

7 WAT KUNNEN WE ZEGGEN OVER DE TOEKOMST VAN EEN CHAOTISCH SYSTEEM?

De wiskundige vergelijkingen die het gedrag van complexe systemen zoals het aardse klimaat beschrijven, zitten zo ingewikkeld in elkaar dat er een apart vakgebied omheen is ontstaan: de wiskunde van grootschalige dynamische systemen. Meer begrip van de onderliggende wiskunde kan leiden tot betere voorspellingen van 'chaotische' processen – zoals het klimaat of het ontstaan van files in het verkeer.

De studie van dynamische systemen en 'chaos' is een van de belangrijkste wetenschappelijke ontwikkelingen van de laatste vijftig jaar. Voor die tijd dachten velen dat, als we alle wetten van de natuur maar zouden kennen, elk verschijnsel te voorspellen zou zijn. Maar in de zestiger jaren leerde de chaos-theorie ons dat verschijnselen intrinsiek onvoorspelbaar kunnen zijn.



Complexe systemen die op het eerste gezicht door eenvoudige wetmatigheden worden gedreven, blijken ‘chaotisch gedrag’ te kunnen vertonen: kleine veranderingen kunnen leiden tot grote gevolgen.

Chaotisch gedrag is gevonden in bijvoorbeeld de populatiegroei van levende organismen, de fluctuaties van beurskoersen, de ritmiek van het hart, de doorstroming van het verkeer, bewegingen van planeten en, natuurlijk, in weer en klimaat van de aardse atmosfeer.

In de jaren zeventig en tachtig ontwikkelde de Nederlander Floris Takens een methode om uit een reeks waarnemingen de belangrijkste dynamische kenmerken van een chaotisch systeem te reconstrueren. Zijn werk wordt inmiddels ook buiten de wiskunde toegepast.

EL NIÑO

Het klimaat is één van de grote, dynamische systemen waar de mens mee te maken heeft. De ontwikkeling van het klimaat hangt onder meer sterk samen met atmosferische- en oceaancirculaties.

Twee voorbeelden van oceaancirculaties met grote invloed op het klimaat zijn El Niño (een periodieke opwarming van het zeewater voor de westkust van Zuid-Amerika) en de Atlantic Multidecadal Oscillation (een periodieke temperatuurschommeling van het oppervlaktewater in de Noord-Atlantische Oceaan).

Meteorologen zijn primair geïnteresseerd in de klimatologische gevolgen van deze oceaanstromingen, wiskundigen zoeken naar de onderliggende wiskundige principes van het systeem. In Nederland werken wiskundigen samen met meteorologen van het KNMI.

Klimaatmodellen zijn inherent chaotisch, en dat bemoeilijkt voorspellingen op de lange termijn. Zoals het weer maximaal tien dagen vooruit kan worden voorspeld, zo zouden er ook fundamentele grenzen kunnen zijn aan de voorspelbaarheid van het klimaat. Zulke grenzen zijn het terrein voor wiskundigen. Welke onderdelen van een chaotisch systeem zijn voorspelbaar, en welke niet? Hoe verandert het klimaat wanneer bijvoorbeeld de uitstoot van broeikasgassen vermindert of juist verder gaat toenemen?

Bij de studie van grootschalige dynamische systemen speelt het doorrekenen van modellen door middel van computerprogramma’s een cruciale rol. Daarbij is niet alleen de numerieke wiskunde nodig, voor het oplossen van vergelijkingen, maar ook de computationele meetkunde, als visualisatietechniek voor het verwerken en interpreteren van de gegevens.

Ondanks vijftig jaar chaos-theorie begeeft de wiskunde van grootschalige dynamische systemen zich nog regelmatig op onontgonnen terreinen. Telkens blijkt dat wiskunde niet alleen nieuwe toepassingsgebieden kan inspireren, maar dat, omgekeerd, die toepassingen ook de wiskunde kunnen beïnvloeden.