

# Een stochastische rammelaar

Leerlingen begrijpen niet gemakkelijk, hoe populaties of soorten in de loop der tijd kunnen veranderen van (genetische) samenstelling. Nog moeilijker is het om te denken aan die miljoenen jaren die voorbij gegaan zijn, voordat uit soorten andere soorten zijn ontstaan door selectiedruk. Evolutie kent geen richting of doel, maar is er mogelijk sprake van natuurlijke selectie. Als de mens ingrijpt, zijn de resultaten van selectie sneller zichtbaar, bijvoorbeeld in de fokkerij en plantenveredeling. In dit artikel wordt besproken hoe je *genetic drift* zichtbaar maakt.

## ■ Maarten Foeken

**Definitie:** een stochastisch proces is een proces, waarin een systeem met een bepaalde kans van de ene toestand naar de andere toestand overgaat. Een stochast is een kansvariabele, zoals bijvoorbeeld het aantal mensen, dat op een bepaald moment geboren wordt.

catastrofes zoals aardbevingen, overstromingen en brand kunnen populaties als het ware door een flessenhals gaan, waardoor allelfrequenties door het toeval niet meer overeenkomen met die van de oorspronkelijke populatie.

### De stochastische rammelaar

Met behulp van een stochastische rammelaar is in de klas te illustreren, hoe ongericht genetische drift in feite is. Het is goed mogelijk om de leerlingen met behulp van het aangeboden materiaal een of meer zulke rammelaars zelf te laten maken met een aangegeven verhouding.

### Inleiding

Bij het onderwerp evolutie is het een kwestie van verhalen vertellen, over hoe het leven op aarde zich ontwikkeld zou kunnen hebben. Er worden argumenten aangevoerd op basis van waarnemingen, van waaruit theorieën worden geformuleerd. Lastiger is het om die theorieën te bewijzen. Als dat lukt is het overigens geen theorie meer. Daarom spreken we nog steeds van een of meer evolutietheorieën, waarvan die van Darwin en Lamarck wel de bekendste zijn. In de theorie van Darwin komt nadrukkelijk de natuurlijke selectie aan de orde. Die selectie heeft tot gevolg, dat de genenpool in de opeenvolgende generaties van samenstelling verandert. In genetica'sommetjes in de categorie Hardy-Weinberg kan dat zelfs berekend worden. Overigens, zonder selectiedruk blijft de samenstelling van de genenpool onveranderd, mits er geen emigratie of immigratie van individuen van dezelfde soort plaatsvindt en de populatie voldoende groot blijft. Als de populatie klein is kunnen de frequenties van de allelen die worden doorgegeven door toevalsfactoren anders zijn dan die van de genenpool van de populatie. Het gevolg is dat in opeenvolgende generaties de variatie gereduceerd wordt (genetische drift). Genetische drift is ook een factor in het evolutieproces. Door

### Voorbeeld van een selectie op relatieve fitness

Bepaalde allelencombinaties bij individuen kunnen leiden tot een verminderde kans op overleven of op voortplanting. Dat betekent dat (een deel van) de populatie met die allelencombinatie niet meer mee doet met de voortplanting. Dat heet relatieve fitness en wordt aangegeven met een getal tussen 0 en 1.

Gegeven zijn de allelenfrequenties in een bepaalde populatie.

Voor A is dat 0,3 (=p) en voor a = 0,7 (=q).

Individuen met een genotype aa hebben een relatieve fitness van 0,5.

*Vraag 1.*

Wat is het percentage heterozygoten in de huidige populatie?

*Vraag 2.*

Wat is het percentage heterozygoten bij de geboorte van de volgende populatie?

*Antwoorden:*

Op vraag 1: Percentage heterozygoten is  $2pq$ , dus  $2 \times 0,3 \times 0,7 = 0,42$  ofwel 42%

Op vraag 2: Eerst moet berekend worden wat de nieuwe frequenties zijn.

*Oplossing:*

Het aantal allelen van A in de huidige populatie =  $18 + 42 = 60$

Het aantal allelen van a in de huidige populatie =  $42 + 98 = 140$

Het aantal allelen van A in de nieuwe populatie blijft 60.

Het aantal allelen van a in de nieuwe populatie is  $42 + 49$  (de helft van 98) = 91

Totaal aantal allelen = 151.

Frequentie van A wordt dan  $60:151 = 0,397$

Frequentie van a wordt dan  $91:151 = 0,602$

Frequentie van de heterozygoten:  $2 \times 0,397 \times 0,602 = 0,478$  ofwel 47,8%

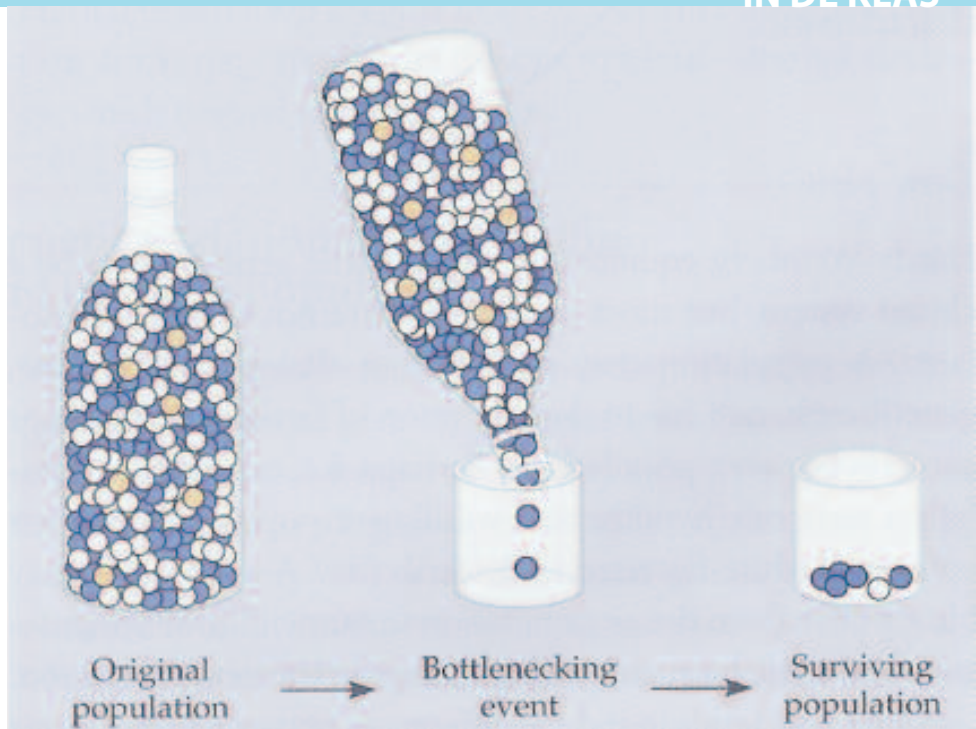
Door catastrofes zoals aardbevingen, overstromingen en brand kunnen populaties als het ware door een flessenhals gaan

#### Materiaal:

- 1 Negen flesjes met elk 100 kralen, in twee kleuren met verschillende verhoudingen in tientallen, bijvoorbeeld 70 blauw en 30 wit of 60 blauw en 40 wit. Dat is de oudergeneratie. Flesjes met 100 dezelfde kralen zijn uiteraard overbodig.
- 2 Negen buisjes met schroefdraad, **lang** genoeg voor tien kralen en **maximaal** dik genoeg voor één kraal.
- 3 450 blauwe kralen en 450 witte kralen.

#### Productie:

Er zijn plastic flesjes met schroefdop gebruikt. Snijd voorzichtig een deel van de bovenkant van het flesje af, zodat de schroefdop er omgekeerd inpast. Snijd uit de schroefdop het binnenste gedeelte, zodat een kraal er gemakkelijk door kan.



Het flessenhalseffect: een 'populatie' van blauwe, oranje en witte knikkers gaat door een flessenhals (een catastrofe). Na de flessenhals zijn de verhoudingen veranderd. Er zijn naar verhouding meer blauwe knikkers en er zijn geen oranje knikkers meer. Bron: Campbell, *Biology*, fifth edition.

In feite heb je dan een soort ring. Druk deze ring in het flesje, zodat die goed klem komt te zitten. Vul vervolgens het flesje met de gewenste verhouding kralen. Draai dan het buisje met de schroefdraad in de schroefdop. Klaar !

#### Methode :

- 1 Schud het flesje met de verhouding 50 : 50. Draai het flesje om. Laat vervolgens maximaal tien kralen in het buisje vallen.
- 2 Noteer de verhouding tussen de eerste tien kralen (mochten er meer invallen).
- 3 Draai het flesje weer om. Kies vervolgens het flesje met de juist gevonden verhouding.



De losse onderdelen en de complete rammelaar (50%, 50%).



De rammelaar met de verhouding 50% zwart en 50% wit.



De rammelaar met 50% zwart en 50% wit na eenmaal schudden.

- Herhaal het schudden, het laten vallen van de kralen en het noteren van de nieuwe verhouding een aantal keren. Het proces komt tot een einde, als alle tien kralen dezelfde kleur hebben. Dan is de genetische variatie tot nul gedaald. Zoals bekend is dat voor een populatie of soort nogal ernstig, omdat

## De stochastische rammelaar is een model

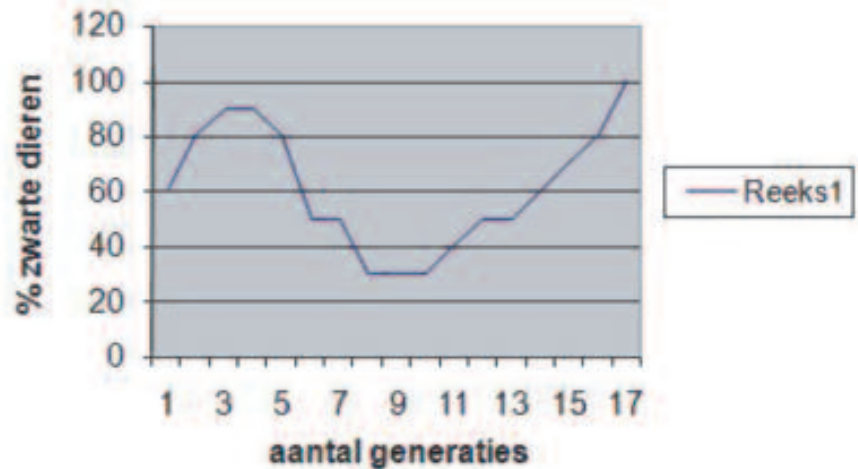
dan geen aanpassing via geslachtelijke voortplanting meer mogelijk is. Genetische variatie is bittere noodzaak. Valt die weg, dan loopt een soort de kans om uit te sterven. Volgens literatuurgegevens zou al 99% van alle soorten die ooit bestaan hebben, uitgestorven zijn.

- Zet de resultaten grafisch uit en trek conclusies over het al of niet kunnen voortbestaan van de populatie (zie grafiek).

### Tips

- Lijm de omgekeerde schroefdop vast, anders loop je de kans, dat alle kralen bij het rammelen/schudden op de grond terecht komen.
- Maak het gat in de schroefdop groot genoeg, zodat de kralen er gemakkelijk doorheen kunnen vallen.

## Genetic drift



- Losse kralen proberen te vinden is minder gemakkelijk dan bij bijvoorbeeld de Marskramer extra lange kettingen te kopen. Met vier kettingen à € 4,99 kom je aan ruim 1000 kralen.

Laat leerlingen bediscussieren wat er niet aan deugt in relatie tot de evolutietheorie van Darwin.

### Bron

Een suggestie voor dit practicum komt vermoedelijk uit een biologiemethode van lang geleden: *Oculair*. Daar bestaat bij de auteur enige onzekerheid over.

Verschuuren, G.M.N. (1988). *Oculair*. Leiden: Stenfert Kroese.

### Tot slot

Het maken van de flesjes kost even tijd, maar je hebt er dan wel voor jaren plezier van.

Laat leerlingen onderling hun resultaten en hun conclusies vergelijken bij een gelijk aantal geteste generaties. De stochastische rammelaar is een model.

## Kleintje wetenschap

### Langetermijngeheugen in minuscuul insect

Een sluipwesp is in staat om een specifieke geur die zij niet van nature kent langere tijd te onthouden als zij die kan koppelen aan een aangename ervaring. Uit onderzoek blijkt dat een sluipwesp een geurstof die bevruchte vlinder-vrouwjes afscheiden, kan leren herkennen. Dat gebeurt als zij op zo'n vlinder meelift naar de plek waar deze haar eieren legt en waarop de sluipwesp vervolgens haar eigen eieren deponeert. Een dag later weet zij nog dezelfde weg te bewandelen. Sluipwespen die deze 'aangename' ervaring niet hebben gehad, nemen geen verschil waar tussen bevruchte en 'oninteressante' maagdelijke vrouwtjesvlinders. Alleen meeliften of

alleen parasiteren volstaat niet: ze leren het waarnemen van de antiseksgeur van de vlindervrouwjes dus te associëren

met de beloning van het parasiteren van vlindereieren. Er wordt specifiek een langetermijngeheugen ontwikkeld om

die geur te onthouden. Het aanmaken van zo'n geheugen kost veel energie. Insecten zijn na het aanmaken ervan bijvoorbeeld minder bestand tegen stress-situaties zoals uitdroging.  
Bron: *Persbericht Universiteit Wageningen*



*Sluipwesp bij het oog van een koolwitje.*

Foto: Nina Fatouris, [www.bugsinthepicture.com](http://www.bugsinthepicture.com)