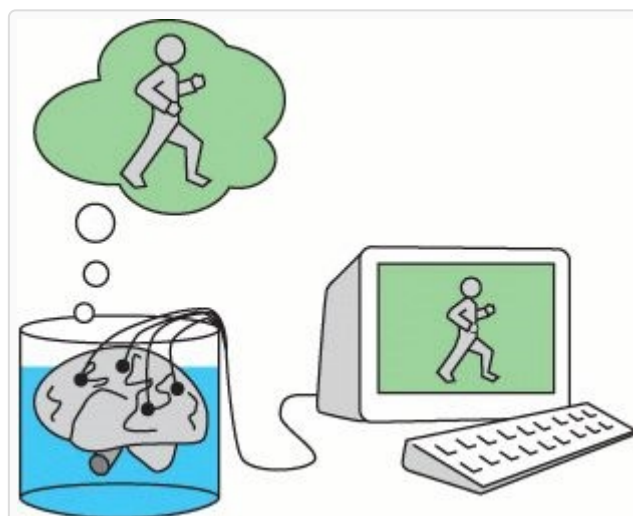


Ben je een Boltzmannbrein?

In simulatiespelletjes zoals The Sims kun je een persoon of zelfs een familie aansturen en zo een compleet verzonnen leven opbouwen. Het verschil tussen zo'n Sims-poppetje en jou ligt voor de hand: jij bent echt en het poppetje leeft in de computer. Maar weet je eigenlijk wel zeker dat jij niet ook in een simulatie zit, en de wereld om je heen gesimuleerd is? Die stelling is moeilijk te bevestigen of te ontkrachten, maar een interessant gedachte-experiment binnen de natuurkunde laat ons zien dat zo'n simulatie geen compleet onrealistisch scenario is. Met behulp van het begrip entropie kan namelijk het bestaan van een zogenaamd "Boltzmannbrein" worden beargumenteerd, dat precies hetzelfde zou kunnen waarnemen als jij en ik, ondanks dat het zich niet in onze realiteit bevindt.



Afbeelding 1. Een brein in een vat. Een brein in een vat dat zich voorstelt dat het in een gewone wereld bestaat en loopt, maar alleen omdat een computer het dat vertelt. Afbeelding: [Alexander Wivel](#).

Laten we eerst bekijken wat entropie inhoudt. Entropie is een begrip dat wordt gebruikt in de thermodynamica: de studie die zich richt op het beschrijven van het gedrag van een grote hoeveelheid deeltjes in een macroscopisch systeem. De naam "Boltzmannbrein" komt van de

beroemde denker over thermodynamische systemen die leefde aan het einde van de negentiende eeuw, Ludwig Boltzmann. Hij stelde dat entropie kon worden begrepen als een mate van wanorde binnen een systeem. Voor een uitgebreide opfrisser van het begrip kun je de [serie over entropie](#) op de site raadplegen.

Een belangrijke wet binnen de thermodynamica zegt dat de entropie van een macroscopisch systeem altijd zal toenemen. Volgens de theorie van Boltzmann betekent dit dat er na verloop van tijd steeds meer wanorde zal zijn. Bovendien vertelt de thermodynamica ons het volgende: hoe hoger de entropie van een bepaalde toestand van een systeem is, hoe waarschijnlijker het wordt dat het systeem zich in deze toestand zal bevinden.

Een merkwaardig systeem waar we de wetten van thermodynamica op kunnen toepassen is het hele heelal. Uit de thermodynamica volgt dat de entropie in het heelal steeds verder is toegenomen. Daarom nemen kosmologen aan dat het heelal zich in een lage-entropietoestand bevond op het moment dat het ontstond tijdens de oerknal. Op dat moment bestond het heelal uit één punt met een oneindig grote massa. Hierna is de ruimte zich gaan uitbreiden en is de massa langzaam gaan samenklonteren in de vorm van sterrenstelsels zoals onze Melkweg. Zo is de entropie in het heelal in de loop van de tijd gestegen.

Dit scenario roept een belangrijke vraag op: hoe kan het dat ons heelal in zo'n lage-entropietoestand (en dus: zo'n heel onwaarschijnlijke toestand) was op het moment van de oerknal? Een mogelijke verklaring is dat er al een systeem met deeltjes bestond voordat de oerknal plaatsvond. Hoewel volgens Boltzmann de toestand in een systeem over het algemeen steeds wanordelijker zal worden, zal elke mogelijke toestand, ook de heel onwaarschijnlijke, uiteindelijk voorkomen als we maar lang genoeg wachten. Dit noemen we "fluctuaties in entropie". Een grote fluctuatie wijkt verder af van de algemene trend. Hoe groter de fluctuatie, hoe minder snel de bijbehorende toestand zal voorkomen, en hoe langer we dus zullen moeten wachten voordat het gebeurt. De toestand van de oerknal kan gezien worden als een extreem grote fluctuatie in het systeem. Tijdens de oerknal bevonden alle deeltjes zich op ongeveer één plek – een erg onwaarschijnlijke ordening. Het systeem bevond zich toen dus in een toestand met extreem lage entropie.

De grote onwaarschijnlijkheid van deze situatie is wat heeft geleid tot het idee van een Boltzmannbrein. Volgens natuurkundigen en wetenschapsfilosofen is de oerknal een systeem met een zó onwaarschijnlijke ordening van deeltjes, dat het nog eerder zou gebeuren dat een groot aantal deeltjes zich in de vorm van een zelfbewust brein zal ordenen. Dit zelfbewuste brein zou in staat zijn het zich voor te stellen dat het in een wereld leeft zoals wij: het zou hetzelfde waarnemen, hetzelfde denken en dezelfde experimenten kunnen uitvoeren om erachter te komen hoe de natuur in elkaar zit. Het zou zelfs de herinneringen van een heel leven kunnen hebben op het moment dat het gecreëerd wordt. Er is dus geen mogelijkheid voor het brein om te ontdekken dat het eigenlijk niet echt bestaat, maar in soort simulatie zit!

Het gedachte-experiment met het Boltzmannbrein is bedacht om aan te tonen wat de grenzen zijn van de theorie van de thermodynamica. Door te kijken naar zulke extreme conclusies als het bestaan van deze breinen, testen natuurkundigen en wetenschapsfilosofen in welke situaties de theorie betrouwbaar is. Hoewel de wiskunde van het gedachte-experiment waterdicht is, geloven de meeste natuurkundigen toch dat er iets misgaat in de toepassing ervan. In plaats van aan te nemen dat zijzelf een Boltzmannbrein zijn of de theorie van de thermodynamica aan te passen, zijn ze eerder bereid om bepaalde aannames in twijfel trekken, zoals de waarschijnlijkheid van de toestand van een Boltzmann brein. Als we op die wetenschappers vertrouwen, hoeven we ons dus geen zorgen te maken dat jij of ik daadwerkelijk een Boltzmannbrein zijn en in een simulatie van de werkelijkheid leven.

Afbeelding blokkenschema: [Pixabay](#).