Uitzonderlijk warm

Aan het einde van 1988 werd via krant, radio en TV het bericht verspreid dat 1988 in De Bilt het warmste jaar van deze eeuw was. Temidden van discussies rond het broeikaseffect, die in datzelfde jaar sterk oplaaiden, kreeg dit bericht een bijzondere lading. Nu, twee jaar later, zien we ons gedwongen op deze zaak terug te komen. De afgelopen twee jaar waren in Nederland namelijk zodanig warm dat nu *wel* het record van de warmste 12-maandenperiode van de eeuw is gebroken. Bovendien zijn zowel het kalenderjaar 1989 als het kalenderjaar 1990 warmer geweest dan 1988.

H.M. van den Dool en C.J.E. Schuurmans

Onderzoek heeft aangetoond dat de warmte van 1988, 1,1 °C boven het langjarig gemiddelde, iets minder uitzonderlijk was dan het op het eerste gezicht leek. De resultaten van dit onderzoek werden gepubliceerd in *Zenit* (december 1989) onder de titel '1988 in De Bilt het warmste jaar van de eeuw: hoe uitzonderlijk was deze warmte?' De voornaamste conclusies waren:

1. De warmte van 1988 sluit aan bij een geringe temperatuurtoename over de periode 1900-1988. Deze toename is echter ternauwernood statistisch significant.
2. Ook in vorige eeuwen zijn de temperaturen in De Bilt soms een tijdlang in dezelfde mate toegenomen. De opwaartse trend in deze eeuw hoeft dus niet het gevolg te zijn van het versterkte broeikaseffect.
3. Het jaar 1988 was sinds 1900 het warmste *kalender*jaar. Kijken we echter naar perioden van twaalf opeenvolgende maanden dan was de periode van mei 1947 t/m april 1948 verreweg het warmst (en maar liefst 0,8 °C warmer dan januari t/m december 1988).

Kalenderjaren

Om met het laatste te beginnen, kijken we eerst naar tabel 1. Het is duidelijk dat 1988 eerst ruimschoots werd overtroffen door 1989, maar vervolgens werd 1989 weer overtroffen door 1990. Gegeven de standaarddeviatie van de gemiddelde jaartemperatuur over de periode 1900 – 1988 van 0,57 °C, is de afwijking van 1,7 °C beslist imposant te noemen.

Tabel 1: Warmste kalenderjaar te De Bilt vanaf 1900

No.	jaar	T (°C)	(T - $\bar{T}$) °C
1	1990	10,9	1,7
2	1989	10,7	1,5
3	1988	10,3	1,1
4	1934	10,2	1,0

1900-1988: $\bar{T}$ = 9,2 °C)

In de figuur op blz. 215 zijn de (kalender)jaartemperaturen in De Bilt vanaf 1900 individueel weergegeven. De situatie is duidelijk: om de afgelopen jaren in beeld te brengen moest de grafiek met ruim een halve graad naar boven uitgebreid worden. Het warmste kalenderjaar van deze eeuw is overduidelijk 1990 met 10,9 °C.

In de figuur zijn ook de niet-overlappende 10-jaargemiddelde temperaturen aangegeven. Een opgaande trend sinds het begin van deze eeuw is onmiskenbaar. De lineaire trend over de periode 1900 – 1990 bedraagt maar liefst 0,55 °C: van 8,97 °C in 1900 tot 9,52 °C in 1990. Ondanks de enorme spreiding van de jaartemperaturen (en ook van de 10-jaargemiddelden) geldt dat de trend statistisch significant is (d.w.z. statistisch te verwachten in slechts 1 à 2 van alle perioden van 90 jaar).

Perioden van twaalf maanden

De warmste periode van twaalf aaneengesloten maanden in deze eeuw was tot voor kort mei 1947 t/m april 1948, maar deze is nu overtroffen door mei 1989 t/m april 1990. De gemiddelde temperatuur van de laatste periode was in De Bilt 11,2 °C en dit is 0,1 °C hoger dan de bestaande recordwaarde van 11,1 °C voor de periode mei 1947 t/m april 1948. Maken we hier een vergelijking met vorige eeuwen, dan moeten we vaststellen dat de waarde van 11,2 °C (de hoogste tot nu toe in deze eeuw) ook werd gehaald in de periode van november 1845 t/m oktober 1846 (zie tabel 2).

Tabel 2: Warmste 12-maandenperioden te De Bilt vanaf 1706

No.	beginmaand	T (°C)	(T - $\bar{T}$) °C
1	mei 1989	11,2	2,0
2	november 1845	11,2	2,0
3	mei 1947	11,1	1,9
4	november 1778	11,0	1,8

($\bar{T}$ 1900-1988 = 9,2 °C)

Een opvallend verschil tussen de recente warme periode en die in 1947/48 (en ook 1845/46) is op de eerste plaats de lange duur. Nemen we als basis de ononderbroken waarde van tenminste 10 °C voor het temperatuurgemiddelde van de voorafgaande twaalf maanden, dan vinden we dat de recente warme periode begon in maart 1988 en tot maart 1991 (moment van schrijven) voortduurt. Een tijdvak van tenminste 24 maanden dus. De warmte van 1947/48 duurde daarentegen slechts tien maanden en die in 1845/46 slechts zeven maanden. Een ander opmerkelijk verschil tussen de re-

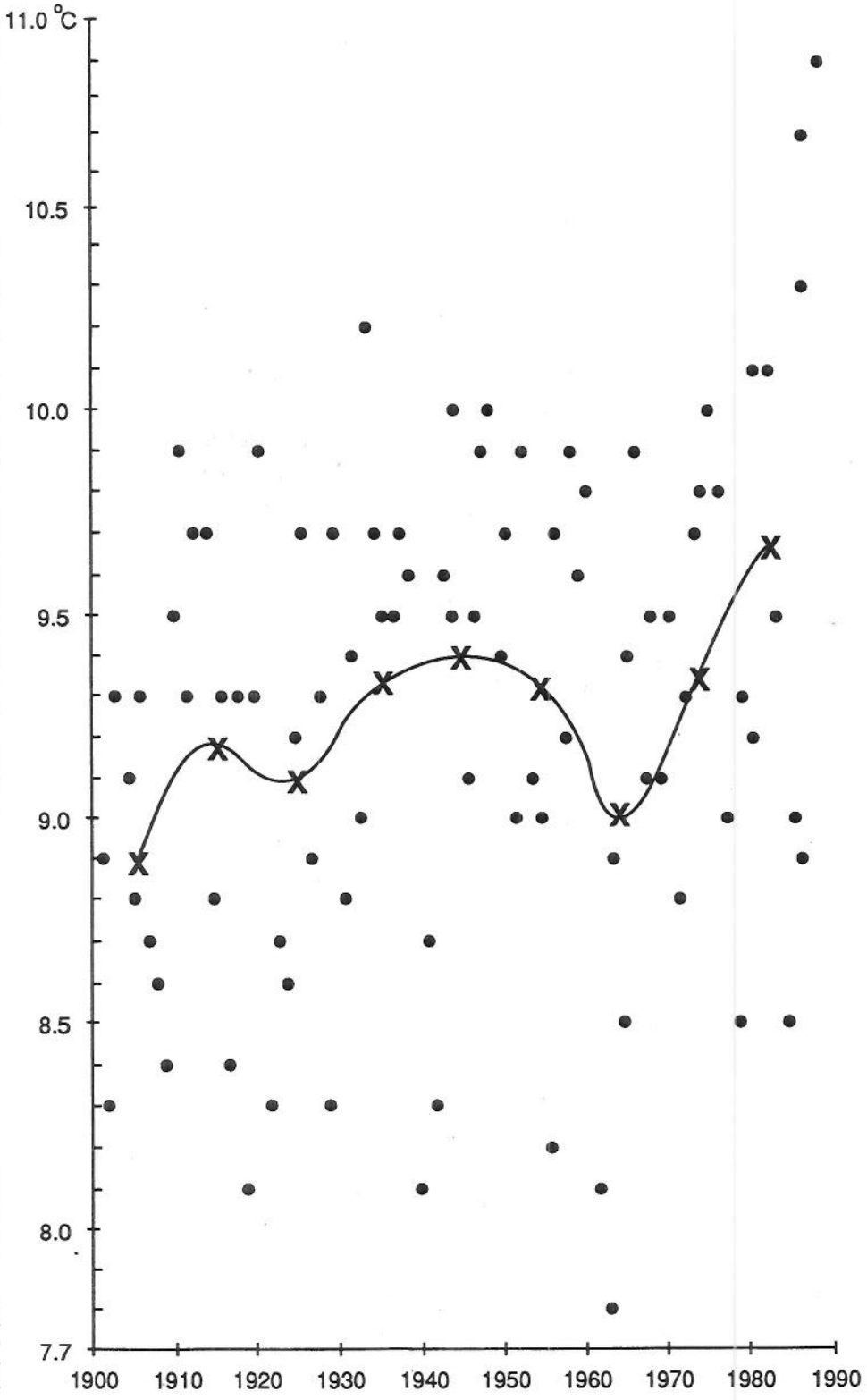
cente warme periode en de twee andere is dat de warmte nu vooral het gevolg is van extreem hoge temperaturen in de winter, terwijl in de ander gevallen vooral de zeer warme zomers van resp. 1947 en 1846 er medeoorzaak van waren.

Waar ligt de grens?

De gemiddelde temperatuur van de 12-maandenperiode mei 1989 t/m april 1990 was met de waarde van 11,2 °C dus twee graden hoger dan de jaargemiddelde temperatuur te De Bilt over de periode 1900-1988 (= 9,2 °C).
De vraag is of het nog warmer kan worden. Het antwoord is uiteraard: ja. Bij een doorgaande versterking van het broeikaseffect moet rekening worden gehouden met jaargemiddelde temperaturen die nog enkele graden hoger zijn, al weten we niet wanneer dat het geval zal zijn. Maar dat is dan een echte verandering van het klimaat als gevolg van een externe oorzaak en niet langer een fluctuatie van het bestaande ongestoorde klimaat. Het zij herhaald dat wat we tot nu toe in deze eeuw waarnemen, ons nog geen overtuigend *bewijs* levert dat we met een (blijvende) klimaatverandering te maken hebben. De vraag is daarom: waar ligt de bovengrens voor het huidige klimaat? Die vraag is niet exact te beantwoorden. Een mogelijke benadering is echter om uit te gaan van de waargenomen extremen van de maandtemperaturen. Kiezen we deze eeuw als uitgangspunt, dan zijn de hoogst waargenomen maandtemperaturen de volgende:

januari	6,2 °C	(1921, 1975 en 1983)
februari	7,6 °C	(1990)
maart	8,5 °C	(1990)
april	10,7 °C	(1987)
mei	15,1 °C	(1947)
juni	18,3 °C	(1917)
juli	20,1 °C	(1983)
augustus	19,9 °C	(1975)
september	17,2 °C	(1949)
oktober	12,7 °C	(1921 en 1969)
november	8,6 °C	(1938)
december	7,3 °C	(1974)

Zouden deze extreme maandtemperaturen zich voordoen in twaalf opeenvolgende maanden, dan zou dit een jaargemiddelde temperatuur opleveren van 12,7 °C. Dit is nog 1,5 °C hoger dan het zojuist bereikte record van 11,2 °C voor deze eeuw. Bij een onveranderd klimaat is het natuurlijk uitermate onwaarschijnlijk dat *alle* maanden in een 12-maandenperiode een recordtemperatuur opleveren (1990 had maar twee maandrecords!). De hierboven berekende 12,7 °C is dus een zeer ruime bovengrens voor ons huidige klimaat.

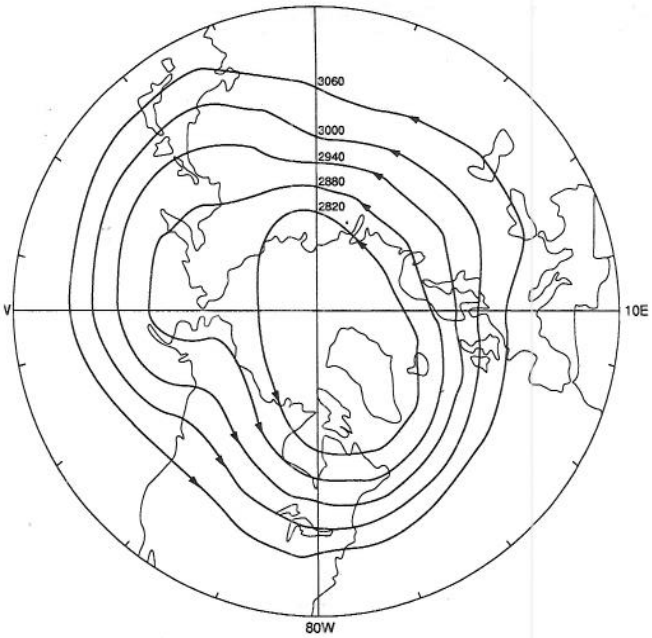


(Kalender)jaartemperaturen in De Bilt vanaf 1900. Om de afgelopen jaren in beeld te brengen moest de grafiek met ruim een halve graad naar boven uitgebreid worden. Het warmste kalenderjaar van deze eeuw is overduidelijk 1990 met 10,9 °C. Ook de niet-overlappende 10-jaargemiddelde temperaturen zijn aangegeven. De opgaande trend sinds het begin van deze eeuw is onmiskenbaar.

Warmte ook elders!

Extreme temperaturen over perioden van maanden en jaren, beperken zich nooit tot een enkele plaats of een klein gebied als Nederland. Temperatuurafwijkingen over seizoenen en jaren vinden we zeer vaak terug over afstanden van tenminste duizend kilometer. Dat geheel Noordwest-Europa over de afgelopen jaren eenzelfde beeld vertoont als ons land hoeft dus niet te verbazen. Verbazend is echter wel dat tegelijkertijd ook grote gebieden in Noord-Amerika en Azië boven-normale temperaturen beleven. Normaal plegen gebieden met beneden-normale temperaturen en gebieden met boven-normale temperaturen elkaar aardig te compenseren.
In het jaar 1990 bleek in ieder van de seizoenen de warmte te overheersen, vooral in de gordel tussen 20 en 60 °NB, althans boven land. Gemiddeld over de landmassa van het noordelijk halfrond had 1990 dan ook de hoogste temperatuur ooit waargenomen (sedert eind 19e eeuw). Zie het kaartje waarin de gemiddelde temperaturen voor 1990 staan aangegeven (in afwijking van normaal). Boven oceaangebieden geeft het kaartje de watertemperatuur aan het zeeoppervlak (eveneens afwijkingen van normaal in °C). Grote gebieden beleefden temperaturen die behoren tot de warmste 10%-categorie van hun frequentieverdeling van seizoenstemperaturen. Plaatsen waar temperaturen optraden die behoren tot de laagste 10% waren op de kaart van de continenten op het noordelijk halfrond nauwe-

In het jaar 1990 bleek in ieder van de seizoenen de warmte te overheersen, vooral in de gordel tussen 20 en 60 °NB, althans boven land. Gemiddeld over de landmassa van het noordelijk halfrond had 1990 dan ook de hoogste temperatuur ooit waargenomen (sedert eind 19e eeuw). In dit kaartje staan de gemiddelde temperaturen voor 1990 aangegeven (in afwijking van normaal). Boven oceaangebieden geeft het kaartje de watertemperatuur aan het zeeoppervlak (eveneens afwijkingen van normaal in °C).



De gemiddelde stroming op ca. 3 km hoogte voor de periode mei 1989 t/m april 1990 (in Nederland de recordperiode). Vergeleken met normaal is de stroming sterk zonaal (= evenwijdig aan de breedtecirkels). Het ontbreken van sterke meanders in de stroming op de gematigde breedten houdt de temperatuur boven de continenten hoog, vooral in de wintermaanden.

lijks te vinden. De kaart van de temperatuurafwijkingen in 1990 is in dit verband karakteristiek. Alleen Groenland laat een plekje zien met sterk onder-normale temperaturen.

Voor de meeste seizoenen in 1990 gold dat het poolgebied aan de koude kant was en een brede continentale gordel daaromheen uitzonderlijk warm. De vraag is: hoe komt dat?

Oorzaak

De omvang en duur van de warmte over de afgelopen jaren houdt natuurlijk de vraag levend of hiermee niet het bewijs wordt geleverd van de verwachte mondiale temperatuurstijging als gevolg van het versterkte broeikaseffect van onze atmosfeer. Het antwoord van een internationale groep van experts (IPCC, 1990) is kort en bondig: 'nee, geen bewijs!'. Ondanks het extreme karakter van de warmte is een 'gewone', natuurlijke oorzaak niet uit te sluiten. Door de gevarieerde manier waarop de atmosfeer rond de aardbol kan stromen bij één en dezelfde hoeveelheid en geografische verdeling van de zonnestraling is het theoretisch mogelijk dat extreme klimaatsituaties zoals we recent beleefd hebben, gewoon tot ons klimaat behoren. Dat we ze nog niet hebben meegemaakt, komt omdat onze waarnemingsreeksen nog zo kort zijn (op veel plaatsen op het noordelijk halfrond in de orde van 100 jaar of korter). Bovendien, zo zegt het IPCC-rapport, is er geen enkele manier om de warmte die we nu waarnemen ook echt aan het versterkte broeikaseffect toe te schrijven. Dat zou wel het geval zijn als we over gedetailleerde voorspellingen zouden beschikken over bijvoorbeeld de geografische verdeling van de te verwachten broeikasverwarming. Men spreekt in dit verband van de 'vingerafdruk' van het versterkte broeikaseffect op ons klimaat. Zulke voorspellingen hebben we echter alleen voor de zogenaamde *evenwichtstoestand.* Dat is de toestand waarbij het klimaat weer in evenwicht verkeert met een gegeven versterking van het broeikaseffect (vaak wordt in de berekeningen uitgegaan van een verdubbeling van het CO_2-gehalte). Volgens deze evenwichtsvoorspellingen zouden de temperaturen dan over het gehele halfrond moeten toenemen, het minst in de tropen en *het meest in de poolgebieden.* Het waargenomen veranderingspatroon voldoet beslist niet aan dat beeld, vandaar de gerechtvaardigde extra twijfel of we hier wel met het versterkte broeikaseffect te maken hebben.

Strikt genomen heeft een vergelijking met de voorspelde evenwichtsreactie echter weinig zin, omdat we zeker weten dat zo'n evenwicht zich nog niet heeft ingesteld. We moeten dan terugvallen op voorspellingen van het verloop van de klimaatverandering, teweeggebracht door het toenemend broeikaseffect. Deze laatste voorspellingen zijn nog erg onzeker, omdat het resultaat sterk afhangt van de eigenschappen van het gekoppelde atmosfeer-oceaanmodel dat voor de berekeningen wordt gebruikt.
Toch kunnen we hiermee de zaak niet volledig afdoen. Het versterkte broeikaseffect heeft namelijk ook een beginfase. Deze bestaat uit een zuivere toeneming van de benedenwaarts gerichte infraroodstraling. Zolang de verticale menging van de lucht (convectie) en vervolgens de horizontale luchtbeweging op grote schaal, hier nog niet op reageert, zal in de beginfase van het versterkte broeikaseffect, uitsluitend een toeneming van de luchttemperatuur nabij het aardoppervlak te verwachten zijn. En dat vooral boven land. De waargenomen warmte boven de continenten is hier kwalitatief mee in overeenstemming. Het feit dat er tot nu toe geen aanwijzingen zijn dat de temperatuur van de luchtlaag tussen 1 en 10 km ook is toegenomen past eveneens in dit beeld. Zonder verder onderzoek is de gesuggereerde relatie echter verre van zeker.

Zonale luchtcirculatie

Iets wat we zeker weten is dat de grote warmte in 1990 boven de continenten van de gematigde breedten, rechtstreeks in verband stond met sterke afwijkingen van de luchtcirculatie op het noordelijk halfrond. De figuur toont de gemiddelde stroming op ca. 3 km hoogte voor de periode mei 1989 t/m april 1990 (in Nederland de recordperiode). Vergeleken met normaal is de stroming sterk zonaal (= evenwijdig aan de breedtecirkels). Het ontbreken van sterke meanders in de stroming op de gematigde breedten houdt de temperatuur boven de continenten hoog, vooral in de wintermaanden. Tijdens blokkeringen van de zonale circulatie, zoals recent in februari 1991, treden over grote gebieden lage temperaturen op. In De Bilt was de gemiddelde temperatuur van die maand -0,8 °C (vergelijk met de 7,6 °C in februari 1990!).

Door de recente terugval van de temperatuur is het vrijwel uitgesloten dat het jaar 1991 nog warmer wordt dan 1990. Overigens betekent dat niet dat daarmee de algemene opgaande trend tot een einde is gekomen. Dat kunnen we pas over een aantal jaren vaststellen. □