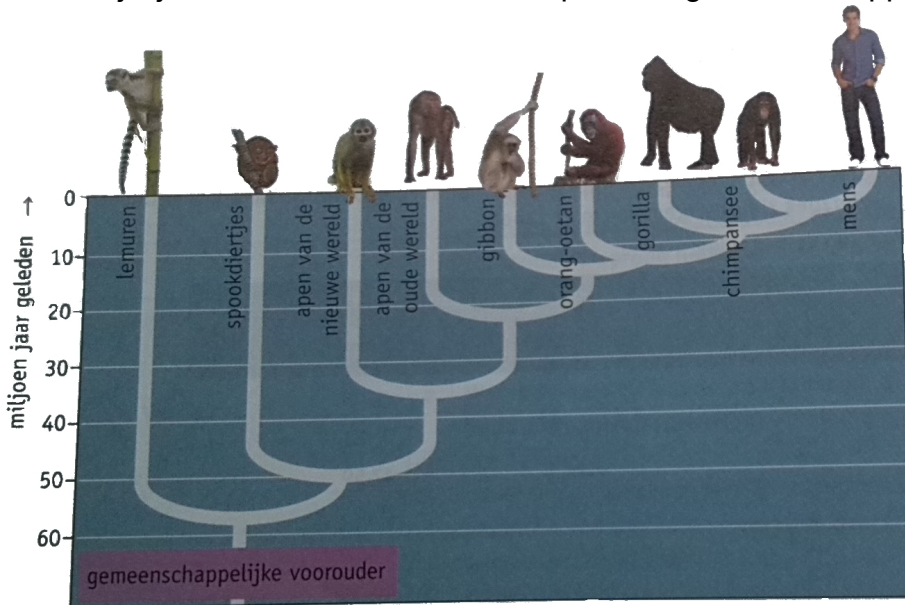
- Selectie druk laag → veel verschillende varianten blijven in leven.
- Selectie druk hoog → alleen de best aangepaste individuen blijven in leven en planten zich voort. Dit zijn dan de dieren met de grootste *fitness*.

Een populatie met een grote genetische diversiteit heeft een grote overlevingskans. De kans is groot dat enkele individuen de genen bezitten om een onbekende ziekteverwekker af te weren of om zich goed aan te passen aan veranderende milieuomstandigheden.  
**Adaptatie** = aanpassing aan de nieuwe omstandigheden.

## Thema 5 Evolutie

### Basisstof 2 Evolutie van de mens

De mens behoort tot de primaten (mens, mensapen, apen, halfapen), de hoogst ontwikkelde zoogdieren. De mens stamt echter niet af van de apen, maar het is zeer waarschijnlijk dat de mens en de mensapen een gemeenschappelijke voorouder hebben.



Figuur 1. De ontwikkeling van de primaten.<sup>1</sup>

Veel inzicht in de ontwikkeling van de primaten heeft men verkregen door fossielen te bestuderen.

## Thema 5 Evolutie

### Basisstof 3 Evolutie van een soort

#### 93 Wat is een soort?

**Soort** : organismen behoren tot dezelfde soort als ze in staat zijn zich onderling voor te planten en daarbij vruchtbare nakomelingen voort te brengen. De voortplanting moet onder natuurlijke omstandigheden plaatsvinden.

Dit is geen sluitende omschrijving van het begrip “soort”, want

- het komt voor dat slechts een deel van de nakomelingen vruchtbaar is en een ander deel onvruchtbaar.
- bij ééncellige organismen die zich ongeslachtelijk voortplanten (door deling) is moeilijk na te gaan welke individuen tot kruising in staat zijn.
- een sint-bernardshond en een dwergpoedel behoren tot dezelfde soort, maar ze kunnen zich niet op een natuurlijke manier kruisen, omdat ze te sterk in grootte verschillen.

Een soort bestaat uit één of meer populaties. Populaties van dezelfde soort kunnen door natuurlijke barrières van elkaar zijn gescheiden.

In bijzondere gevallen kan tussen de individuen van verschillende populaties uitwisseling van genen plaats vinden:

- als er individuen uit een populatie wegtrekken naar een andere populatie;
- als een natuurlijke barrière tussen 2 populaties wegvalt, zodat deze populaties samen één populatie vormen.

**Gene flow** = het verschijnsel dat tussen individuen van 2 populaties van dezelfde soort uitwisseling van genen plaatsvindt.

Een betere omschrijving van het begrip “soort” is:

**Soort** = de grootste verzameling van populaties waartussen en effectieve uitwisseling van genen plaatsvindt of kan plaatsvinden.

Als je een sint-bernardshond en een dwergpoedel hun gang laat gaan, paren ze met honden van tussenliggende grootte. De nakomelingen van deze kruising kunnen op hun beurt paren met sint-bernardshonden en dwergpoedels. Zo kunnen de genen van beide hondenrassen op een natuurlijke wijze worden uitgewisseld.

## 94 Allelfrequentie bij willekeurige voortplanting

**Genenpool van een populatie** = de verzameling van alle genen in een populatie. Deze verzameling bestaat uit alle allelen op alle loci van alle individuen van deze populatie.

De omvang van de genenpool is een maat voor de genetische variatie in een populatie.

Als er geen selectiedruk optreedt, worden alle allelen op een *willekeurige* manier doorgegeven aan de nakomelingen. Het toeval bepaalt dan welke allelen worden doorgegeven aan de volgende generatie. Bijvoorbeeld: de partnerkeuze in Nederland wordt niet bepaald door de bloedgroep van een persoon, maar misschien wel door lichaamslengte of huidskleur. Welke allelen voor de 2 laatste eigenschappen worden doorgegeven aan de volgende generatie, wordt dan niet geheel door het toeval bepaald.

Bij willekeurige voortplanting is de kans dat een bepaald allel wordt doorgegeven aan de volgende generatie groter naarmate het allel vaker in de populatie voorkomt.

**Allelfrequentie** = is een getal om aan te geven hoe vaak een bepaald allel binnen een populatie voorkomt.

Als er geen andere beïnvloedende factoren zijn, blijven de allelfrequenties binnen een (grote) populatie door de generaties heen constant. De wet van Hardy-Weinberg bespreekt dit verschijnsel dat genfrequenties gelijk blijven in grote populaties. Met behulp van de wet van Hardy-Weinberg kun je uitgaande van het fenotype de frequentie van de genotypes berekenen, en omgekeerd.

Bijvoorbeeld:

Allel **A** van een gen heeft allelfrequentie  $p$  en allel **a** heeft allelfrequentie  $q$ .

Er zijn niet meer allelen van dit gen, dus er geldt:  $p + q = 1$ .

Bij bevruchting vormen de gameten de volgende combinaties:

<b>A</b> x <b>A</b>	→	<b>AA</b>
<b>A</b> x <b>a</b>	→	<b>Aa</b>
<b>a</b> x <b>A</b>	→	<b>aA</b>
<b>a</b> x <b>a</b>	→	<b>aa</b>

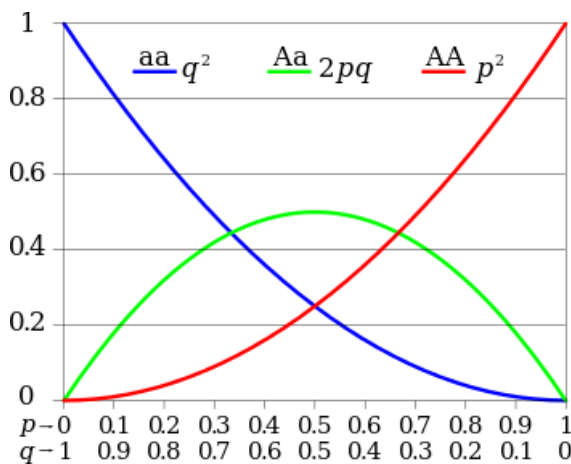
Het percentage waarmee elke combinatie voorkomt, is het product van de allelfrequenties:

	$p(\mathbf{A})$	$q(\mathbf{a})$
$p(\mathbf{A})$	$p(\mathbf{A}) \times p(\mathbf{A}) = p^2(\mathbf{AA})$	$p(\mathbf{A}) \times q(\mathbf{a}) = pq(\mathbf{Aa})$
$q(\mathbf{a})$	$q(\mathbf{a}) \times p(\mathbf{A}) = qp(\mathbf{aA})$	$q(\mathbf{a}) \times q(\mathbf{a}) = q^2(\mathbf{aa})$

In de volgende generatie van deze populatie is het totaal aan genotypen:

$p^2 + 2pq + q^2 = 1$ , waarbij geldt: $p^2$ = het percentage van allel <b>AA</b> $2pq$ = het percentage van allel <b>Aa</b> $q^2$ = het percentage van allel <b>aa</b>
--

In een populatie kun je meten hoeveel individuen het recessieve kenmerk in het fenotype hebben. Hieruit kan de allelfrequentie worden berekend met de regel van Hardy-Weinberg (het percentage van **aa**= $q^2$ , hieruit volgt dat de allelfrequentie van **a** =  $\sqrt{q^2} = q$ ).



Afbeelding 2. Grafische weergave van het Hardy-Weinberg evenwicht.<sup>2</sup>

Allelfrequenties kunnen veranderen als tijdens de DNA-replicatie, die voorafgaat aan de meiose, allel **A** muteert naar allel **a**. Deze verandering in allelfrequentie per generatie wordt als volgt in een formule uitgedrukt:

$$\Delta p = -\mu \cdot p_{(t-1)} \quad \text{waarin}$$

$p$  = frequentie van allel **A**

$\Delta p$  = verandering in de allelfrequentie van **A**

$\mu$  = mutatiefrequentie

$p_{(t-1)}$  = frequentie van allel **A** in de voorgaande generatie van dezelfde populatie

## 98 Beïnvloedende factoren

De wet van Hardy-Weinberg geldt alleen voor populaties en genen waarbij geen andere factoren dan de allelfrequentie de overerving beïnvloeden.

**Micro-evolutie** = de verandering van allelfrequenties in een populatie.

**Macro-evolutie** = is het ontstaan van nieuwe soorten en groepen organismen.

Micro-evolutie kan bij sommige soorten leiden tot snelle veranderingen in het fenotype, terwijl andere soorten miljoenen jaren onveranderd blijven.

Veranderingen in allelfrequentie kunnen ontstaan door:

- natuurlijke selectie, hierdoor zal het allel met de hoogste overlevingskans toenemen in een populatie.
- mutaties, hierdoor kunnen nieuwe allelen van een gen ontstaan.  
Is het gemuteerde allel dominant, maar nadelig voor het individu, dan zal het allel snel verdwijnen.  
Is het gemuteerde allel dominant en vergroot het de overlevingskans van het individu, dan zal de allelfrequentie toenemen.
- co-evolutie; door de evolutie van de ene soort, evolueert een andere soort ook (bv een plant wordt giftig voor een rups, en na een tijdje blijkt de rups resistent voor het gif van de plant).

## 99 Genetic drift

Gemuteerde recessieve allelen kunnen zich zeer lang in de populatie handhaven, zonder dat ze bij individuen in het fenotype tot uiting komen.

Als een kleine groep individuen van een soort geïsoleerd raakt, kan de allelfrequentie van een gemuteerd recessief gen snel toenemen, omdat in een kleine populatie de kans groot is dat individuen met een gemeenschappelijke voorouder met elkaar paren. Als ze beiden een recessief gemuteerd gen hebben, kan dit gen in de nakomelingschap tot uiting komen.

**Genetic drift** = het verschijnsel dat in kleine populaties door toeval grote verschuivingen in de allelfrequenties kunnen optreden.

Er zijn 2 vormen van genetic drift:

- Flessenhalseffect. Het aantal individuen van een soort loopt door een bepaalde oorzaak sterk terug. Hierdoor kan de genenpool een andere samenstelling krijgen. Dit kan weer leiden tot zeer kleine genetische variaties in de populatie.
- Foundereffect. Een klein deel van een populatie vestigt zich in een nieuw gebied. Vindt er dan geen vermenging plaats met andere populaties dan kunnen hierdoor bepaalde afwijkingen vaker voorkomen dan elders.

# Thema 5 Evolutie

## Basisstof 4 Het ontstaan van nieuwe soorten

**Reproductieve isolatie** = gedurende lange tijd vindt er geen voortplanting plaats tussen individuen van 2 of meer populaties.

Reproductieve isolatie kan plaatsvinden door:

- geografische isolatie. Dit is een vorm van reproductieve isolatie waarbij de scheiding van individuen door een geografische barrière wordt veroorzaakt.
- verschillen in gedrag.
  - ▶ Als een dier 'vreemd' baltsgedrag vertoont, dan wordt het dier niet als een voortplantingskandidaat herkend en de paring vindt niet plaats.
  - ▶ Als de ene soort liever op open graslanden jaagt, terwijl de andere soort liever in bosrijke gebieden jaagt. In het wild komen deze 2 groepen elkaar niet tegen, maar in de dierentuin kunnen ze wel vruchtbare nakomelingen krijgen.
- tijd.
  - ▶ De ene soort bananenvlieg paart 's avonds en de andere 's ochtends.
  - ▶ Twee nauwverwante soorten bloemen bloeien elk in een ander seizoen of worden door andere insecten bestoven.

### 104 Een voorbeeld van reproductieve isolatie

Een bekend voorbeeld van reproductieve isolatie zijn de darwinvinken. Waarschijnlijk is miljoenen jaren geleden een kleine groep vinken door een storm op de Galapagoseilanden, die op ongeveer 1000 km voor de kust van Zuid-Amerika liggen, terecht gekomen. Er heeft adaptatie plaatsgevonden: de bouw van de snavel is aangepast aan het beschikbare voedsel dat verschillend is op de diverse eilandjes.

### 105 Eilandtheorie

Darwin ontdekte een wetmatigheid in het aantal soorten dat hij op verschillende eilanden aantroef:

- Hoe groter een eiland, des te groter het gemiddelde aantal soorten; een 10x zo groot eiland heeft 2x zoveel soorten.
- Het aantal soorten op een eiland is kleiner naarmate de afstand van het eiland tot het vasteland groter is.

De eilandtheorie van Robert MacArthur en Edward Wilson:

Het aantal soorten op een eiland (de biodiversiteit) wordt bepaald door de formule:

$S = I - E$  waarin:

S = aantal soorten op het eiland

I = immigratie (aantal soorten dat zich op het eiland vestigt)

E = extinctie (aantal soorten dat verdwijnt door uitsterven)

### Afbeelding 3A.

Als het aantal soorten op een eiland klein is (links op de x-as), kunnen veel nieuwe soorten zich vestigen door immigratie en sterven weinig soorten uit bv. doordat er weinig concurrentie is ( $I > E$ ).

Als het aantal soorten groot is, geldt precies het omgekeerde ( $E > I$ ).

Het uitsterven van soorten komt door competitie, maar ook door zeldzame gebeurtenissen zoals aardbevingen of vulkaanuitbarstingen.

Na verloop van tijd ontstaat een evenwicht tussen immigratie en extinctie (punt A op de x-as) en zal het aantal soorten op een eiland stabiel blijven, onder de voorwaarde dat de omstandigheden gelijk blijven.

### Afbeelding 3B.

Een groter eiland heeft:

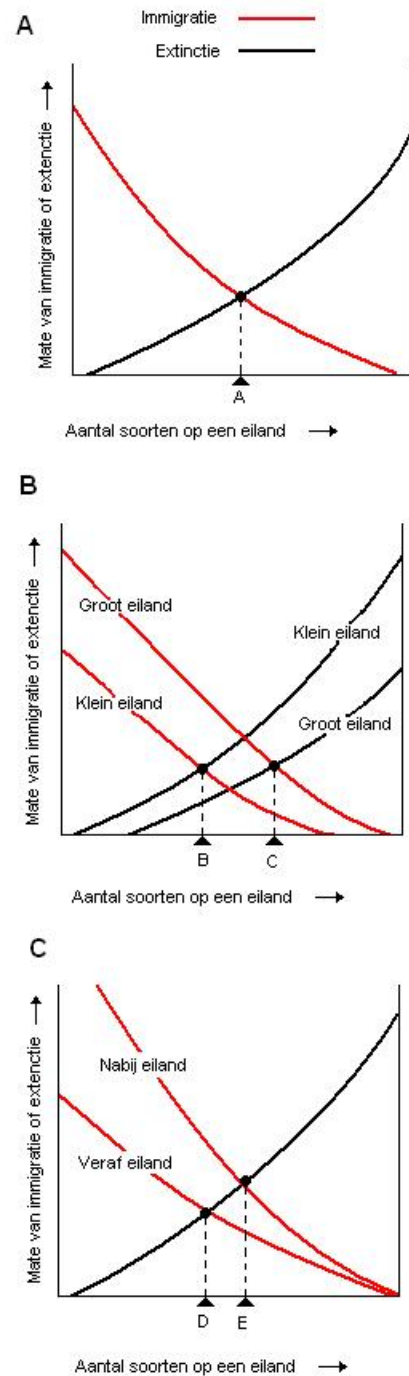
- een hogere immigratiesnelheid, omdat de kans groter is dat het eiland door een nieuwe soort ontdekt wordt en nog belangrijker er is meer niche ruimte beschikbaar op grotere eilanden.
- een lagere extinctiesnelheid.

Per saldo zullen grotere eilanden een grotere biodiversiteit kennen (punt C op de x-as) dan kleine eilanden (punt B op de x-as).

### Afbeelding 3C.

Hoe verder het eiland is verwijderd van het vasteland hoe kleiner de kans wordt dat nieuwe soorten in staat zijn om te immigreren naar het eiland.

De lagere immigratiesnelheid zorgt voor een lagere biodiversiteit (punt D ten opzichte van punt E op de x-as).



Afbeelding 3. Eilandbiografiemodel.<sup>3</sup>

## 109 Allopatrische en sympatrische soortvorming

**Allopatrische soortvorming** = splitsing van een soort in twee of meer aparte soorten door geografische barrières (Grieks: allos = ander en patra = vaderland).

**Sympatrische soortvorming** = splitsing van een soort in 2 of meer soorten zonder barrières.

Een voorbeeld van sympatrische soortvorming is polyploïdie. Er gaat iets mis tijdens de meiose bij een plant, waardoor een nakomeling een tetraploïd ( $4n$  in plaats van  $2n$ ) deel krijgt. Deze nakomeling kan niet kruisen met een diploïd ( $2n$ ) organisme en zo ontstaan er in een populatie twee groepen waartussen geen gene flow is. Uiteindelijk kan dit leiden tot 2 sympatrische soorten.

**Polyploïdie** = een eukaryotische cel waarvan de celkern meer dan twee sets homologe chromosomen heeft.

**Homologe chromosomen** = twee overeenkomstige chromosomen in een celkern, waarbij één chromosoom van de moeder komt en het andere van de vader. Twee homologe chromosomen hebben een gelijke opbouw, maar zijn niet identiek. Ze bevatten dezelfde genen op dezelfde plaats, maar met verschillende genetische informatie, omdat de allelen verschillend zijn.

**Gene flow** = het verschijnsel dat tussen individuen van 2 populaties van dezelfde soort uitwisseling van genen plaatsvindt.

## Thema 5 Evolutie

### Basisstof 5 De ontwikkeling van het leven

De aarde is ongeveer 4,6 miljard jaar oud. Ongeveer 3,8 miljard jaar geleden ontstonden de eerste cellen.

Tot ongeveer 3 miljard jaar geleden was de aarde omgeven door de oeratmosfeer. Dit was waarschijnlijk een gasmengsel van  $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$  (ammoniak),  $CH_4$  en  $H_2S$  (waterstofsulfide). Deze gassen ioniseren door bliksemontladingen, ultraviolette straling, grote hoeveelheden lava uit vulkanen en botsingen met meteorieten, waardoor koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof vrijkomen. Deze ionen reageren onmiddellijk met elkaar, waarbij onder andere aminozuren, nucleotiden, koolhydraten en vetzuren ontstaan. Dit waren de eerste organische stoffen op aarde.

## 112 Het ontstaan van het leven

Deze organische stoffen kwamen terecht in oerzeeën, waardoor een organische oersoep ontstond. De organische moleculen concentreerden zich in 'druppeltjes', waaruit zo'n 3,8 miljard jaar geleden de eerste cellen ontstonden.

De oudste gevonden fossielen zijn 3,5 miljard jaar oud en zijn van prokaryote organismen. De eerste prokaryoten waren anaeroob. Ze verkregen hun energie uit de afbraak van organische stoffen uit de oersoep.

De huidige bacteriën zijn prokaryoot. Ze bezitten een kringvormig DNA-molecuul dat los in het cytoplasma ligt.



**Oersoep** = mengsel van de eerste organische stoffen en water.

**Biogenese** = het ontstaan van leven uit levenloze materie (genesis = ontstaan).

**Prokaryote organismen** = eencellige organismen zonder celkern of andere zichtbare organellen.

**Anaerobe organismen** = organismen die zonder zuurstof kunnen leven.

Ongeveer 2,8 miljard jaar geleden ontstonden de eerste autotrofe organismen. Deze autotrofe organismen zijn net als cyanobacteriën in staat tot fotosynthese. De zuurstof die bij de fotosynthese ontstond, vergiftigde langzaam de anaerobe organismen en zo ontstonden de eerste aerobe bacteriën.

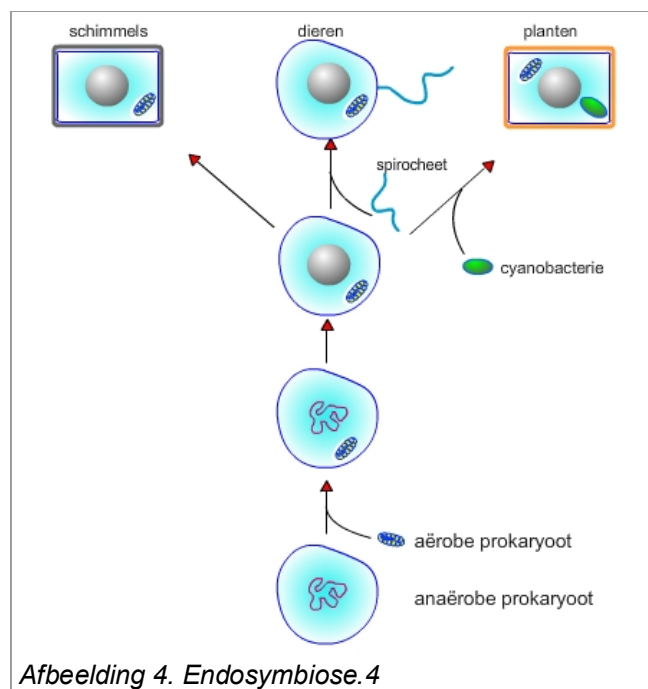
**Autotrofe organismen** = nemen alleen anorganische stoffen uit hun omgeving op. Hieruit maken ze organische stoffen waaruit ze bestaan (koolhydraten, eiwitten en vetten). Ze hebben geen andere organismen nodig voor hun voedsel (Grieks: autos = zelf, trophein = voeden).

**Cyanobacteriën** = bacteriën die in staat zijn tot fotosynthese.

**Aerobe bacteriën** = bacteriën die in hun cel een systeem hebben om zuurstof te gebruiken bij de afbraak van organische moleculen.

Ongeveer 1,5 miljard jaar geleden ontstonden de eerste eukaryote cellen met organellen volgens de endosymbiose-theorie. Volgens deze theorie zijn door instulping van het celmembraan de celkern met het kernmembraan en het endoplasmatisch reticulum ontstaan en hebben cyanobacteriën zich tot chloroplasten ontwikkeld en aerobe bacteriën tot mitochondriën.

Mitochondriën en chloroplasten zijn ooit vrij levende bacteriën geweest. Dat blijkt uit het feit dat beide een kringvormig DNA-molecuul hebben. De deling van mitochondriën en chloroplasten is niet geprogrammeerd vanuit het DNA in de celkern, maar vanuit het eigen kringvormige DNA-molecuul. Dit DNA lijkt in samenstelling meer op het DNA van de nu levende bacteriën dan op het DNA dat zich in de celkern bevindt.



**Endosymbiose-theorie** = is de theorie die de herkomst verklaart van mitochondria en chloroplasten in eukaryote cellen door endosymbiose.

**Endosymbiose** = een vorm van symbiose, waarbij een organisme leeft tussen de cellen of zelfs in de cellen van een gastheer.

**Symbiose** = het samenleven van twee organismen van verschillende soorten waarbij het samenleven voor ten minste één van beide organismen gunstig of zelfs noodzakelijk is (Grieks: sym = samen, biosis = levend).

**Endoplasmatisch reticulum** = is een netwerk (*reticulum*) van membranen in het cytoplasma van een cel. Het bestaat uit twee dicht tegen elkaar liggende membranen waartussen holten en kanalen worden gevormd.

**Chloroplasten** = bladgroenkorrels.

**Mitochondriën** = is een boon- of bolvormig celorganel, dat functioneert als energiecentrale van de cel.

## 113 De drie domeinen

Uit de endosymbiotische cellen zijn de huidige organismen ontwikkeld. Deze worden onderverdeeld in 3 domeinen; de eukaryoten, bacteriën en archaea.

## 114 De indeling in rijken

Domeinen worden onderverdeeld in rijken.

Domein	Rijk	Indelingscriteria			
		<i>prokaryoot of eukaryoot</i>	<i>wel of geen celwand</i>	<i>ééncellig of meercellig</i>	<i>autotroof of heterotroof</i>
Eukaryoten	Schimmels	eukaryoot	wel	meercellig	heterotroof
	Planten	eukaryoot	wel	meercellig	autotroof
	Dieren	eukaryoot	geen	meercellig	heterotroof
	.....				
Archaea		prokaryoot	wel	ééncellig	heterotroof
Bacteriën		prokaryoot	wel	ééncellig	meesten zijn heterotroof

De indeling in rijken is gebaseerd op 4 indelingscriteria:

- 1) celtype (prokaryoot of eukaryoot). Prokaryoten zijn ééncellige organismen zonder organellen. Eukaryoten hebben wel organellen.
- 2) celwand. Dieren zijn organismen zonder celwanden. Alle andere organismen hebben wel celwanden om hun cellen.
- 3) aantal cellen. Bacteriën en archaea zijn ééncellige organismen. Schimmels, planten en dieren zijn meercellig.
- 4) voedingswijze. Organismen kunnen organische en anorganische stoffen uit het milieu opnemen. Op basis hiervan worden organismen ingedeeld in autotroof en heterotroof.

**Organel** = een deel van een cel, begrensd door een membraan, met een eigen functie. Bijvoorbeeld de celkern, een vacuole, mitochondriën en het endoplasmatisch reticulum.

**Organische stoffen** = stoffen afkomstig van organismen of van producten van organismen. Bijvoorbeeld koolhydraten, eiwitten en vetten. Ze bevatten altijd één of meer C-atomen.

**Anorganische stoffen** = stoffen die zowel in organismen als in de levenloze natuur voor komen. Ze zijn opgebouwd uit kleine, eenvoudige gebouwde moleculen, bijvoorbeeld CO, CO<sub>2</sub>, NaCl, en O<sub>2</sub> (zuurstofgas).

**Autotrofe organismen** = nemen alleen anorganische stoffen uit hun omgeving op. Hieruit maken ze organische stoffen waaruit ze bestaan (koolhydraten, eiwitten en vetten). Ze hebben geen andere organismen nodig voor hun voedsel (Grieks: autos = zelf, trophein = voeden). Planten (doordat ze chloroplasten hebben) en enkele soorten bacteriën zijn autotroof.

**Heterotrofe organismen** = nemen organische stoffen van andere organismen als voedsel op. Uit deze organische stoffen maken ze hun eigen organische stoffen. Hierbij zijn ook anorganische stoffen nodig, die ze uit de omgeving opnemen (heteros = ander). Archaea, schimmels, dieren en de meeste soorten bacteriën zijn heterotroof.

## 116 De verdere indeling van de rijken

De indeling op verschillende niveau's worden taxa genoemd (enkelvoud taxon). Een soort wordt ook wel *species* genoemd en een geslacht *genus* (meervoud genera)

De indeling is als volgt:

**rijk** → **stam** → **klasse** → **orde** → **familie** → **geslacht** → **soort** → **ras**.

## 117 De binaire naamgeving

Soorten worden aangeduid met een wetenschappelijke naam. De Zweedse bioloog Linnaeus heeft deze wetenschappelijke naamgeving opgezet in de vorm van een *binaire (tweedelige) naamgeving*.

Elke soort krijgt 2 namen:

- 1) geslachtsnaam. Deze staat voorop en wordt met een hoofdletter geschreven.
- 2) soortaanduiding.
  - komt achter de geslachtsnaam;
  - wordt met een kleine letter geschreven;
  - zegt vaak iets over de standplaats, kleur of gebruiksmogelijkheden (bv. officinalis = geneeskrachtig, arvensis = op akkers, pallustris = in moerasgebieden, repens = kruipend).
  - wordt gevolgd door een afkorting van de naamgever (bv. L. = Linnaeus)

Een eventuele 3<sup>e</sup> naam geeft het ras aan.

Bijvoorbeeld: de wetenschappelijke naam voor een madeliefje is **Bellis perennis L.**

**Bellis** = geslachtsnaam en betekent "eeuwige schoonheid".

**perennis** = soortaanduiding en betekent "overjarig" (vaste plant).

**L.** = Linnaeus, de naamgever.

# Thema 5 Evolutie

## Basisstof 6 Prokaryoten

### 118 Bacterien

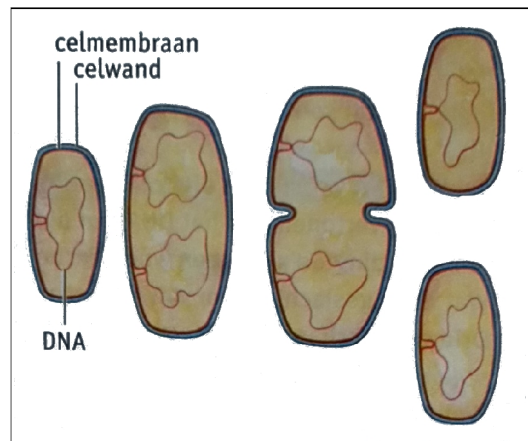
Erfelijk materiaal bacteriën	Erfelijk materiaal planten en dieren
<ul style="list-style-type: none"> <li>• één kringvormig chromosoom</li> <li>• chromosoom bestaat uit één groot circulair DNA- molecuul zonder eiwitmoleculen</li> <li>• DNA ligt los in het cytoplasma, zodat het gemakkelijk bereikbaar is voor enzymen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2n chromosomen met een beginpunt en een eindpunt</li> <li>• het DNA-molecuul in het chromosoom is spiraalsgewijs opgerold rond duizenden eiwitmoleculen</li> </ul>

Sommige bacteriën hebben, behalve een chromosoom, ook plasmiden. Op de plasmiden bevinden zich genen die resistentie veroorzaken tegen bepaalde gifstoffen.

**Plasmiden** = kleine circulaire chromosomen.  
**DNA-replicatie** = verdubbeling van het DNA.

Bacteriën planten zich ongeslachtelijk voort, zie afbeelding 5:

- 1) er vindt DNA-replicatie plaats.
- 2) elk van beide circulaire DNA-moleculen zit op een bepaalde plaats vastgehecht aan het celmembraan.
- 3) het celmembraan snoert zich in en er ontstaan twee cellen.



Afbeelding 5. Celdeling bij een bacterie.<sup>1</sup>

Soms vindt bij bacteriën uitwisseling van genen plaats:

- Bacteriën kunnen het DNA-molecuul van een stervende bacterie opnemen.
- door middel van conjugatie. Een plasmide van een bacterie ondergaat DNA-replicatie, waarna een kopie van de plasmide door een holle buis naar de andere bacterie verhuist.

Wat bacteriën doen:

- Onder gunstige omstandigheden kan een bacterie zich snel voortplanten, waardoor het afweersysteem van de mens soms niet in staat is alle bacteriën te doden; de mens wordt ziek.
- Bacteriën worden ook ingezet bij:
  - 1) productie van voedingsmiddelen; bacteriën die melksuiker (lactose) omzetten in melkzuur nodig voor yoghurt, kaas en zuurkool.
  - 2) productie van geneesmiddelen met behulp van genetisch gemodificeerde bacteriën.
  - 3) productie van wasmiddelen-enzymen;
  - 4) afvalwaterzuivering;
  - 5) de bestrijding van allerlei vormen van milieuverontreiniging.

**Pathogene bacteriën** = ziekteverwekkende bacteriën.

**Optimalisering** = het zo gunstig mogelijk maken van de omstandigheden.

**Conjugatie** = een plasmide van een bacterie ondergaat DNA-replicatie, waarna een kopie van de plasmide door een holle buis naar de andere bacterie verhuist.

## 119 Indeling van de bacterien

Omdat bacteriën maar in een klein aantal uiterlijke vormen voorkomen, worden ook biochemische indelingscriteria gebruikt, zoals:

- stofwisselingsreacties in de cel.
- de bouw van het DNA en RNA.
- de bouw van de celwand.
  - 1) De meeste bacteriën hebben een celwand van peptidoglycaan, een stof die bij geen enkel ander organisme wordt aangetroffen. Dit zijn de Gram-positieve bacteriën. Zij blijken een violette kleurstof gemakkelijk te absorberen aan hun celwanden.
  - 2) Bacteriën met een dunne wand van peptidoglycaan. Dit zijn de Gram-negatieve bacteriën, zij nemen de violette kleurstof niet op.
- heterotroof of autotroof.
  - 1) Heterotrofe bacteriën moeten organische voedingsstoffen opnemen om te kunnen overleven. Zij voeden zich met dode resten van organismen. Zij nemen organische stoffen op en zetten die om in anorganische stoffen.
  - 2) Autotrofe bacteriën zijn zelf in staat om organische stoffen te produceren. Cyanobacteriën (blauwalgen of blauwwieren) hebben chlorofyl en blauwe pigmenten. Zij kunnen door fotosynthese hun eigen energie maken.
- temperatuur.

Er zijn bacteriën die een endospore in de cel kunnen vormen. Een endospore bevat het DNA van een bacterie met een klein beetje cytoplasme, waaruit het water grotendeels is verwijderd. Het is omgegeven door een ondoorlaatbaar, beschermend kapsel (cyste). Endosporen kunnen een periode van extreme droge, hete of koude omstandigheden overleven.

Als de omstandigheden daarna gunstig worden, ontwikkelt de endospore zich weer tot een bacterie die zich kan voortplanten.

## Thema 5 Evolutie

### Basisstof 7 Eukaryoten

Het domein van de eukaryoten bestaat uit protisten, schimmels, planten en dieren.

### 123 Schimmels

Schimmels:

- hebben geen chlorofyl. Ze voeden zich met dode resten van organismen.
- zijn ééncellig
  - gisten zijn ééncellig. Ze planten zich ongeslachtelijk voort dmv knopvorming.
- of meercellig. Meercellige schimmels
  - bestaan uit schimmeldraden (= hyfen).
  - zien er vaak pluizig uit, omdat ze netwerken (= mycelium) van hyfen zijn.
  - hebben celwanden met chitine.
  - planten zich voort door sporen (zijn haploid) die ontstaan aan het uiteinde van schimmeldraden die omhoog groeien of in paddenstoelen.
- kunnen ziekten veroorzaken (o.a. zwemmerseczeem)
- worden door de mens gebruikt bij
  - de bereiding van sommige voedingsmiddelen (oa brood en alcohol)
  - de productie van penicilline.

**knopvorming** = vorm van ongeslachtelijke voortplanting. Er ontwikkelt zich op de cel een uitstulping. De celkern deelt zich en de uitstulping laat los van de moedercel.

**hyfen** = schimmeldraden.

**mycelium** = netwerk van schimmeldraden (hyfen).

### 127 Planten

Planten:

- bevatten celwanden, die uit cellulose bestaan.
- hebben chloroplasten. Deze bevatten chlorofyl voor de fotosynthese, zodat planten autotroof zijn.

Het plantenrijk bestaat uit 5 rijken:

- 1) wieren (algen);
- 2) mossen;
- 3) paardenstaarten;
- 4) varens;
- 5) zaadplanten.

**Houtvaten** zitten binnen in de plant en lopen van beneden naar boven.

**Bastvaten** zitten aan de rand van de plant en lopen van boven naar beneden.

	wieren	mossen	paardenstaarten	varens	zaadplanten
<b>sporenplanten</b> , planten zich voort door sporen.	✓	✓	✓		
<b>vaatplanten</b> hebben hout- en bastvaten voor transport van stoffen.			✓	✓	✓

### 1. Wieren (algen):

- geen wortels
- geen stengels
- geen bladeren
- geen hout- en bastvaten

Bijvoorbeeld: boomalg, blaaswier, zeesla.

### 2. Mossen:

- geen echte wortels
- wel stengels en bladeren
- geen hout- en bastvaten
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in een sporendoosje, dat op een steeltje boven het mosplantje uitgroeit.

Bijvoorbeeld: steenlevermos, haarmos.

### 3. Paardenstaarten:

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- stengels zijn hol en geled
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in een sporenvormend orgaanje aan het uiteinde van een stengel.

Bijvoorbeeld: heermoes.

### 4. Varens:

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- bladeren zijn groot en meestal ingesneden.
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in sporenhooptjes aan de onderzijde van bladeren.

Bijvoorbeeld: mannetjesvaren.

## 5. Zaadplanten:

- wortels, stengels en bladeren, bladeren zijn meestal plat
  - hout- en bastvaten
  - voortplanting door zaden
  - zaden ontstaan in bloemen
- 
- naaktzadigen, bv den en spar
- 
- bedektzadigen; de zaden zitten in vruchten. bv gras, eik, appelboom, paardenbloem

Samengevat:

	wortels	stengels	bladeren	hout- en bastvaten	voortplanting
1. Wieren	✗	✗	✗	✗	
2. Mossen	✗	✓	✓	✗	sporen in een sporendoosje
3. Paardenstaarten	✓	✓	✓	✓	sporen ontstaan in een sporenvormend orgaan
4. Varens	✓	✓	✓	✓	sporen aan onderzijde van de bladeren
5. zaadplanten	✓	✓	✓	✓	zaden ontstaan in bloemen

## 129 Dieren

Dieren:

- hebben geen celwanden
- hebben geen chlorofyl, waardoor ze heterotroof zijn.
- zijn bijna allemaal diploïd. Alleen geslachtscellen hebben een haploïd stadium.
- ééncellige dieren worden ook wel tot de protisten gerekend.



Indelingscriteria op basis van symmetrie en skelet:

1. **bilateraal (tweezijdig) symmetrisch.**  
Het lichaam is op slechts één manier in twee ongeveer gelijke helften te verdelen.  
Veel dieren.
2. **Radiaal (straalsgewijs) symmetrisch.**  
Deze dieren zijn op veel manieren in twee ongeveer gelijke helften te verdelen.  
Holtedieren.
3. **Asymmetrisch**  
Dieren die op geen enkele manier in twee gelijke helften zijn te verdelen.
4. **Exoskelet.**  
Uitwendig skelet. Mosselen en insecten.
5. **Endoskelet**  
Inwendig skelet. Inktvis en mensen.  
Dieren zonder skelet leven meestal in het water.

### 1. Eéncellige dieren:

- asymmetrisch
- geen skelet
- leven in het water
- planten zich voornamelijk voort door deling

Bv. amoebe, pantoffeldiertje.

### 2. Sponzen:

- asymmetrisch
- skelet van naalden tussen de cellen
- zitten vast op de bodem van de zee

Bv. badspons.

### 3. Holtedieren:

- radiaal symmetrisch
- meestal geen skelet
- leven in het water
- vangen hun prooi met tentakels (vangarmen)

Bv. kwal, zeeanemoon.

### 4. Platwormen:

- bilateraal symmetrisch
- geen skelet
- lichaam is lang en dun
- dwarsdoorsnede van het lichaam is plat
- veel soorten leven als parasiet

Bv. lintworm.

## 5. Rondwormen:

- bilateraal symmetrisch
- geen skelet
- lichaam is lang en dun
- dwarsdoorsnede van het lichaam is rond
- veel soorten leven als parasiet

Bv. spoelworm.

## 6. Ringwormen:

- bilateraal symmetrisch
- geen skelet
- lichaam is lang en dun
- dwarsdoorsnede van het lichaam is rond
- lichaam is gesegmenteerd (opgebouwd uit schijfjes)

Bv. regenworm.

## 7. Weekdieren:

- bilateraal symmetrisch
- meestal een schelp
- of huisje als skelet
- klassen: tweekleppigen, slakken, inktvissen

Bv. tuinslak, mossel, octopus.

## 8. Geleedpotigen:

- bilateraal symmetrisch
- het exoskelet van geleedpotigen bevat chitine. Door de stijfheid van het exoskelet is groei alleen mogelijk tijdens vervellingen.
- de kop draagt ogen en antennen
- klassen:
  - 1) insecten;
  - 2) spinachtigen;
  - 3) kreeftachtigen;
  - 4) duizendpoten.

Bv. vlieg, duizendpoot, spin, krab.

## 9. Stekelhuidigen:

- radiaal symmetrisch
- endoskelet van kalk
- de huid is bedekt met stekels of knobbels
- leven op de bodem van de zee

Bv. zee-egel, zeester.

## 10. Gewervelden:

- bilateraal symmetrisch
- endoskelet (geraamte) met wervelkolom
- klassen: vogels, zoogdieren, amfibieën, reptielen, vissen
- onderverdeling in een klasse op basis van:
  - 1) milieu
  - 2) koud- of warmbloedig
  - 3) voortplanting
  - 4) huidbedekking
  - 5) ademhaling

Bv. zwaluw, wolf, kikker, slang, snoek.

**imago** = volwassen insekt.

**metamorfose** = gedaanteverwisseling bij insekten. De larve verandert dan in een pop of in een imago.

## 131 Eencellige dieren

Eéncellige dieren:

- leven vaak in zoet water
- nemen voortdurend water op door osmose. Ze verzamelen het door osmose opgenomen water in kloppende vacuolen.

Voorbeelden van ééncellige dieren zijn:

### 1) amoebe

- kan van vorm veranderen.
- kan zich voortbewegen door vorming van schijnvoetjes. De schijnvoetjes ontstaan, doordat het cytoplasma in een bepaalde richting uitvloeit. Met de schijnvoetjes kan een amoebe voedsel bereiken en insluiten.
- eet bacteriën die in voedingsvacuolen worden verteerd. Onverteerde resten worden verwijderd via het celmembraan.

### 2) pantoffeldiertje

- heeft meer organellen dan een amoebe.
- heeft trilhaartjes die zorgen voor de voortbeweging. Ook zorgen ze ervoor dat er voedsel terechtkomt in de celmond.
- aan het einde van de celslokdarm ontstaan voedingsvacuolen, waar vertering van het opgenomen voedsel plaatsvindt. Onverteerde voedselresten worden verwijderd via de celanus.

**fagocytose** = voedselopname met behulp van schijnvoetjes.

## 132 Weekdieren

De stam van de weekdieren bestaat o.a. uit de klassen:

- 1) Tweekleppigen:
  - hebben een schelp die uit twee delen bestaat.
  - bv. mossel en oester.
- 2) slakken:
  - hebben een gedraaide schelp, huisje genaamd.
  - naaktslakken hebben een huisje tijdens het eerste deel van hun leven en deze verliezen ze op een bepaald moment in hun ontwikkeling.
- 3) inktvissen:
  - hebben een inwendige schelp. De kalk van de inwendige schelp ('zeeschuim') van de zee kat wordt vaak in vogelkooien gehangen en is onder andere van belang bij de vorming van de eierschaal van de vogel.

## 132 Geleedpotigen

De stam van de geleedpotigen bestaat o.a. uit de klassen:

- 1) insecten:
  - lichaam bestaat uit een kop (met ogen en antennen), borststuk (met 6 poten en eventueel vleugels) en een achterlijf.
  - bv. vlieg, mier, vlinder en kever.
- 2) spinachtigen:
  - hebben geen segmenten.
  - hebben 8 poten.
  - bv. kruisspin, hooiwagen.
- 3) kreeftachtigen:
  - hebben 10 of meer poten. De voorste poten heten scharen.
  - het lichaam bestaat gedeeltelijk uit segmenten.
  - het exoskelet bevat chitine en kalk.
  - bv. rivierkreeft, garnaal.
- 4) duizendpoten:
  - hele lichaam is opgebouwd uit segmenten.
  - elk segment heeft 1 of 2 paar poten.
  - bv. reuzenduizendpoot en miljoenpoot.

## Thema 5 Evolutie

### Basisstof 8 Enkele onderzoeksmethoden

Een groot deel van onze kennis over de ontwikkeling van het leven is gebaseerd op de bestudering van fossielen. Andere bronnen van informatie zijn de vergelijkende anatomie, de embryologie en de biochemie.

#### 137 Vergelijkende anatomie

De vleugel van een vleermuis, de voorvin van een walvis, de voorpoot van een mol en de arm van een mens hebben hetzelfde bouwplan. Deze organen worden homoloog genoemd.

##### Homologe organen:

- zijn ontstaan uit dezelfde grondvorm.
- hebben een gelijke embryonale ontstaanswijze.
- door aanpassing aan verschillende milieus hebben de organen een verschillende functie gekregen.

Homologie duidt op verwantschap van organismen: de organismen hebben een gemeenschappelijke voorouder.

##### Analoge organen:

- zijn niet ontstaan uit dezelfde grondvorm.
- door aanpassing aan hetzelfde milieu zijn bij niet-verwante organismen organen met een vergelijkbare functie ontstaan.

##### Rudimentaire organen of rudimenten:

- zijn 'resten' van organen.
- ontstaan op dezelfde manier als homologe organen.
- komen niet meer tot ontwikkeling.
- hebben hun functie verloren door aanpassing aan het milieu.
- bv achterpoten bij walvissen, poten bij slangen, blindedarm bij mensen.

Door rudimentaire organen wordt het aannemelijk dat verschillende soorten organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.

#### 138 Embryologie

Door overeenkomsten in de bouw van embryo's in de eerste stadia van de embryonale ontwikkeling, wordt het aannemelijk dat de betreffende organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.

#### 138 Biochemie

Op basis van biochemische onderzoeksmethoden, bv het vergelijken van het bloed van verschillende organismen, kunnen ook verwantschappen tussen organismen bepaald worden.

## 139 Cladistiek

**clade** = groep soorten bestaande uit een voorouder en alle nakomelingen daarvan.  
**cladogram** = een schematische weergave van de verwantschap tussen de soorten van een clade.

Een cladogram is zo opgebouwd dat bij elke splitsing in het cladogram een gemeenschappelijke voorouder staat. Boven het splitsingspunt is er een verschil in één eigenschap. Bij elk splitsingspunt is er een ander onderscheidend kenmerk.

<sup>1</sup> Biologie voor jou, 4b VWO, 5e druk.

<sup>2</sup> "Hardy-Weinberg" by Johnuniq - Eigen werk. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons – <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hardy-Weinberg.svg#/media/File:Hardy-Weinberg.svg>

<sup>3</sup> "Eilandtheorie2" by Zirc - Eigen werk. Licensed under Publiek domein via Wikimedia Commons – <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eilandtheorie2.JPG#/media/File:Eilandtheorie2.JPG>

<sup>4</sup> <http://www.bioplek.org/animaties/celtotaal/evolutiecel.html>