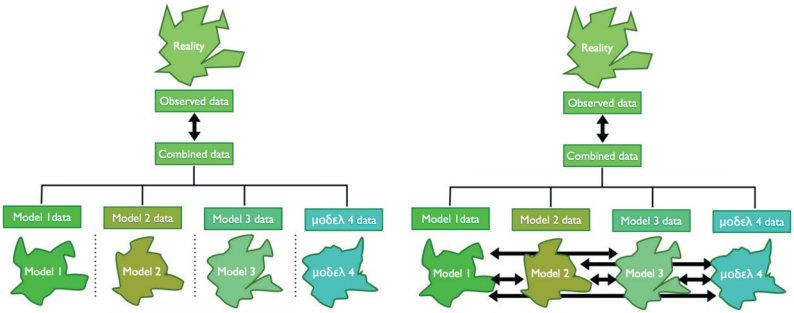
Weermodellen bundelen krachten

Het ene weermodel bijsturen met de berekeningen van een ander model, dat is het principe van supermodelling. Het KNMI experimenteert hiermee, maar stuitte op rare fenomenen. Zo stabiliseerde het weer soms volledig. "Altijd zon in Europa", aldus wiskundige Vivi Rottschäfer (UL). "Helemaal zo gek nog niet, toch?"

"Alle weerdiensten in Europa hebben een eigen weermodel. De Duitsers vinden hun model natuurlijk het beste, net als de Engelsen. Maar in feite hebben ze allemaal hun sterke en zwakke punten. De mensen die de weersverwachting maken, weten dat ook. 'Oh, bij dat weer moet je niet naar dat model kijken.'" Wiskundige Vivi Rottschäfer vertelt enthousiast over haar kijkje in de weerkundige keuken. Een week lang boog zij zich, met negen andere wiskundigen, over een probleem dat KNMI-er Frank Selten had ingebracht. Selten is senior onderzoeker bij de klimaatafdeling van het KNMI, met een voorliefde voor modellering.
Het KNMI werkt aan een supermodel, prachtig afgekort tot SUMO. Een supermodel combineert de krachten van verschillende weer- of klimaatmodellen. Het is bovendien de bedoeling dat het supermodel leert welk model in welke weersituatie het beste presteert. Het best presterende model wordt dan bij dat weertype leidend; de andere modellen zullen met zijn berekeningen worden bijgestuurd. Zo profiteert het supermodel van de sterke punten van de afzonderlijke modellen; de verwachtingen van het supermodel moeten dan ook beter zijn dan die van de losse modellen.



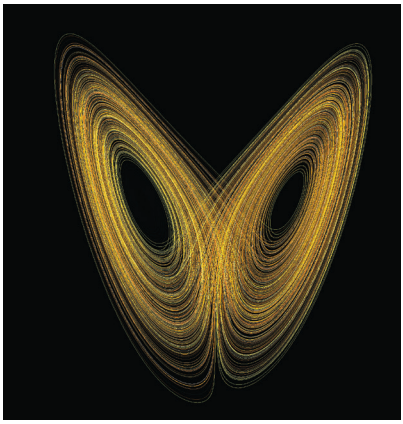
De verwachtingen van verschillende modellen worden nu aan het eind gecombineerd (links). Bij een supermodel sturen de modellen elkaar onderweg al bij. Beeld: KNMI.

Ook nu combineren weerdiensten de uitkomsten van weermodellen, maar dat gebeurt pas aan het eind van de berekeningen. Een supermodel stemt onderweg al af; de tussenresultaten van het ene model worden gebruikt om het andere model te voeden, en omgekeerd.

Het KNMI heeft net het Europees SUMO-project afgerond, een groot onderzoeksproject naar supermodelling. Toch besloot Selten om ook de Studiegroep Wiskunde met de Industrie te vragen, om ook eens naar de principes van supermodelling te kijken. “Ik ging de week vrij open in”, zegt Selten. “Supermodelling is een jong idee, dat een paar jaar geleden is gelanceerd door de Amerikaanse weerkundige Greg Duante. Uit het Europese onderzoek blijkt dat supermodelling inderdaad voordelen heeft. Maar er zijn nog genoeg losse eindjes, waarover ik graag de ideeën van deze wiskundigen wilde horen.”

Een van die losse eindjes is de vraag, welke grootheden je in het supermodel zou moeten koppelen. Het KNMI weet uit ervaring dat je niet alle grootheden uit de modellen hoeft te koppelen. Rottschäfer: “Een paar koppelingen blijkt genoeg om de modellen synchroon te laten lopen.” Maar welke grootheden kan je daarvoor het best kiezen? En hoe verknoop je die met elkaar? Tot nu toe hebben we de modellen lineair verbonden, maar is dat wel de beste manier? Dat waren de vragen waar de groep zich in de studieweek op richtte.

De wiskundigen werkten niet in een echt weermodel. Dat zou te complex zijn – het wereldwijde atmosfeermodel van het KNMI telt al miljoenen vrijheidsgraden. Als alternatief is het Lorenzsysteem gebruikt . “Dat is het speelmodel dat we bij het KNMI ook gebruiken”, vertelt Selten. Het Lorenzsysteem is vernoemd naar de Amerikaanse meteoroloog en wiskundige Edward Lorenz, een invloedrijke pionier in chaostheorie. Hij was de man die ontdekte dat het weer chaotisch is, wat betekent dat een kleine verandering in de begincondities grote invloed kan hebben op het eindresultaat. Lorenz illustreerde dit zelf door te zeggen dat de vleugelslag van een vlinder een orkaan kon veroorzaken. Die uitspraak is inmiddels wereldberoemd.



Het Lorenzsysteem
Beeld: Wikimol

Lorenz ontwikkelde in 1963 een eenvoudig model voor convectie in de atmosfeer. Het Lorenzmodel is een set van drie simpele differentiaalvergelijkingen. In sommige gevallen gedraagt het model zich chaotisch; door een klein verschil kan de oplossing van de ene in de andere 'modus' schieten. Rottschäfer: "We hebben de hele week gewerkt met gekoppelde Lorenzmodellen. Frank verzekerde ons dat alles wat we daarin deden, bruikbaar zou zijn voor de echte weermodellen." De wiskundigen beten zich in die week vooral vast in een wonderlijk fenomeen, dat het KNMI in het supermodel zag. "Het weer hield op", zo vat Selten het bondig samen. "Dan werd het voor altijd zonnig in Europa", lacht Rottschäfer. "Eerlijk gezegd vonden wij dat best een goed idee." Goed idee of niet, in de praktijk komt deze situatie nooit voor. Er ging dus iets goed mis wanneer de modellen werden gesynchroniseerd.

Dat dode weer ontstond wanneer de modellen niet al te sterk, maar ook niet al te los met elkaar werden verbonden. "Wanneer je de modellen maar losjes met elkaar verbindt, gaan ze alsnog hun eigen gang. Koppel je ze te sterk, dan gaan ze volledig met elkaar in de pas lopen. Logischerwijs wil je in een supermodel daar tussenin gaan zitten; je wilt dat de modellen op elkaar reageren, maar je wilt ze ook genoeg vrijheid geven om wel 'hun eigen pad' te volgen", zo vertelt Rottschäfer. Maar juist wanneer het KNMI de modellen middelsterk koppelde, kwamen de modellen van tijd tot tijd in een dood punt terecht. Selten: "Ik wilde heel graag weten hoe dat kwam – en beter nog, hoe we dat konden vermijden."

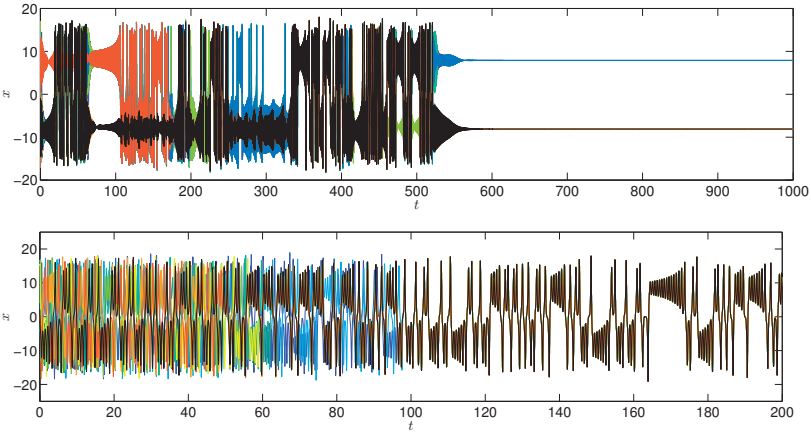
“Het was duidelijk dat dit fenomeen te maken had met de zogeheten vaste punten van het Lorenzmodel”, vertelt Rottschäfer. “Voor bepaalde waardes van de coëfficiënten heeft het Lorenzmodel drie van die punten. Wanneer het model daarin begint, blijf het daar zitten. Maar wanneer je in de buurt begint, ga je er niet naartoe; ze zijn instabiel “, zo vertelt Rottschäfer. “We zagen dat het gekoppelde Lorenzsysteem in bepaalde gevallen meer van dat soort vaste punten heeft. Een aantal daarvan is wél stabiel. Wanneer je dichtbij zo’n punt bent, gaat het model er naar toe en blijft het daar in de buurt hangen. Dat had die eeuwige zon tot gevolg.”

De wiskundigen ontdekten ook hoe het kwam, dat het supermodel soms in zo’n vast punt belandde. “Ik weet niet meer op welke dag het was, maar ik kan me het moment zelf nog precies herinneren”, vertelt Selten. Wiskundigen Bart de Leeuw en Ivan Kryven bestudeerden simulaties van een supermodel, waarin tien Lorenzmodellen waren gekoppeld. Om gevoel voor het supermodel te krijgen, keken ze in welke volgorde de modellen koppelden. Dat bleek in clusters te gaan: eerst koppelen twee modellen, dan twee anderen, en vervolgens clusteren die twee groepjes van twee. Selten: “Bart of Ivan zei toen ineens dat aantrekking tussen de modellen het grootst is wanneer ze ver van elkaar afliggen. Dankzij die lineaire koppeling trekken ze dan het hardst aan elkaar. En dat is misschien niet wat je wilt.”

Het bleek een echt aha-moment. “Ik dacht meteen ‘oh natuurlijk’”, vertelt Selten. Wanneer de modellen ver uiteen lopen, en ze worden dan gesynchroniseerd, dan worden beide modellen een heel eind van hun pad getrokken. Ze komen dan samen op een punt, waar ze afzonderlijk nooit terecht waren gekomen. En vanuit daar lopen ze dan naar zo’n vast punt, waar ze niet meer uitkomen.” Selten noemt dit inzicht de doorbraak van de week. “Hier ben ik echt blij mee.”

Lineaire koppeling bleek dus geen goed idee. “We zijn gaan nadenken over andere koppelingen”, vertelt Rottschäfer. De groep besloot een Gaussische koppeling te proberen. “De sterkte van de koppeling zwakt af naarmate de modellen verder uiteen raken. Eigenlijk zeg je ‘ga maar even je eigen gang’ op het moment dat de modellen een heel ander pad aan het volgen zijn. Je ontkoppelt ze tijdelijk. Als ze later weer in de buurt van elkaar zitten, voelen ze elkaar weer meer.” Toen de groep simulaties deed met deze manier van koppelen, verdween het dode weer.

Het gekoppelde supermodel kwam niet langer in de vaste punten terecht. “Dat was goed nieuws voor ons. Maar wel jammer van dat mooie weer in Europa”, grapt Rottschäfer.



Bij lineaire koppeling (boven) belandt het supermodel soms in een dood punt: het weer verandert dan niet meer. Door de modellen Gaussisch te koppelen, verdwijnt dat probleem.

Dat lineaire koppeling niet het beste idee is, is nu duidelijk. Maar of Gaussische koppeling ook de best mogelijke koppeling is, dat weten de wiskundigen niet. “Je kunt in een week niet alles doen”, benadrukt Rottschäfer. “Deze hebben we gekozen omdat hij zwakker koppelt naarmate de modellen meer afwijken, maar er zijn natuurlijk meer koppelingen te bedenken die dat doen.” Selten: “Je kunt ook een drempelwaarde invoeren, waarboven je de koppeling los laat.”

De beste koppeling zal een belangrijk onderwerp zijn bij het vervolgonderzoek van het KNMI. Selten zal de uitkomsten van de studiegroep gebruiken bij het schrijven van een nieuw onderzoeksvoorstel over supermodelling. “In het Europese project hebben we de principes van supermodelling onderzocht in kleine modellen als het Lorenzmodel. Nu willen we de stap zetten naar de echte modellen.”