

Vijftig jaar numerieke weersvoorspelling

KEES FLOOR (KNMI, DE BILT)

In november 1950, nu bijna 50 jaar geleden, beschreven Charney, Fjørtoft en Von Neumann in het tijdschrift *Tellus* hoe je barotrope voorspelvergelijkingen numeriek kunt oplossen. Het verschijnen van dit artikel wordt door velen gezien als het beginpunt van de numerieke weersvoorspelling. Een groot aantal meteorologen kwam daarom dit voorjaar bijeen in Potsdam om deze vijftigste verjaardag te vieren. Ze deden dat door terug te kijken naar hoe het allemaal was begonnen, na te gaan welke resultaten er in een halve eeuw zijn geboekt en ideeën uit te wisselen over wat de toekomst kan brengen.

DE BEGINTIJD

De ontwikkeling die leidde tot numerieke weersvoorspelling, kwam natuurlijk niet zomaar uit de lucht vallen. Al in 1904 wees Vilhelm Bjerkness, tevens bekend van de 'Noorse School', op de mogelijkheid te gaan rekenen aan de atmosfeer: het oplossen van zeven vergelijkingen met zeven onbekenden moest tot de mogelijkheden behoren.

Ook de pogingen van de Engelsman

algemeen bekend. Zijn grote droom was een ruimte met talrijke rekenaars, die gezamenlijk werkten aan een weersvoorspelling (zie figuur). Bij zijn eerste poging had hij nog alle berekeningen zelf uit moeten voeren, wat hij overigens voortreffelijk deed (Lynch, 1994), al was het resultaat teleurstellend.

Minder bekend is het werk van de Oostenrijker Exner. Hij maakte reeds in 1906 een numerieke verwachting met een eenvoudig atmosfeermodel. De Russische meteoroloog Kibel baseerde zijn numerieke weersvoorspelling in 1940 op het werk van Exner.

Al deze pogingen tot het numeriek voorspellen van het weer hadden nog weinig aanleiding gegeven tot optimisme. Zo zei Houghton eind 1946 in zijn 'presidential address' tot de jaarlijkse bijeenkomst van de American Meteorological Society dat "ons natuurkundig begrip van de processen in de atmosfeer nog zo beperkt is dat het vrijwel nutteloos is bij het voorspellen van het weer". Slechts vier jaar later werden de eerste numerieke weersverwachtingen met een computer geproduceerd (zie ook Schuurmans, 1996) en verscheen het artikel van Charney, Fjørtoft en Von Neumann, dat de grote doorbraak forceerde.

Newman Phillip, die al in het begin van

de jaren vijftig werkte aan numerieke weersvoorspellingen, lichtte toe hoe de omstandigheden meehielpen. Fjørtoft had ervaring met het grafisch oplossen van numerieke problemen. Jules Charney was een ervaren synopticus. De wiskundige John Von Neumann, die over de computer beschikte, wist hen over te halen voor de eerste experimenten met die computer aan meteorologische problemen te gaan werken. De huidige computers zijn overigens 300 miljoen maal sneller. De wetenschappers hadden nauw contact met Carl Gustav Rossby, de man van onder andere de naar hem genoemde Rossby-golven in de atmosfeer, die op zijn beurt verbonden was aan het tijdschrift *Tellus*. Zo kon het gebeuren dat het artikel ter redactie ontvangen was op 1 november 1950 en toch al in het novembernummer verscheen.

Het eerste model was een éénlaagsmodel en rekende op een beperkt gebied. Meer lagen of een groter rekengebied waren gezien de beschikbare rekencapaciteit onhaalbaar; bovendien waren er destijds wereldwijd nog onvoldoende waarnemingen beschikbaar. Dankzij de synopticus Charney werd gekozen voor het 500 hPa-vlak als rekenniveau.

Het duurde nog tot 1960 voor de producten van numerieke modellen bij de 'forecasters' in de Verenigde Staten terecht

kwamen. Analyses werden in die jaren nog met de hand gemaakt, de output kwam op lijnprinters en de verificatie was opnieuw handwerk.

In Europa deden computers pas later hun intree. De eerste numerieke experimenten werden uitgevoerd met grafische methoden of met rekenapparaten. Numeriek betekende destijds dus bepaald nog niet hetzelfde als 'op de computer'; tegenwoordig worden alle numerieke problemen wel via computerberekeningen opgelost. Het kenmerk van de begintijd van de numerieke weersvoorspelling was dan ook "het wachten op de computer", zoals Axel Wiin Nielsen, eveneens een van de pioniers van dit onderzoeksterrein, het uitdrukte; tot die kwam moesten de meteorologen, al dan niet geholpen door assistenten, het rekenwerk zelf doen met tafelrekenmachines. In Europa beschikten de Zweden vanaf het midden van de jaren vijftig als eersten over een computer.

Geleidelijk aan gingen ook andere Europese weerdiensten over tot de aanschaf van een computer. In de tweede helft van de jaren zestig werden op diverse plaatsen in Europa dagelijks computerweersvoorspellingen gemaakt.

ONTWIKKELINGEN

In de jaren zeventig begon zich een duidelijk onderscheid af te tekenen tussen 'limited area models' (LAM's) voor weersverwachtingen tot 1 à 2 dagen vooruit, en mondiale voorspelmodellen voor de middellange termijn. Limited area

andere uit een bijdrage van Lennart Bengtsson, oud-directeur van het ECMWF. Verdere verbeteringen kwamen van betere initialisatieprocedures en het verhelpen van een groot aantal numerieke fouten.

Daarnaast zag men steeds meer het belang in van de tropen en het zuidelijk halfrond voor weersverwachtingen op de middellange termijn. Verder kwam meer nadruk te liggen op natuurkundige processen die voor de middellange termijn relevant zijn door aansluiting te zoeken bij de praktijk van de klimaatmodellering. De resultaten waren goed; de verwachtingstermijn werd verlengd van 2 à 3 tot zeven dagen. Andere centra die middellangetermijnverwachtingen maken, toonden een zelfde beeld; zo heeft, volgens Werner Wergen van de Duitse weerdienst, hun verwachting voor dag 5 nu dezelfde kwaliteit als de verwachting voor dag 1 in het midden van de jaren zestig.

TOEKOMST

Een duidelijke trend voor de komende jaren is het verder verhogen van de reso-



Droom van Richardson: 64000 menselijke rekenaars werken in een koepelvormig continuüm met een centrale coördinatie aan numerieke weersvoorspellingen (Tekening van Alf Lannerbäck, 1984).

pak. Het ECMWF bevindt zich in een bevoorrechte positie doordat het zich uitsluitend bezig houdt met de middellange termijn. Het hoeft daardoor slechts één model te onderhouden dat qua opbouw kan aanleunen tegen klimaatmodellen. Britten en de Duitsers werken met meerdere modellen, omdat ze ook de korte termijn willen bestrijken. Idealiter willen ze zo snel mogelijk hogeresolutieverwachtingen maken over een zo groot mogelijk gebied. Een hoge resolutie en een grote omvang van het voorspelgebied zijn echter strijdig met de eis van snelle beschikbaarheid. Daarom werken ze er, net als Frankrijk overigens, met twee systemen. Tot voor kort waren dat er zelfs drie, maar het onderhoud daarvan vereist te veel

twee atmosfeermodellen. Het mondiale model Arpège kent een variabele roosterpuntafstand: boven Frankrijk liggen de roosterpunten dicht bij elkaar; naarmate de afstand tot Frankrijk toeneemt wordt ook de roosterpuntafstand groter. Het Franse limited area model Alladin werkt met een vaste roosterpuntafstand van 9,5 km. Ook de Fransen zullen zich niet aan de trend kunnen onttrekken om de resolutie verder op te voeren.

ENSEMBLES EN SUPERENSEMBLES

“Als je datgene waar je mee bezig bent, kunt meten en in getallen kunt uitdrukken, dan weet je iets over dat onderwerp; zoniet, dan is je kennis mager en onbevredigend”, heeft Lord Kelvin eens gezegd. In die zin zijn de meteorologen met hun atmosfeermodellen op de goede weg. Toch schortte er tot voor kort iets aan, zoals Tim Palmer van het ECMWF kwam uitleggen. Een eindresultaat zonder foutendiscussie is onvoldoende om de vergelijking met de werkwijzen elders in de exacte wetenschappen te kunnen doorstaan. Het EPS (Ensemble Prediction System) maakt zo'n foutendiscussie mogelijk en helpt de rekenresultaten van atmosfeermodellen te voorzien van een foutenmarge. Met een TL159L31 (een roosterpuntafstand van ongeveer 80km) worden 50 runs gedraaid nadat kleine verstoringen zijn aangebracht in de analyse, om zo een beeld te krijgen van de onzekerheden in de actuele situatie. Daarnaast is EPS een kwantitatief hulpmiddel bij het omgaan met risico's. De

verdere ontwikkeling van numerieke modellen in Europa, maar ook te veel samenwerking. Geleyn deed nog wel meer opvallende uitspraken. Zo pleitte hij ervoor de kaartjes met modelprognoses van het internet te halen; ze suggereren een eenvoud die ver afstaat van het ingewikkelde proces waarop ze gebaseerd zijn. Dat wekt verkeerde suggesties en brengt op termijn wellicht de financiering van de modellen in gevaar.

EUFORIE EN BESCHIEDENHEID

Ondanks alle euforie over wat er in vijftig jaar is bereikt, was er toch enige gepaste bescheidenheid te bespeuren, zeker in gevallen waarbij men aan de modelresultaten van de recente kerststormen werd herinnerd (zie Tijm (2000) en Maas en Van den Berg (2000) in het vorige nummer van *Meteorologica*). Natuurlijk haastte men zich om uit te leggen dat de modellen dergelijke stormen wel kunnen zien, ook al hadden de operationele versies die toen in gebruik waren er moeite mee. De Fransen draaiden de situatie nog eens over met de daar binnenkort in gebruik te nemen 4DVAR-methode voor data-assimilatie (zie voor verdere uitleg: Groen 1999); nu bleken de depressies zich wél te ontwikkelen. De Duitsers versmalden het venster van gebruikte waarnemingen. Alleen waarnemingen die 1,5 uur of minder van het analysetijdstip aflagen werden meegenomen; in de operationele versie

worden alle waarnemingen tot 3 uur van het analysetijdstip gebruikt. Door deze wijziging wisten ook de Duitsers de stormen in hun model te krijgen. Het ECMWF vermeldde dat de EPS-producten een kans van 20% gaven op windsnelheden van meer dan 20 m/s boven Frankrijk en Zuid-Duitsland bij het overtrekken van de depressies. Zo kon iedereen toch nog vol vertrouwen in de toekomst van de numerieke weersvoorspelling huiswaarts keren.

Ik dank Wim van den Berg, die eveneens aan het symposium (Vijftig jaar numerieke weersvoorspelling in Potsdam) deelnam, voor het kritisch doorlezen van het manuscript.

Literatuur:

- Charney, J.G., R. Fjørtoft en J. Von Neumann, Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation, *Tellus* 2 (4), 1950, 1548-1550
- Groen, G., Atmosfeermodellen, KNMI Meteorologische Opleidingen, 1999; tevens op de internetsite van de NVBM: http://www.nvbm.nl/Opleiding/H_0_atmos-mod99.htm
- Krishnamurti, T., et al., Improved Weather and Seasonal Climate Forecasts from Multimodel Superensemble, *Science* 285, 3 sept. 1999
- Lynch, P., Richardson's marvellous forecast, in: Shapiro, M.A., en Gronas, S., *The life cycles of extratropical cyclones*, 1994.
- Maas, A., en W. van den Berg, Analyse van de kerststormen, *Meteorologica* 9 (1) 2000
- Schuermans, C., De opkomst van numerieke modellen, *Meteorologica* 5 (3), 1996
- Spekat, A. (ed), 50 years Numerical Weather Prediction, EMS, 2000
- Tijm, S., HiRLAM en de kerststormen, *Meteorologica*, 9 (1) 2000