

Wetenschapper was zijn tijd ver vooruit

Pionier L. F. Richardson

Dit jaar is het 70 jaar geleden dat het beroemde boek van Lewis Fry Richardson "Weather prediction by numerical process" verscheen, de eerste poging om door middel van berekening een weersvoorspelling te maken.



Richardson (1881-1953) was een interessante figuur die om meerdere redenen bekendheid heeft gekregen. Er is veel over hem geschreven; zo is er o.a. een uitgebreide biografie gepubliceerd door Ashford (1985). In dit artikel wil ik enkele activiteiten van Richardson de revue laten passeren waarin hij vaak zijn tijd ver vooruit was. In het algemeen kan hij gekarakteriseerd worden als een man met een grote nieuwsgierigheid naar dingen en mensen. Hij probeerde die nieuwsgierigheid te bevredigen door (vaak zeer originele) experimenten te doen, statistisch materiaal te verzamelen en wiskundige formuleringen op te stellen.

Stuwdam

Richardson's werk aan weersvoorspellingen was niet het eerste project waarin hij praktische rekenmethodes toepaste. In 1910 publiceerde hij al een artikel waarin hij de spanningsverdeling in een gemetselde stuwdam probeerde te bepalen. Door de dam in rechthoekige elementjes te verdelen en de onderlinge krachten te bekijken kwam hij op een stelsel van 60 vergelijkingen met 60 onbekenden. Die loste hij op door een

iteratiemethode toe te passen, d.w.z. hij koos een schatting van de oplossing en probeerde die dan stap voor stap en element voor element te verbeteren (uiteraard alles met de hand, alleen geholpen door een rekenlineaal).

De methode was verwant aan de methode van Jacobi, die al in 1845 was ontwikkeld, maar die in Richardson's tijd blijkbaar vergeten was; hij bracht er trouwens een belangrijke verbetering in aan waarvan de theoretische basis pas in de 50er jaren werd gevonden.

Verder vond hij nog een methode, de Richardson extrapolatie, die het mogelijk maakt om uit twee tamelijk grove berekeningen een nauwkeuriger combinatie te bepalen, een methode die tegenwoordig nog steeds wordt toegepast.

Numerieke weersvoorspelling

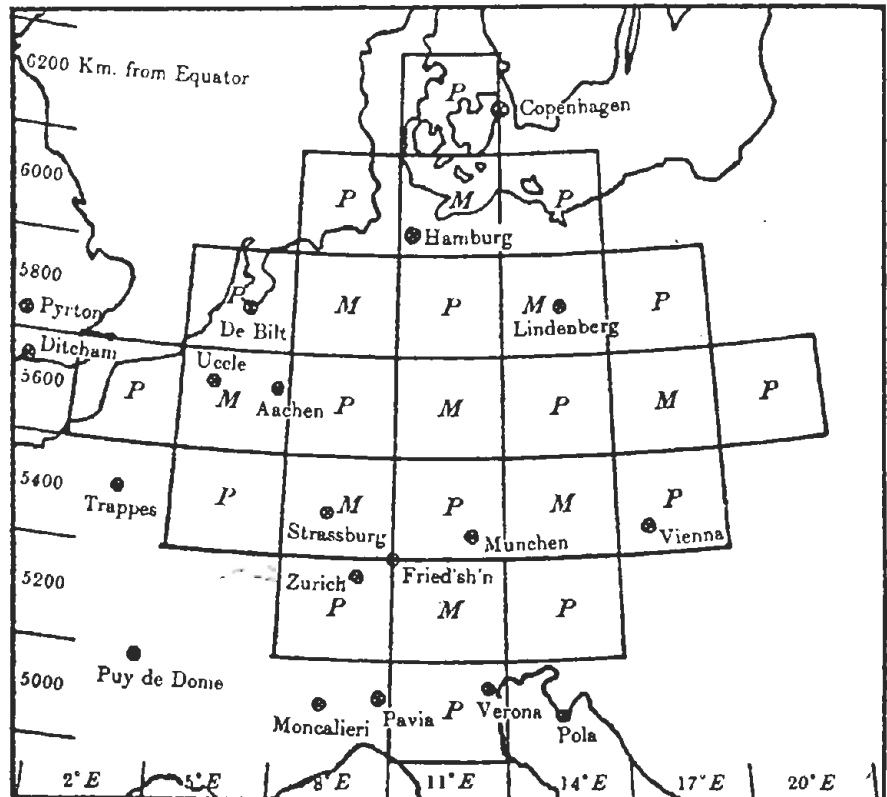
Al in 1916 paste Richardson soortgelijke rekenmethodes toe op de weersvoorspelling, en dat wel in zeer moeilijke omstandigheden.

Hij diende in die tijd als vrijwilliger (hij

was Quaker en principieel pacifist) bij een ambulance-eenheid achter de linies in Frankrijk.

Het verhaal gaat dat de papieren met zijn berekeningen, achter het front in vrije uren uitgevoerd, zoek raakten bij het versturen met de postdienst en pas na de oorlog van onder een stapel rommel weer tevoorschijn kwamen. Het boek met de beschrijving van methode en resultaten verscheen pas in 1922. Hij paste een model toe dat uit 5 lagen bestond, West-Europa overdekte met vakken van ca. 200 km en gebruik maakte van "primitieve variabelen" (d.w.z. windsnelheid, druk, temperatuur en vocht).

Een voorspelling werd gemaakt voor de druk in de buurt van München en de windsnelheid in het vak juist ten Noorden daarvan. Het resultaat was rampzalig: de berekende drukstijging zou, als hij 6 uur lang door zou gaan, leiden tot een drukverhoging van 145 mb. Je hoeft geen meteoroloog te zijn om te zien dat dat niet kan. Het getuigde toch wel van moed dat Richardson het desondanks publiceerde; blijkbaar was hij ervan overtuigd dat de >>



Vakkenverdeling

methode in principe goed was. Daar is men het tegenwoordig trouwens ook wel over eens.

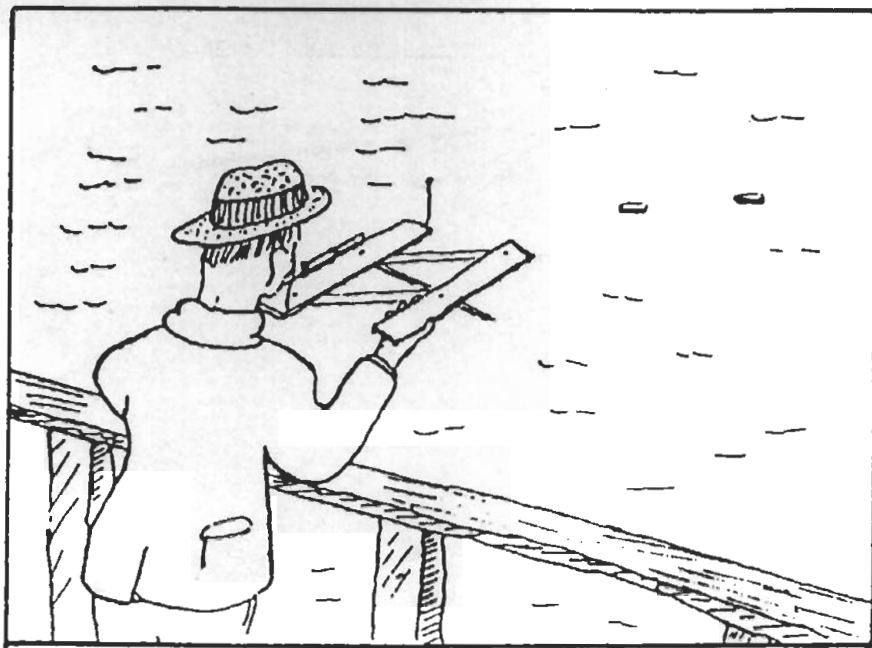
Begintoestand

Wat ging er nu zo mis met Richardson's berekening?

Men heeft wel beweerd dat de numerieke methode instabiel was. Hoewel dat inderdaad zo is, kan het de verklaring niet zijn omdat er maar één tijdstap werd gedaan; pas als het proces over langere tijd was voortgezet zou de instabiliteit actief geworden zijn. De wiskundige vergelijkingen waren in principe ook goed; bovendien zat er nauwelijks iets van een krachtenverdeling in de berekende drukstijging: die volgde alleen al uit convergentie in het stromingsveld waar hij mee begon. Dat is dan ook juist het zwakke punt: het beginveld, dat natuurlijk maar op een zeer bescheiden aantal waarnemingen was gebaseerd, zeker in de hogere luchtlagen, was niet nauwkeurig genoeg. Je kunt laten zien dat een niet al te grote fout in dat beginveld een zodanige convergentie kan veroorzaken dat de luchtdruk inderdaad zo snel aan de haal kan gaan als Richardson vond. Eén van de belangrijkste punten bij de hedendaagse weersvoorspelling is dan ook het balanceren of filteren van de waargenomen begintoestand. Was Richardson teleurgesteld door zijn negatieve resultaat? Dat moet haast wel, hoewel er weinig of niets over te vinden is in zijn eigen geschriften of in zijn biografie. Een aanwijzing is wel dat hij geen nieuwe poging meer heeft ondernomen hoewel hij nog jarenlang in de meteorologie is bezig geweest.

Boek

Ondanks de mislukking van de berekening kon Richardson zich niet inhouden om een soort profetisch beeld te geven van de weersvoorspelling in de toekomst. Hij zag een enorm bolvormig theater voor zich waarin op galerijen 64000 rekenaars zaten te werken aan het stukje van de atmosfeer dat met hun plaats op de bol overeen kwam. Hun resultaten wisselden ze via briefjes met hun burens uit. Op een soort kathedraal in het centrum zat een dirigent die met lampjes aangaf waar men te snel of te langzaam ging. Buiten de "fabriek" lagen woonhuizen en speelvelden want (dit tekent Richardson's sociale belangstelling) "... zij die het weer berekenen moeten het ook vrij kunnen inademen".



Richardson experimenteert met drijvende stukjes pastinaakwortel (getekend door Henry Stommel)

Hij zag ook wel in dat het werk misschien niet al te interessant was, want "... laten we hopen dat zij zo nu en dan worden overgeplaatst naar andere bezigheden".

Het barotrope model

Het boek lokte uiteraard nogal wat discussie uit maar had geen direct effect. Pas in 1950 werd door Charney, Fjørtoft en Von Neumann een serieuze poging ondernomen om een numerieke weersvoorspelling te maken op de toen net nieuwe elektronische computers. De ENIAC, die ze daarvoor gebruikten, kon trouwens niet veel meer dan een moderne programmeerbare pocket calculator maar nam wel een hele zaal in beslag. Er was bijv. bijna geen geheugen: alles wat tijdelijk opgeslagen moest worden werd op ponskaarten geponst en later weer ingelezen. Met 5 man werd er 6 weken gewerkt en er werden 100.000 ponskaarten geproduceerd om een 24 uren "voorspelling" te maken met een één-laag (barotroop) model met vakken van 700 km. Dat duurde dus ongeveer net zo lang als Richardson in zijn eentje over zijn voorspelling deed. De methode van Charney was gebaseerd op de vorticiteitsvergelijking en werd niet geplaagd door de gevoeligheid voor fouten in de begintoestand waar Richardson zoveel last van had. De voorspellingen van Charney werden naar Richardson gestuurd die toen nog leefde. Hij liet ze aan zijn vrouw zien,

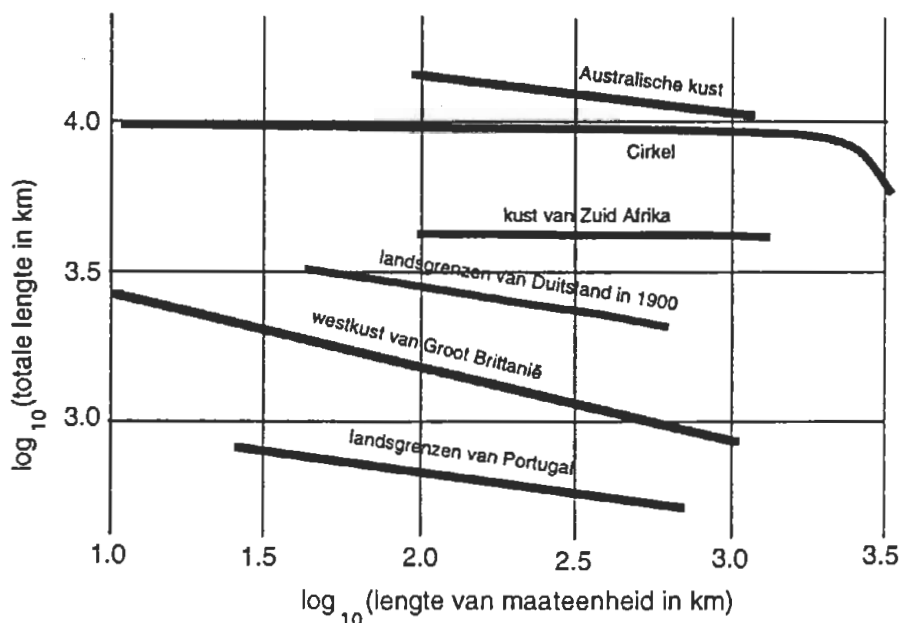
die van mening was dat er een iets betere overeenkomst was tussen de voorspelling en de werkelijk opgetreden weerssituatie dan tussen de voorspelling en de begintoestand van de vorige dag.... Dat is toch al heel wat! Wat Richardson er zelf van vond vermeldt het verhaal niet. De grote vlucht van de numerieke weersvoorspelling heeft hij niet meer meegemaakt; hij overleed in 1953.

Akoestische radar

Een aardig voorbeeld van Richardson's experimentele instelling was zijn poging om een akoestische radar te ontwikkelen naar aanleiding van de ramp met de Titanic in 1912. Het verhaal gaat dat hij met zijn zoon de stad in trok, een gebouw zocht dat de afmeting van een ijsberg had en met een fluitje en een paraplu (als parabolische antenne) probeerde of hij het kon waarnemen. De methode heeft het niet overleefd, maar hetzelfde principe heeft in de vorm van elektronische radar natuurlijk wel een enorme verbreiding gevonden. In het algemeen kun je wel zeggen dat Richardson's experimenten, hoe interessant ook, niet van blijvende waarde zijn geweest, in tegenstelling tot zijn theoretische en rekenkundig werk.

Turbulentie

Een ander gebied waarin Richardson naam heeft gemaakt is turbulentie. >>



De lengte van grenzen afhankelijk van de meet-eenheid. Ter vergelijking is een cirkel meegenomen

Hij beschreef het verschijnsel van grote wervels die steeds kleinere opwekken. dat iedereen kent die wel eens naar stromend water heeft gekeken, in zijn beroemde gedichtje

*Big whirls have little whirls that feed on their velocity,
and little whirls have lesser whirls
and so on to viscosity - in the molecular sense*

Het is een variant van een vers van Jonathan Swift (1733):

*... a Flea
Hath smaller Fleas that on him prey
And these have smaller Fleas to bite
'em
And so proceed ad infinitum.*

Richardson realiseerde zich blijkbaar heel goed dat het proces niet eindeloos doorgaat (zoals bij Swift) maar dat de kleinste wervels tenslotte gedempt worden door viscositeit (omzetting in warmte).

Belangrijker is zijn werk aan verspreiding van deeltjes in een turbulente stroming. Bekend is het verhaal van de (onlangs overleden) oceanograaf Stommel die in 1948 bij de toen al gepensioneerde Richardson op bezoek ging en werd meegenomen om een experiment te doen in de nabijgelegen "Loch".

Als drijvers gebruikte Richardson stukjes pastaakwortel die hij in zijn eigen

groentetuin kweekte. Uit zijn metingen kwam Richardson tot de conclusie dat de uitbreiding van een "wolk" deeltjes steeds sneller gaat naarmate de wolk groter is.

Dit komt doordat steeds grotere wervels in de turbulente stroming mee gaan doen aan de verspreiding, maar een afdoende theoretische beschrijving van dit effect is er eigenlijk nog steeds niet.

Het getal van Richardson

Verder is in de turbulentietheorie bekend het "getal van Richardson". Dit is de verhouding van twee grootte: om te beginnen het tempo waarin turbulentie wordt "aangemaakt" doordat de luchtpakketjes worden vervormd, bijv. door afremming aan de grond. Dit leidt tot een rotatie van de pakketjes die aanleiding geeft tot turbulente wervels. De andere grootte is de arbeid die verricht wordt doordat luchtpakketjes via turbulente stromingsfluctuaties worden verplaatst naar een hoogte waarvoor ze eigenlijk te zwaar zijn (te lage temperatuur, te hoge vochtigheid) of te licht. Als de tweede grootte groter is dan de eerste, is er te weinig aanbod van energie om de turbulentie gaande te houden; die kan dan niet in evenwicht blijven en zal uitsterven (dit gebeurt dan ook bij een sterk stabiele gelaagdheid in de atmosfeer).

Al in 1910, toen Richardson nog in Cambridge studeerde, nam hij zich voor, het eerste deel van zijn leven te wijden aan de natuurkunde en het tweede deel aan levende wezens. Een extra aanleiding kwam toen zijn instituut in 1926 bij het ministerie van defensie werd ondergebracht; als pacifist vond hij dat hij daar niet kon blijven. Hij ging zich in de psychologie verdiepen en wel met name in de manier hoe conflicten en oorlogen ontstaan, natuurlijk met het doel om ze uiteindelijk te kunnen voorkomen.

Op de hem kenmerkende wijze begon hij statistisch materiaal over allerlei gewapende conflicten te verzamelen om daarin wetmatigheden te zoeken. Dat leidde tot een statistisch naslagwerk dat nog steeds zijn nut heeft. Hij kon het niet laten om ook hier met wiskundige methodes aan de gang te gaan. Zo formuleerde hij de oorlogsspanning in twee landen (hij noemde die "Jedesland" en "Andersland") in de vorm van differentiaalvergelijkingen, waaruit hij conclusies kon trekken of er een evenwicht mogelijk was en of dat stabiel was (dat wil zeggen bestand tegen kleine verstoringen). Hij trachtte hiermee de wapenwedloop in bepaalde historische situaties te verklaren en ging daarbij zover dat hij zelfs kwantitatieve conclusies trok, in de zin van: als land X toen zoveel minder had uitgegeven aan bewapening was er geen oorlog ontstaan. Hoewel het moeilijk aan te geven is of zulke "modellen" echt iets verklaren is er nog steeds belangstelling voor in het huidige onderzoek van oorlog en vrede.

Fractals

Tenslotte nog een typerend stukje werk van Richardson waarmee hij, min of meer bij toeval, een heel nieuw gebied van wetenschap aanboorde.

Op een zeker moment wilde hij weten of de lengte van de grens tussen twee landen iets te maken heeft met de kans op oorlog. Hij verzamelde allerlei gegevens over de lengte van grenzen uit atlanten en encyclopedieën en kwam tot de merkwaardige ontdekking dat de lengte van een grens helemaal geen vast getal is: het hangt er maar vanaf hoe groot je maatstok is.

Hoe kleiner de meet-eenheid, hoe langer de grens. Mandelbrot beschreef later (in zijn boek van 1977) uitvoerig hoe hij hierdoor geïnspireerd is tot zijn >>

werk op het gebied van fractals (tegenwoordig zeer modieus). Hij gaf ook een eenvoudige visuele verklaring van het door Richardson waargenomen effect.

Al met al was Richardson een wat solitaire maar achteraf gezien inspirerende figuur die rustig zijn weg ging zonder zich veel aan te trekken van de mening van zijn omgeving. Hij heeft wel degelijk erkenning gekregen, maar vaak in een laat stadium. Van een groot deel van zijn werk is het belang pas na zijn dood echt onderkend.

C.B. Vreugdenhil,
Instituut voor Marien en Atmosferisch
Onderzoek Utrecht (IMAU) ◇

Literatuur.

Een uitgebreide biografie van Richardson, met complete literatuurlijst, is:

Ashford, O.M. 1985 - Prophet of professor? The life and work of Lewis Fry Richardson, Adam Hilger, Bristol.

Het artikel dat de uiteindelijke doorbraak vormde voor een succesvolle

numerieke weersvoorspelling:

Charney, J.G., R. Fjørtoft & J. von Neumann 1950 - Numerical integration of the barotropic vorticity equation, *Tellus* 2, 237-254

Herinneringen aan de gang van zaken rond de numerieke experimenten van 1950 zijn (o.a.) te vinden in:

Platzman, G.W. 1979 - The ENIAC computations of 1950- Gateway to numerical weather prediction, *Bull. Am. Met. Soc.*, 60, 4, 302-312