

Nadat Braak eind december 1947 — dus op bijna 68-jarige leeftijd — het KNMI had verlaten, bleef hij zijn fiets, die hem dagelijks van Bilthoven naar De Bilt had gebracht, en die ook bij het bezoeken van de waarnemers overal in het land vele diensten had bewezen, nog lange tijd trouw. Hij bleef in Bilthoven wonen maar bracht zijn laatste levensjaren in De Bilt door waar men hem dagelijks zijn steeds korter wordende wandelingen kon zien maken, zelfs nog in december van het vorige jaar.

Zijn verdiensten werden erkend door zijn benoeming tot erelid van het Koninklijk Aardrijkskundig Genootschap. Ook was hij lid van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam.

H. ten Kate

Een laboratoriummodel van de atmosfeer

C. Floor en W. van Dijk

De algemene circulatie

Het onderdeel van de meteorologie dat met de naam 'algemene circulatie' wordt betiteld omvat de beschrijving en de verklaring van de in de atmosfeer optredende bewegingen. Onderwerpen als de gemiddelde verdeling van de winden over het aardoppervlak, de optredende afwijkingen van deze gemiddelden en de transporten van warmte, waterdamp, impulsmoment e.d. van de evenaar naar de pool behoren tot het terrein van de algemene circulatie.

Bij de bestudering ervan wordt op verschillende manieren te werk gegaan. Allereerst wordt aan de hand van door de diverse meteorologische waarnemingsstations verrichte waarnemingen een zo goed mogelijk beeld geschetst van de circulatie. Daarnaast zoekt men naar (wiskundige) verbanden tussen factoren, die bij de circulatie een rol spelen. Tenslotte tracht men ook wel de algemene circulatie, of een aantal belangrijke aspecten daarvan, na te bootsen met behulp van computers of laboratoriummodellen om op deze manier experimenten te kunnen uitvoeren, waarbij de betrokken variabelen onder controle gehouden kunnen worden. In dit artikel wordt op het laboratoriummodel nader ingegaan.

Het laboratoriummodel

Fig. 1 geeft een doorsnede van het model, dat thans bij het circulatieonderzoek gangbaar is. Het bestaat uit 2 concentrische cilinders, waartussen zich de meetvloeistof, die de atmosfeer voorstelt, bevindt. Fig. 2 geeft aan hoe men zich het verband kan denken tussen het model en de atmosfeer. De binnenste cilinderwand komt overeen met een verticale wand langs een breedte-cirkel in de buurt van de pool; de buitenste cilinderwand stelt een verticale wand voor langs een breedte-cirkel nabij de evenaar. Men brengt de binnenwand op een lagere temperatuur dan de buitenwand, zodat het element 'temperatuurverschil tussen hoge en lage breedte' in het model is verwerkt. Bovendien wordt het model draaibaar opgesteld, waardoor ook de draaiing van de aarde in het model is ingebracht.

De fig. 3 en 4 geven een beeld van de opstelling, die aanwezig is in het instituut voor meteorologie en oceanografie van de rijksuniversiteit te Utrecht. Daar de temperaturen van de cilinderwanden ingesteld worden m.b.v. warm of koud water, is een derde cilinderwand toegevoegd, zoals op fig. 3 is te zien. Van buiten naar binnen treft men eerst het warme bad aan. Hierin bevindt zich o.a. de soldeerbout, die voor de verwarming zorgdraagt. Vervolgens is er de meetvloeistof, aan de bovenkant waarvan een stervormig patroon zichtbaar is, (over stromingspatronen wordt hieronder uitvoeriger gesproken). Geheel in het midden bevindt zich het koude bad. Hierin komen de buisjes

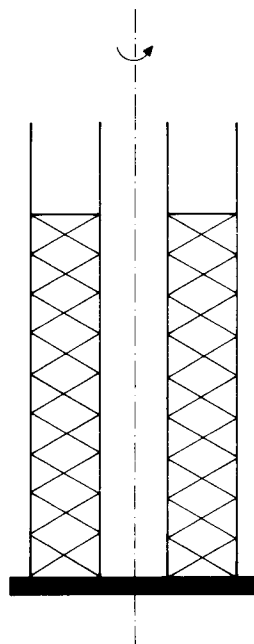


Fig. 1. Verticale doorsnede van het laboratoriummodel.

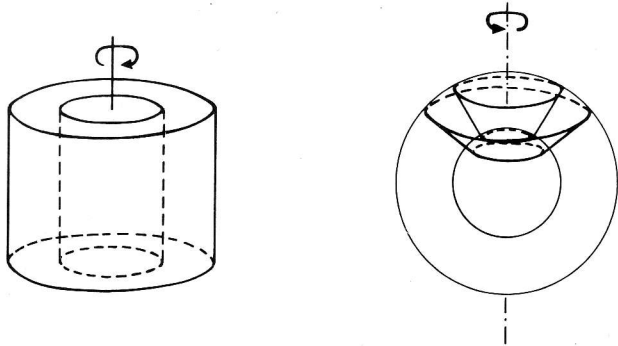


Fig. 2. Vergelijking tussen het vloeistofringmodel en de atmosfeer.

van het koelcircuit uit, dat er voor zorg draagt dat de temperatuur in het binnenbad niet te hoog oploopt. In de beide temperatuurbaden bevinden zich thermokoppels, waarmee het temperatuurverschil tussen de baden en de temperatuur van een van de baden gemeten wordt. Verder wordt steeds de omwentelingsnelheid gemeten om naast de invloed van het temperatuurverschil ook de afhankelijkheid van de draaisnelheid te kunnen bestuderen. Recht boven het model is het fotoestel zichtbaar, waarmee momentopnamen van het stromingspatroon gemaakt kunnen worden (fig. 5 en 6).

Het Hadley-gebied

De experimenten met het laboratoriummodel laten zien dat er afhankelijk van het aangelegde temperatuurverschil en de draaisnelheid, verschillende stromingspatronen aan de bovenkant van de vloeistof kunnen optreden. Bij kleine draaisnelheden, bij kleine temperatuurverschillen en bij betrekkelijk grote temperatuurverschillen ontstaat er een stromingspatroon dat symmetrisch is t.o.v. de draaiingsas, (fig. 5). Men spreekt hier van het Hadley-gebied, omdat de in het model waargenomen stromingen overeenkomsten vertonen met de stromingen op aarde, zoals deze volgens George Hadley zouden plaatsvinden. Hadley publiceerde zijn theorie reeds in 1735, toen er nog weinig exacte meetgegevens beschikbaar waren.

De passaatwinden, die optreden tussen de gematigde breedten en de evenaar, worden vergelijkbaar geacht met de Hadley-stroming in het laboratoriummodel.

Het Rossby-gebied

Wanneer niet voldaan is aan de voorwaarden, die bij het Hadley-gebied genoemd werden, geeft het vloeistofoppervlak in het model een geheel ander stromingspatroon te zien. Er treden verschillende golven op die meer (vooral fig. 6a, b) of minder (fig. 6d) regelmaat

kunnen vertonen. Men spreekt hier van het Rossby-gebied, genoemd naar de bekende meteoroloog Carl Gustaf Rossby. Rossby kwam tot een eenvoudige verklaring voor het golfpatroon dat zich vaak voordoet in de zone van westelijke winden op grotere hoogten. Fig. 7 laat dergelijke golfpatronen zien, zoals die soms op 5-daagse gemiddelde kaarten van het 500mbar vlak duidelijk herkenbaar aanwezig zijn. Wanneer men deze kaarten vergelijkt met fig. 6 dan treden de overeenkomsten duidelijk naar voren.

Behalve in de vorm geven de stromingspatronen aan het oppervlak van de meetvloeistof in het laboratoriummodel ook overeenkomsten te zien in de snelheidsverdeling. Er treedt een smal gebied op met relatief hoge snelheden: de zg. 'straalstroom'.

Met behulp van tijdopnamen (zie fig. 8) kan men de snelheidsverdeling aan het oppervlak zichtbaar maken. De opnamen zijn gemaakt door een met het model

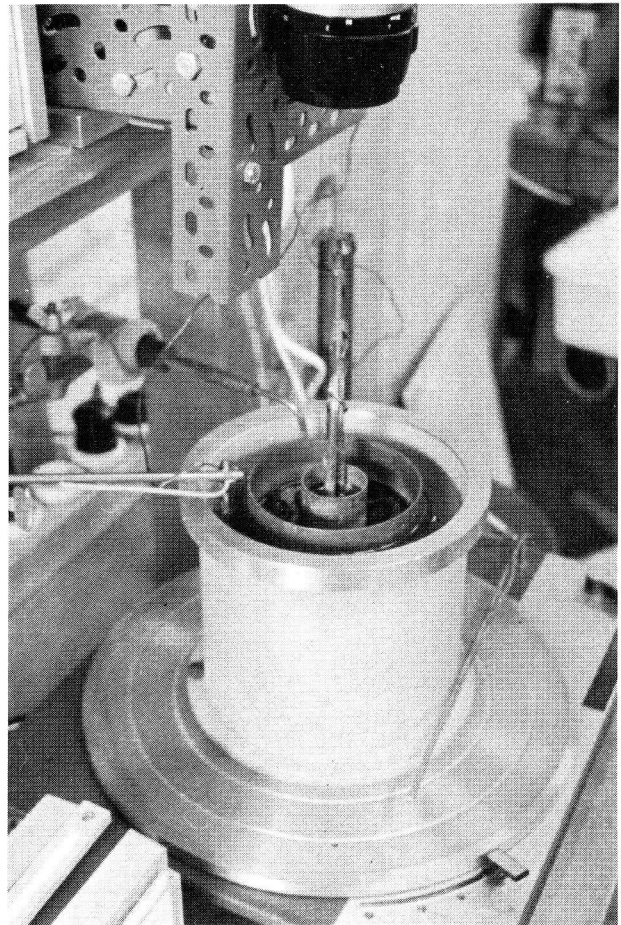


Fig. 3. De opstelling. Bij het buitenbad zijn de soldeerbout en de thermokoppelhouder zichtbaar. De buisjes van het koelcircuit monden uit in het binnenbad.