

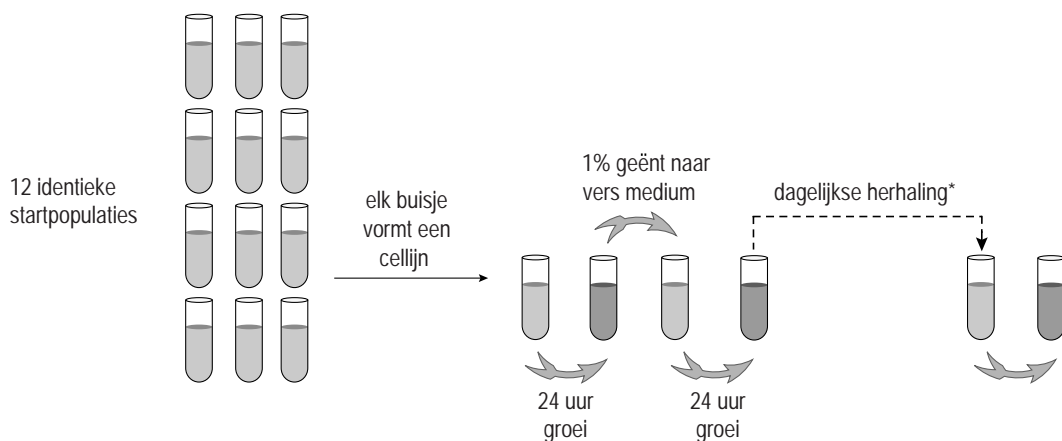
Evolutie in een flesje

In 1988 begon Dr. Lenski van de Michigan State University een langlopend experiment om meer te weten te komen over de snelheid van evolutionaire processen en de herhaalbaarheid daarvan. Dit experiment loopt nog steeds en vormt een belangrijke bijdrage aan de verdere ontwikkeling van de evolutietheorie.

Lenski begon met één bacterie *Escherichia coli*, die hij tot een kolonie liet uitgroeien. Daarna verdeelde hij de bacteriën uit deze kolonie over twaalf buisjes met voedingsmedium (zie afbeelding 1). Dat waren de startpopulaties van 12 cellijnen.

Elke dag entte hij één procent ($\pm 5 \cdot 10^8$ bacteriën) van iedere cellijn in een nieuw buisje met vers voedingsmedium. Van elke 500ste generatie werd steeds een deel ingevroren bij -80°C . Deze bevroren 'fossielen' kunnen weer geactiveerd en onderzocht worden.

afbeelding 1

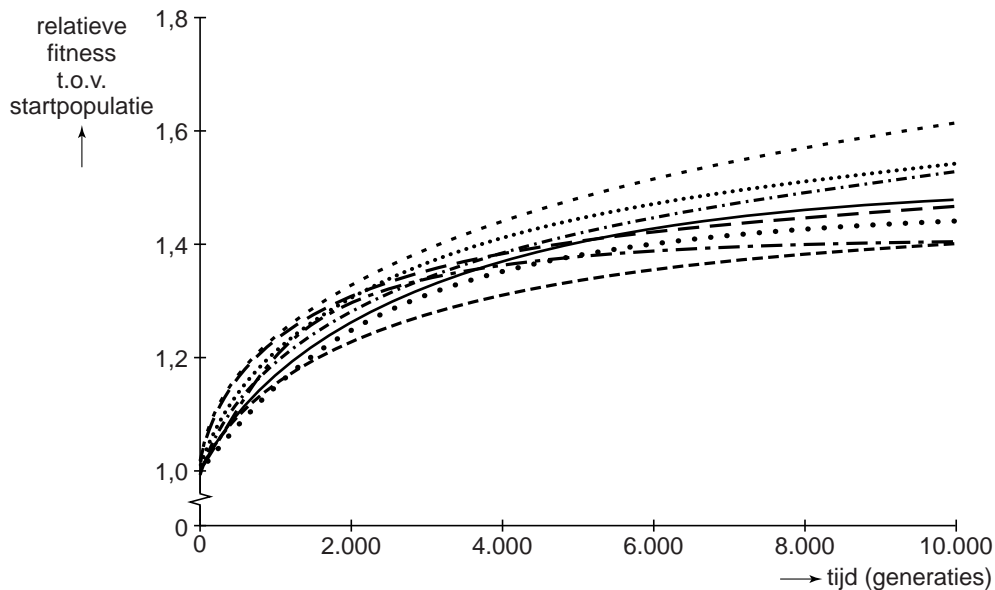


* steeds na 500 generaties wordt een deel ingevroren

In Lenski's experiment ontstaat er gemiddeld elke 3,5 uur een nieuwe generatie. In zijn laboratorium zijn al meer dan 50.000 generaties *E. coli* gekweekt.

Al snel na het begin van het experiment, gedurende de eerste 2000 generaties, bleek er sprake te zijn van overeenkomstige veranderingen van de bacteriën in de buisjes. In alle twaalf cellijnen was een aanzienlijke toename van de fitness waar te nemen: alle bacteriën werden groter en de gewenningsperiode (tijd tot de eerste deling na het overenten) van de bacteriën werd steeds korter. De toename van de fitness ten opzichte van de startpopulatie (de relatieve fitness) van een aantal cellijnen is weergegeven in afbeelding 2.

afbeelding 2



In het diagram van afbeelding 2 zijn globaal twee fasen te onderscheiden: de relatieve fitness stijgt aanvankelijk snel (de eerste 2000 generaties) en daarna steeds minder snel (tot aan de 10.000ste generatie).

- 3p **7** Leg uit in drie stappen waardoor de gewenningsperiode van de bacteriën in de verschillende cellijnen gedurende de eerste 2.000 generaties steeds korter werd.
- 2p **8** Verklaar waardoor de gewenningsperiode bij latere generaties minder sterk verandert.
- 1p **9** Geef een verklaring voor het onderlinge verschil in relatieve fitness van de verschillende cellijnen na 10.000 generaties.

In de loop van een etmaal daalt de concentratie glucose in het medium: halverwege de dag ontstaat er als het ware een hongersnood voor de bacteriën.

Het door Lenski gebruikte voedingsmedium bevat naast glucose ook een overmaat aan citroenzuur, dat in de regel onder aerobe omstandigheden niet door *E. coli* gebruikt kan worden als energiebron. Doordat de buisjes constant geschud worden, is er altijd voldoende zuurstof in het medium. In de 33.000ste generatie bleek een van de cellijnen een grote hoeveelheid van een *E. coli* variant te bevatten die wél onder aerobe omstandigheden citroenzuur kan gebruiken. Deze variant wordt Cit⁺ genoemd. De Cit⁺-variant was al in de 31.500ste generatie ontstaan.

Het team van Lenski heeft met behulp van de ingevroren bacteriën achteraf kunnen bepalen dat de Cit⁺-variant in deze cellijn in de 31.500ste generatie voor het eerst aanwezig was.

- 3p 10 Beschrijf een mogelijke werkwijze voor deze bepaling. Geef aan:
- welke generaties ingevroren bacteriën in ieder geval geactiveerd zijn;
 - welk voedingsmedium gebruikt kan zijn;
 - wat het resultaat was.

Na het ontstaan van de Cit⁺-variant in de 31.500ste generatie duurde het enige tijd voordat de uitbreiding van deze *E. coli* variant in de 33.000ste generatie zichtbaar werd door de hogere populatiedichtheid.

- 2p 11 Hoeveel maanden duurde dat ongeveer?
- A 4
 - B 7
 - C 20
 - D 26
 - E 55

In het experiment van Lenski is in één van de cellijnen een Cit⁺-variant talrijk geworden. Door de opzet van het experiment van Lenski heeft het founder effect (stichter effect) hierbij een rol gespeeld.

- 2p 12 Beschrijf hoe de snelle toename van de Cit⁺-variant in één van de cellijnen toegeschreven kan worden aan het founder effect.