

Kunnen we variaties in het klimaatsysteem begrijpen en voorzien?

Gerbrand Komen

Samenvatting van een lezing gehouden op 20 juni 2011 op de KNAW-themabijeenkomst
[Wetenschappelijke modellen, wat kun je ermee?](#)

IPCC: There is *considerable confidence* that Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs) provide credible quantitative estimates of future climate change.¹

Freeman Dyson: I am saying that all predictions concerning climate are *highly uncertain*.²

Waar gaat het over?

Het begrip klimaat is lastig te definiëren. Dit geldt ook, maar in iets mindere mate, voor het begrip klimaatsysteem. Hiermee bedoelt men meestal het gekoppelde atmosfeer/oceaan/landsysteem, inclusief fysische, chemische en biologische processen. Dit systeem is open, complex en niet-lineair. Karakteristiek zijn de vele wisselwerkingen en terugkoppelingen. Dit leidt tot turbulentie van veel geofysische stromingen, chaotisch gedrag van de atmosfeer, en interne variabiliteit – naast variaties ten gevolge van externe veranderingen –, op alle ruimte- en tijdschalen.

Wat zijn klimaatmodellen?

Klimaatmodellen (Atmosphere/Ocean General Circulation Models, AOGCMs) zijn dynamische modellen van het klimaatsysteem. Zij gaan uit van de natuurwetten (behoud van massa, impuls en energie en de thermodynamica), integreren de bijbehorende differentiaalvergelijkingen, en gebruiken daarnaast empirische verbanden voor de bepaling van grootheden als, bijvoorbeeld, de ruwheid van de zee. Klimaatmodellen zijn mondiale modellen, dus er zijn geen laterale grenzen, maar wel open grensvlakken aan de boven- en onderkant. Ze onderscheiden zich onderling door de details van de ruimtelijke afbakening en door de beschouwde variabelen. Deze kunnen dan nog intern zijn (de concentratie van sporengassen bv) of extern (zonneshijn). Wereldwijd zijn er enkele tientallen modellen ontwikkeld. Deze zijn uiteraard niet perfect. Men tracht de onzekerheden zo goed mogelijk te kwantificeren met stochastische methoden. In de praktijk leggen de complexiteit van de modellen en de hoge rekenkosten beperkingen op.

Begrijpen?

Het is maar de vraag in hoeverre een complex systeem als het klimaatsysteem te *begrijpen* is. Om dit te onderzoeken zijn modellen – naast goede waarnemingen – essentieel. Begrijpen is allereerst nagaan in hoeverre het model de waarnemingen kan simuleren. Dit is daarmee tegelijkertijd een vorm van *modelvalidatie*. Valideren kan op vele manieren: o.a. door te kijken naar de klimatologie

¹ Zie pagina 600 in Solomon, S. et al. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press.

² [Letters to a heretic: An email conversation with climate change sceptic Professor Freeman Dyson.](#)

en de variabiliteit (in ruimte en tijd) voor verschillende variabelen, door de bestudering van deelprocessen, en door de simulatie van periodes in het verleden. Modelvalidatie en modelvergelijking worden internationaal afgestemd.

Modellen blijken succesvol in de simulatie van grootschalige karakteristieken van oppervlakte-temperatuur, neerslag, wind, straling, etc (gemiddelde en seizoensvariabiliteit). Minder goed zijn de simulatie van sommige grootschalige variabiliteitspatronen, het gedrag op kleine schalen, de representatie van specifieke processen zoals de vorming van bewolking en de invloed van wolken op de rest van het systeem, convectie in de atmosfeer en de oceaan.

Je kunt modellen ook gebruiken als '*laboratorium*' voor onderzoek naar mechanismen (teleconnecties, bifurcaties, kantelpunten, causale ketens) die ten grondslag liggen aan waargenomen of veronderstelde wetmatigheden. Dit leidt tot dieper begrip.

Voorspellen?

Wanneer men een model initialiseert, verwachte externe invloeden specificereert en dan vooruit rekent in de tijd construeert men een mogelijke toekomstige ontwikkeling. Het is maar de vraag of de werkelijkheid zich ook zo zal gedragen, en, meer algemeen, in hoeverre het klimaat voorspelbaar is. Het weer is redelijk goed voorspelbaar tot ongeveer een week vooruit. Op seizoenstijdschalen is er ook enige voorspelbaarheid voor bepaalde gebieden, bv daar waar de invloed van de oceaan groot is. Op langere tijdschalen lijken natuurlijke schommelingen nauwelijks voorspelbaar. Het effect van externe storingen lijkt wel weer enigszins voorspelbaar. De foutenmarge kan – in principe, maar vergeet de kosten niet – worden aangegeven voor de *known unknowns*. Op grond hiervan vermoed men dat grote schalen en temperatuur beter te voorspellen zijn dan bv neerslag op kleine schalen, en dat de toename van de gemiddelde temperatuur bij CO₂ verdubbeling 'waarschijnlijk' tussen de 2 en 4.5 °C ligt. Over de *unknown unknowns* kan men niet veel zeggen. Er is dus nooit volledige zekerheid.

Klimaatbeleid

Modeluitkomsten worden ook gebruikt voor de ontwikkeling van beleid. Er zijn methodes beschikbaar waarmee men zich systematisch een oordeel kan vormen over de kwaliteit van modellen. Maar uiteindelijk wordt de (subjectieve) waarde die iemand aan modeluitkomsten toeschrijft niet alleen bepaald door de kwaliteit van de modellen, maar ook door andere factoren zoals zijn/haar houding ten opzicht van risico's.