

*Over begrijpen en
voorspellen van
klimaatveranderingen*

Lente in de **broeikas**

Gerbrand Johan Komen



*Over begrijpen en
voorspellen van
klimaatveranderingen*

Rede, uitgesproken op 19 januari 2001
naar aanleiding van
de benoeming tot bijzonder hoogleraar in
de Dynamica van het Klimaat
aan de Universiteit van Utrecht

Lente in de broeikas

Gerbrand Johan Komen

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut



Instituut voor Marien en Atmosferisch Onderzoek

Faculteit Natuur- en Sterrenkunde, Universiteit van Utrecht

De leerstoel Dynamica van het Klimaat is ingesteld door de Stichting Waterloopkundig Laboratorium met medewerking van KNMI en RIKZ.

Flabit spiritus, ut fluent aquae [1]

Inhoud oratie

- 1 Waarom belangstelling voor het klimaat?
- 2 Klimaat en klimaatveranderingen.
 - 2.1 Wat is klimaat eigenlijk?
 - 2.2 Wat weten we al?
 - 2.3 Wat maakt het klimaat zo interessant?
 - 2.4 Waarom zijn klimaatmodellen niet perfect?
 - 2.5 Hoe kunnen we het klimaat
beter begrijpen en beter voorspellen?
- 3 De menselijke kant van het klimaatonderzoek.
- 4 Dankwoord, plannen en slot.

Welkom

*Dames en heren, ik ben blij dat u er bent.
Om mijn benoeming te vieren
zal ik pogen
mijn enthousiasme
voor het klimaatonderzoek
met u te delen.*

*Eerst zal ik kort ingaan op het waarom,
dan zal ik iets zeggen over onze huidige kennis,
daarna zal ik aangeven
wat het onderzoek zo interessant maakt en
waar de uitdagingen liggen.*

*Tenslotte zal ik ook nog iets zeggen
over een aantal menselijke aspecten.*

Eerst iets over het waarom.

I **Waarom belangstelling voor het klimaat?**

Vanaf mijn prilste jeugd heb ik me verwonderd over wat ik waarnam. Ook over wat later meteorologische en oceanografische verschijnselen zouden gaan heten, zoals het dwarrelen van herfstblaadjes, wolken aan de hemel, en golven aan het strand . . . Naarmate ik er meer van ben gaan begrijpen, is mijn verwondering alleen maar toegenomen, verwondering over de complexiteit van het klimaat, maar ook over de complexiteit van klimaatonderzoekers en hun boodschap.

Voor velen zijn weer en klimaat fascinerend. Het ene moment regent het; even later is het stralend blauw. Stormen en windstille perioden wisselen elkaar af, op grillige wijze. Soms hebben we een koude winter, met sneeuw en ijs en met een Elfstedentocht; andere jaren wil het maar niet winteren.

De invloed van weer en klimaat is groot. Op landbouw, transport, veiligheid, gezondheid, recreatie, economie. Noem maar op. Vooral de extremen zijn belangrijk: droogte, overstroming, storm, hitte en kou. Iedereen heeft daar beelden bij: vreselijke modderstromen of hartverscheurende rapportages uit door droogte getroffen gebieden. Tijdige voorspelling van kli-

maatvariaties zou veel leed kunnen voorkomen. Voor Nederland is het klimaat van de Noordzee van belang. Het niveau van de zeespiegel, golven en stormvloed en hebben immers grote invloed op onze kust.

De aarde wordt warmer en de zeespiegel stijgt, mede doordat we op grote schaal fossiele brandstoffen verbranden. De politiek heeft de eerste stappen gezet om tot beheersing van dit probleem te komen. Daarbij gaat het om ingrijpende maatregelen.

*Geen wonder
dat er veel belangstelling
is voor het klimaat.*

2 Klimaat en klimaatveranderingen

*Zoals beloofd zal ik nu
iets vertellen over
de stand van zaken
in het klimaatonderzoek.
Om te beginnen dit:*

2.1 Wat is klimaat eigenlijk?

De klimatologie houdt zich bezig met de statistiek van het weer. Wat is de gemiddelde januari-temperatuur in De Bilt? En hoe sterk kan die variëren van jaar tot jaar? Hoeveel neerslag valt er gemiddeld in augustus in Nederland? Wat is de kans dat de zon schijnt op een willekeurige dag in de herfst?

Op school leer je dat er verschillende klimaten zijn, zoals woestijnklimaat en landklimaat, en dat Nederland een zeeklimaat heeft, dwz een mild klimaat met flink wat regen. Dit leidt gemakkelijk tot het idee dat klimaat iets onveranderlijks is. Meteorologen hebben dit misverstand gevoed toen ze in 1935 tijdens een conferentie probeerden om het begrip klimaat nauwkeuriger te definiëren. Daarbij spraken ze af [2] dat de periode 1901 - 1930 als referentie zou worden genomen, en dat de klimatologische eigenschappen van die periode als **norma-
len** zouden gelden. Wetenschappelijk gezien een ramp, want er zijn geen normalen, en er was niets normaal aan die periode.

Misschien denkt u dat dit een academisch punt is, maar dit is niet zo, want het is van groot belang bij het ontwerpen

van constructies, bijvoorbeeld bij de bepaling van de hoogte van onze zeedijken [3].

Ondertussen is het niet zo makkelijk om te zeggen wat klimaat precies is, maar het moderne klimaatonderzoek lijdt daar niet onder. Dat houdt zich bezig met het klimaatsysteem en richt zich op de variaties die overblijven als je de snelle weersveranderingen uitmiddelt. De grens tussen weer en klimaat is daarbij niet erg scherp gedefinieerd.

Het idee dat het klimaat verandert is overigens niet nieuw. De Griekse filosoof Aristoteles [4] wist het al. Ik vind het daarom opmerkelijk dat in onze tijd de mededeling "het klimaat verandert" 's avonds laat op de Nederlandse televisie toch nog goed is voor hoge kijkcijfers. Zou dit te maken hebben met de vaagheid van het begrip klimaat?

*Na deze toelichting
op waar we het over hebben
wil ik doorgaan
met mijn volgende punt:*

2.2 **Wat weten we al?**

Je kunt het klimaatonderzoek opdelen in *drie onderdelen*. Allereerst moeten we het klimaat voortdurend **waarnemen** en documenteren. In tweede instantie proberen we te **begrijpen** wat we waarnemen, en tenslotte onderzoeken we in hoeverre het klimaat te **voorspellen** is.

*Ik zal over ieder
van deze activiteiten
iets zeggen.*

De waarnemingen

Paleoklimatologische en historische gegevens vormen nuttige bronnen van informatie over het verleden klimaat. Vanaf de 19de eeuw zijn er ook instrumentele oppervlaktewaarnemingen beschikbaar.

Na de Tweede Wereldoorlog zijn daar routinewaarnemingen van de bovenlucht bijgekomen. En tenslotte hebben we sinds enige tijd waardevolle satellietwaarnemingen van de aarde, alsmede een groeiend aantal metingen van het inwendige van de oceaan [5].

Al deze waarnemingen bevestigen dat klimaat veranderlijk is. Op langere tijdschalen hebben we te maken gehad met ijstijden, maar ook op kortere tijdschalen zijn er voortdurend veranderingen. De wereldgemiddelde temperatuur, in de negentiende eeuw relatief constant, is in de twintigste eeuw gestaag opgelopen. Gek genoeg loopt de temperatuur in De Bilt al sinds 1800 op. Dat is niet strijdig, want het blijkt dat klimaatschommelingen in een bepaald gebied sterk kunnen afwijken van de wereldgemiddelde variaties [6].

*Wat begrijpen we
daar nu van?*

Begrijpen

Om het klimaat te begrijpen passen we de wetten van de natuurkunde toe op de dampkring en op de oceaan. De aarde is een draaiende bol die door de zon ongelijkmatig verwarmd wordt. De dampkring houdt een deel van de straling vast (de aarde wordt daarom wel met een broeikas vergeleken), en er ontstaan temperatuur- en drukverschillen die de atmosfeer en de oceaan in beweging zetten. De stromingen die daarbij ontstaan transporteren o.a. warmte en vocht. Op grond van de stralingsbalans en schattingen van warmte - en vochttransport kan men de verschillende klimaten op aarde vrij aardig begrijpen.

*Waar komen nu
de klimaatvariaties vandaan?*

Wel, daar zijn verschillende oorzaken voor. In de eerste plaats zijn er externe oorzaken, zoals veranderingen in de intensiteit van de zonneschijn, en veranderingen in de samenstelling van de dampkring. Daarnaast zijn interne oorzaken belangrijk. Het klimaatstelsel zit vol met golfbewegingen die spontaan ontstaan, een tijdje voortkabbelen en dan weer uitdoven. Zo worden klimaatvariaties in Europa grotendeels toegeschreven aan het chaotische gedrag van de atmosfeer, en is El Niño een verschijnsel dat spontaan voortkomt uit de wisselwerking tussen atmosfeer en oceaan. Uiteindelijk willen we de invloed van externe veranderingen, en alle interne variaties begrijpen.

Maar wat is begrijpen?

Zelf onderscheid ik graag *drie stadia* van begrip. Op het **eerste niveau** gaat het om de verklaring van *klimaatprocessen*, zoals de vorming van wolken, het ontstaan van neerslag, en de opwekking van zeestromingen. Met de studie van dit soort verschijnselen kan men met gemak een mensenleven vullen.

Op het **tweede niveau** gaat het om de *wisselwerking*, de wederzijdse beïnvloeding van al die verschillende processen. Hoe hangen wind en regen samen? Hoe beïnvloeden wolken de stralingsbalans? Wat is de invloed van de Noord-Atlantische Oceaan op het klimaat van Europa? De studie van deze vragen leert ons iets over de mechanismen - en dat zijn er zeer velen -, die ten grondslag liggen aan de variaties van het klimaat.

houdt met *de klimatologische waarom vragen*: waarom was de winter van 1963 zo koud in Nederland? Wat veroorzaakte de droogte in de Sahel in de 70er jaren? Waarom is de gemiddelde temperatuur op aarde gestegen in de twintigste eeuw?

U zult nu wel nieuwsgierig zijn naar de antwoorden op deze vragen. Ik zou er dagen over kunnen praten, maar vat nu maar in vier punten samen:

- a. Veel klimaatprocessen zijn redelijk goed bekend, maar er is ook nog veel onzekerheid, bijvoorbeeld over wolken.
- b. Er is een groeiend inzicht in de mechanismen die klimaatvariabiliteit veroorzaken.
- c. De opwarming van de wereld in de tweede helft van de twintigste eeuw wordt voor een deel veroorzaakt door menselijk handelen. Zeker is dat de hoeveelheid atmosferisch CO₂ in de afgelopen 200 jaar met ruim 30 % is opgelopen, voornamelijk door de verbranding van fossiele brandstoffen.
- d. Over de oorzaak van de opwarming in de eerste helft van de twintigste eeuw is men het nog niet eens. Volgens de een is het de zon, volgens een ander zijn het de vulkanen, en volgens nog een ander is het een interne schommeling [7].

Als u meer wilt weten dan verwijs ik graag naar een recent 'Fact Sheet' [8], of naar de rapporten van het IPCC [9].

*Als derde activiteit
van het klimaatonderzoek
noemde ik de*

Klimaatvoorspelling

In de klassieke natuurkunde dacht men hier simpel over: als je de actuele toestand van het systeem kent kun je met behulp van de natuurwetten uitrekenen hoe het er later uit zal zien [10]. Het is een van de aardigste dingen van ons vak dat dit maar beperkt opgaat. Sommige voorspellingen zijn makkelijk: het wordt weer lente, en onze winters zullen kouder zijn dan onze zomers. Andere dingen zijn moeilijk zo niet onmogelijk, de voorspelling van een Elfstedentochtwinter, bijvoorbeeld.

Op dit moment worden, met enig succes, seizoensverwachtingen gemaakt, tot ongeveer een jaar vooruit [11]. De natuurlijke variabiliteit speelt hierbij de grootste rol. Er is nog maar beperkt inzicht in de kwaliteit van deze verwachtingen, maar de effectenbeurzen reageren er al op [12]. Moeilijker ligt het met de meerjarenvoorspelling. Er is hoop dat dit mogelijk wordt als er meer bekend is over de invloed van oceaan en landoppervlak op de chaotische atmosfeer. Men moet hierover echter geen overtrokken verwachtingen hebben. Op langere tijdschaal wordt een toenemende invloed van de mens voorspeld, onder meer een stijging van de wereldgemiddelde temperatuur in de komende 100 jaar met tussen 1.5 en 6 °C, alsmede een stijging van de zeespiegel.

*Ik hoop dat ik u hiermee
een beetje gevoel heb gegeven voor
de inhoud van ons vak.*

*U zult begrijpen dat er nog
veel werk te doen is.*

*Ik zal daar straks nog op
terug komen.*

*Maar eerst wil ik wat dieper ingaan
op een aantal dingen
die het klimaat zo interessant maken.*

2.3 **Wat maakt het klimaat zo interessant?**

Om uit te leggen wat het klimaat zo interessant maakt moet ik een aantal begrippen invoeren. Die begrippen zijn: tegenkrachten, terugkoppeling en instabiliteit. Ik zal van ieder een voorbeeld geven, zowel uit het dagelijks leven als uit de klimaatdynamica.

Ik begin met de tegenkrachten.

Er is een bekend spelletje waarbij twee mensen doen wie het sterkst is. Ze gaan daartoe tegenover elkaar aan tafel zitten, planten de ellebogen van hun rechterarm naast elkaar op tafel, sluiten de rechterhanden ineen, en drukken beiden zo krachtig mogelijk naar links. Wie de hand van zijn tegenstander op tafel drukt is winnaar. Ziet u het voor u? Aan de rode hoofden en trillende handen kun je zien dat er flinke krachten in het spel zijn. Het is lastig om te voorspellen wie er gaat winnen. Dat komt omdat de krachten bijna gelijk zijn, zodat kleine verschillen bepalen wat de uitkomst is.

Het klimaatsysteem zit vol met zulke processen waarbij

sprake is van grote, tegengerichte effecten. Een voorbeeld is de groei van zeegolven. Golven halen energie uit de wind, maar tegelijkertijd verliezen ze energie door de vorming van schuimkopjes. Het relatief kleine verschil is uiteindelijk bepalend voor de snelheid waarmee golven groter worden [13,14].

Het bestaan van tegenkrachten stelt hoge eisen aan de nauwkeurigheid waarmee processen beschreven moeten worden. Het gaat daardoor immers om het kleine verschil van twee grote dingen. Kleine onnauwkeurigheden kunnen dan grote invloed hebben.

Tot zover de tegenkrachten.

Nu terugkoppeling en instabiliteit.

Men spreekt van terugkoppeling als twee effecten elkaar wederzijds beïnvloeden, zoals bij een thermostaat. Temperatuurvariaties sturen daarbij een kachel aan, maar die heeft vervolgens weer invloed op de temperatuur. Men onderscheidt negatieve en positieve terugkoppelingen. Bij positieve terugkoppeling worden de afwijkingen alsmear groter wat tot instabiliteit kan leiden. Bij negatieve terugkoppeling worden de afwijkingen juist kleiner en treedt stabilisatie op.

Laat ik een voorbeeld geven.

Het moet ergens in 1960 geweest zijn, in Amsterdam, dat ik een keer een geleende bakfiets bestuurde. In de bak zaten een paar vrienden. Natuurlijk slingerde de bakfiets een beetje maar ik lette goed op en als de bak naar rechts dweilde stuurde ik net-

jes terug naar links, zodat we toch min of meer rechtuit gingen. Stabilisering door terugkoppeling dus. Totdat we vanaf de Linnaeusstraat op de Middenweg kwamen. Zoals sommigen van u misschien weten is daar een helling omdat de Watergraafsmeer daar begint. Door die helling ging de bakfiets steeds sneller. Misschien lag er wel een heel klein steentje dat de bakfiets een duwtje naar rechts gaf. Door de snelheid gaf dat al meteen een flinke afwijking aan de koers. Ik rukte aan het stuur, maar te hard, zodat de bakfiets naar links schoot. Dit kon ik nog wel weer opvangen, maar tot mijn ontzetting werden de koersafwijkingen steeds groter. Er was sprake van een destabiliserende terugkoppeling. De afwijking van de koers veroorzaakte - door mijn rukken - een nog grotere afwijking. Tenslotte was er geen houden meer aan, en de bakfiets sloeg over de kop. Gelukkig was de schade beperkt.

De natuur zit vol terugkoppelingen [15] en instabiliteiten [16]. Een bekend voorbeeld uit het klimaatonderzoek heeft betrekking op de thermohalinecirculatie, de wereldwijde oceaanstroming die bijdraagt aan de mildheid van ons klimaat. Er zijn aanwijzingen dat deze stroming abrupt tot stilstand is gekomen tijdens de laatste IJstijd, met een behoorlijk koelende invloed op het klimaat van Europa. En dit zou mogelijk opnieuw kunnen gebeuren. Hoe gaat dat in zijn werk? Wel, de motor van die stroming zit in de Noorse Zee en in de Labrador Zee. Dat zijn koude zeeën waar het relatief zoute water zo ver afkoelt dat het naar beneden zakt. Stel nu dat het water wat zoe-ter en lichter zou worden (door extra afsmelting van ijs ten gevolge van het broeikas-effect, bijvoorbeeld) dan vertraagt dat de stroming. Het resultaat is dat er minder zout water aangezo-

gen wordt vanuit de Golfstroom, waardoor het water nog zoeter wordt, en de stroming nog langzamer gaat lopen. Uiteindelijk zou de stroming geheel tot stilstand kunnen komen, met alle gevolgen van dien. Echter, of dit echt zal gebeuren is nog maar de vraag, want de werkelijkheid is ingewikkeld omdat er allerlei andere terugkoppelingen en tegenkrachten zijn [17]. Hierdoor is het niet mogelijk om op dit moment te zeggen wat de kans is op zo'n abrupte klimaatverandering .

Uit de besproken voorbeelden kunnen we een aantal belangrijke lessen trekken.

- a. Vanwege elkaar tegenwerkende effecten is het noodzakelijk om heel precies uit te rekenen wat er gebeurt voordat je kunt zeggen welke terugkoppelingen belangrijk zijn en welke kant ze opwerken.
- b. Om klimaatschommelingen te begrijpen moeten we eigenlijk alle terugkoppelingen in het klimaatsysteem inventariseren, en nagaan welke het belangrijkste zijn. Het optreden van schaalinteracties, waarbij kleinschalige verschijnselen grote gevolgen hebben maakt dit extra lastig [18].
- c. Het is nog maar de vraag of we er in zullen slagen om alle relevante terugkoppelingen in kaart te brengen. Misschien is het klimaat maar beperkt te begrijpen.
- d. Als je een ingewikkeld systeem, zoals het klimaat, verstoort dan kan het door onvoorziene bijwerkingen en allerlei terugkoppelingen wel eens anders reageren dan je zou verwachten [19]. De bakfiets slingerde aanvankelijk naar rechts, maar hij sloeg naar links over de kop. Lineair denken werkt in zulke situaties niet.

- e. Het is lang niet altijd mogelijk om een bepaald effect toe te schrijven aan een bepaalde oorzaak. Waarom sloeg de bakfiets over de kop. Te zwaar beladen? De helling? Het kiezeltje? Mijn gebrek aan ervaring? Onze behoefte om voor alles een oorzaak te vinden, attributie heet dat in de psychologie, zullen we lang niet altijd kunnen bevredigen.

*Dan wil ik nu iets zeggen
over klimaatmodellen.*

2.4 **Waarom zijn klimaatmodellen niet perfect?**

Kwantificeren is een must. Dat doen we dan ook, en wel met computermodellen die met behulp van de natuurwetten uitrekenen hoe sterk de verschillende processen zijn, en hoe het klimaat zich in de tijd ontwikkelt. Er is op dit gebied heel wat vooruitgang geboekt. Vandaag wil ik één aspect hiervan bespreken, en dat is ons toenemend inzicht in de factoren die de grenzen van de modelleerbaarheid en de grenzen van de voorspelbaarheid [20] bepalen. Ik bespreek ze een voor een.

Afbakening van het model

In de eerste generatie klimaatmodellen werd er vooral naar natuurkundige grootheden gekeken, zoals temperatuur, druk en snelheid. Inmiddels weten we dat de chemische samenstelling van de atmosfeer ook belangrijk is, evenals de stofwisseling in bossen en planten, en in algen in de oceaan. Dus dat moeten we ook allemaal in rekening brengen. Maar dan blijkt bijvoorbeeld dat het van belang is dat er 20 verschillende soorten algen zijn. Dus dat moeten we dan ook modelleren. Maar die algen worden weer opgegeten door vissen. En zo is het eind zoek. In de praktijk moeten we ons beperken [21], omdat je nu eenmaal niet met

alles rekening kunt houden [22]. Er kan daardoor altijd iets onverwachts gebeuren. De meest perfect gestoten biljartbal kan zijn doel missen, als het biljart door zijn poten zakt vanwege houtwurm.

Forcing

In een model onderscheidt men interne en externe factoren. Interne factoren worden dynamisch berekend. De externe factoren, de zogenaamde forcingstermen, moeten worden voorgescreven. Deze zijn vaak slecht bekend. De ontwikkeling van emissies bijvoorbeeld is moeilijk te voorspellen, omdat die nauw samenhangt met de groei van de bevolking en de economie en met het succes van emissiebeperkende maatregelen. Een fout in de verwachte emissies leidt, in het algemeen, tot een fout in de modelvoorspelling.

Resolutie en het belang van details

Processen die een rol spelen in het klimaatsysteem hebben heel verschillende tijd - en ruimteschalen. In de computer lossen we alleen de grotere schalen op. Processen op kleinere schalen probeert men met eenvoudige formules te beschrijven, te parametriseren, maar dat introduceert een zekere mate van onnauwkeurigheid [23].

Initialisatie

Bij het maken van klimaatvoorspellingen kunnen ook nog fouten ontstaan doordat de begintoestand in het model niet volledig met de werkelijkheid overeenkomt.

Al deze effecten stellen grenzen aan wat we kunnen modelleren.

*De modelontwikkeling
richt zich vooral op het verleggen
van die grenzen.*

*Maar klimaatonderzoek is meer
dan modelonderzoek.*

*Daarom wil ik nu een overzicht geven
van wat er
nog meer moet gebeuren
om het klimaat
beter te begrijpen en
te voorspellen.*

2.5 **Hoe kunnen we het klimaat beter begrijpen en beter voorspellen?**

Er is nog heel veel te doen. Allereerst op het gebied van de waarnemingen. Sommige klimaatwaarnemingen liggen nog in stoffige archieven of staan op ontoegankelijke dragers, of zijn te duur voor onderzoekers. Zowel paleo- als satellietwaarnemingen vragen om ijking en interpretatie, en het is erg belangrijk dat we beschikbare waarnemingen combineren om inzicht te krijgen in patronen en oorzaken van klimaatverandering. Daarnaast is er een tekort aan routinewaarnemingen van het actuele klimaat. De verdere opbouw van een wereldwijd klimaatwaarneemnetwerk is urgent, mede om de menselijke invloed beter vast te kunnen stellen.

Wat betreft de klimaatprocessen is het nodig dat we ons begrip verder vergroten. Daarnaast moeten klimaatmodellen verder ontwikkeld en gevalideerd worden. Met de beschikbare modellen moeten numerieke experimenten gedaan worden die zo ontworpen zijn dat ze inzicht verschaffen in de factoren die tot mondiale en regionale klimaatvariaties aanleiding geven. Volledig succes is daarbij niet gegarandeerd. En dat geldt ook

voor voorspellen. Maar dat wil niet zeggen dat we geen voorspellingen moeten maken. Uit verificatie van de voorspellingen kunnen we afleiden of we op de goede weg zijn [24]. Inzicht in de voorspelbaarheid is overigens ook te verkrijgen door het simuleren van periodes uit het verleden en door vergelijking van de resultaten van verschillende modellen.

*Met het oog op de tijd
moet ik hierbij
mijn inhoudelijke bespreking
van het klimaatonderzoek
stoppen.
Ik wil nu nog graag
iets zeggen over*

3 De menselijke kant van het klimaatonderzoek

Klimaatonderzoek wordt door en voor mensen gedaan. We hebben dus niet alleen te maken met de dynamica van het klimaat maar ook met de niet minder interessante dynamica van mensen en groepen van mensen. Ik vind het fascinerend dat tegenkrachten, terugkoppelingen, en de problemen van attributie en beperkte voorspelbaarheid ook op dat terrein een rol spelen. Tegenkrachten treden op wanneer er sprake is van tegenstrijdige belangen of van voor- en nadelen. En de ontelbaar vele wisselwerkingen maken dat alles met alles samenhangt.

De interactie tussen de samenleving en het klimaatonderzoek is levendig.

Over een aantal aspecten wil ik het nog met u hebben.

Dat betreft dan in de eerste plaats de

Coördinatie van het klimaatonderzoek

Als reactie op vragen vanuit de samenleving hebben verschillende mondiale instellingen, zoals de Wereld Meteorologische Organisatie, de coördinatie van het klimaatonderzoek ter hand

genomen. Op nationaal niveau draagt de KNAW daar aan bij. Onderzoeksfinancierende instanties zoals NWO, het NOP en de EG hebben hier goed op in gespeeld, dankbaar gebruik makend van centraal gegenereerde programmatische ideeën. Ik ben daar nauw bij betrokken geweest, en heb daarbij verschillende tegenkrachten volop aan het werk gezien: samenwerking en concurrentie, centralisatie en decentralisatie, top-down en bottom-up. Een voorbeeld: het is voor een individuele onderzoeker die lid is van een programmacommissie aantrekkelijk om zijn persoonlijke hobby in het onderzoeksplan te schrijven (maar dat is niet erg als hij goed gekozen is). Als het er eenmaal in staat heeft hij er belang bij dat anderen dit onderzoek niet gaan doen. Zo kan hij zijn eigen onderzoek belangrijk maken. Gelukkig zijn er ook krachten die succesvolle samenwerking bevorderen.

Op Europees niveau is onder mijn leiding een aantal aanbevelingen [25] uitgewerkt. Helaas stagneert de implementatie van deze aanbevelingen. Door verschillende ambitieuze Japanse en Amerikaanse initiatieven bestaat er nu een reële dreiging dat Europa achterop raakt. Ik wil er daarom krachtig voor pleiten dat Europa en Nederland een adequate bijdrage leveren aan een wereldwijd klimaatwaarneemnetwerk, en aan de plannen voor een Europese modelinfrastructuur. Het gaat bij dit laatste om een centrale, eventueel virtuele, klimaatmodelleerfaciliteit, waartoe een ieder toegang kan krijgen op basis van concurrerende voorstellen, net zoals dat in de hoge-energiefysica op CERN gebeurt. Het is wel zaak dat de Nederlandse inbreng daarbij goed herkenbaar is. Een nog verdergaande nationale samenwerking kan hierbij behulpzaam zijn [26].

*Tot zover iets
over de coördinatie
van het onderzoek.
Mijn volgende punt
is de vraag:*

Hoe vertel ik het belangstellenden?

Er is veel belangstelling voor klimaatonderzoek. Men kan verschillende motieven onderscheiden: nieuwsgierigheid, het verlangen om een mening te vormen, en de wens om maatregelen te nemen op basis van voorspellingen. Bij de voorlichting over de stand van zaken speelt het Intergovernmental Panel for Climate Change, het IPCC, een belangrijke rol. Het IPCC is een orgaan onder auspiciën van de Verenigde Naties dat uitgerekend vandaag in Shanghai bezig is om zijn derde klimaatrapport vast te stellen [27]. In dit rapport wordt de wetenschappelijk kennis over klimaatverandering samengevat. Het bevat belangrijke informatie over de gevolgen van verschillende beleidsopties. Er is jaren aan gewerkt en er hebben vele honderden onderzoekers aan bijgedragen. Een enorme prestatie. En ofschoon ik niet tevreden ben over de wijze waarop mijn commentaar erin verwerkt is [28], ben ik het wel eens met de hoofdlijnen. Men zou wensen dat er vergelijkbare gezaghebbende organen waren voor andere mondiale vraagstukken.

Een probleem bij de voorlichting is dat je de complexe werkelijkheid moet versimpelen. En kijkcijfers haal je eerder met dreigende rampen dan met verklaringen. Pers en beleidsmakers willen harde uitspraken [29], waar de wetenschap wil nuanceren en moet twijfelen. Deze tegenkrachten spelen

natuurlijk ook binnen het IPCC [30]. Mijn herinnering aan de onjuiste voorspellingen van de club van Rome [31] en onjuist gebleken energieprognoses nopen me tot grote voorzichtigheid. Voorspellingen mogen niet onnodig aangedikt worden. En onzekerheden mogen niet verzwegen worden. We mogen er dankbaar voor zijn dat onze overheid klimaatonderzoekers ruimte en vertrouwen geeft. Dat vertrouwen mogen we niet beschamen.

*De moeilijkste vraag
heb ik voor het laatst bewaard:
Hoe moet het verder
met een wereld waarin de mens
het klimaat verandert?*

Het klimaat in een veranderende wereld.

Is het erg dat de mensen het klimaat veranderen? Om die vraag te beantwoorden moet je de consequenties kennen. Meer landbouw in Siberië en Canada lijkt aantrekkelijk. Nog meer extreme droogte in Afrika zou ongetwijfeld veel leed veroorzaken. Omdat het zo ingewikkeld is, is er geen kant en klaar antwoord op de is-het-erg vraag en kan en moet iedereen zijn eigen standpunt bepalen [32]. Persoonlijk ben ik van mening dat de resultaten van het onderzoek een krachtig milieubeleid rechtvaardigen. De internationale gemeenschap heeft haar standpunt geformuleerd in Kyoto. Daar hebben meer dan 100 landen afgesproken om de uitstoot van broeikasgassen terug te brengen. Afgelopen november tijdens de grote klimaatconferentie in Den Haag hebben velen zich ingezet om dit verder uit te werken. Uitgangspunt voor het beleid is gevaarlijke menselijke beïnvloe-

ding van het klimaat te voorkomen. Zo moeten ecosystemen zich nog kunnen aanpassen, mag de voedselvoorziening niet in gevaar komen en moet de economische ontwikkeling op duurzame wijze plaats kunnen vinden.

Bij de implementatie van dit beleid mag men niet vergeten dat alles met alles samenhangt. Ik heb een ideaalbeeld, dat ik vermoedelijk met velen deel. Dat is een stabiele wereld, waarin de mens zich kan ontplooien zonder dat hij de natuur al te zeer verstoort. Dat wil zeggen [33] eerlijk verdeelde welvaart, veiligheid, voedsel en onderdak, zorg en scholing voor een ieder; maar ook halt aan de schrikbarende afname van de biodiversiteit, aan landdegradatie, aan verontreiniging van het milieu, en halt aan oncontroleerbare antropogene klimaatverandering. Een utopie natuurlijk. Ons streven naar zo'n wereld zou gebaat zijn bij een integrale aanpak.

Je zou de wereld, inclusief de vele interacties tussen allerlei actoren, zoals bestuurders, burgers, media en het bedrijfsleven, kunnen vergelijken met een bakfiets die de Watergraafsmeer in rijdt. Een heel ingewikkelde bakfiets, dat wel. Zullen de terugkoppelingen ervoor zorgen dat hij, met een beetje slingeren, op het spoor blijft? Of gaat hij over de kop?

Bij het onder controle houden van de wereldbakfiets kan het klimaatonderzoek een rol spelen door verder inzicht te verschaffen in het klimaatsysteem en door de invloed van het menselijk handelen zo goed mogelijk in kaart te brengen. Daarnaast kan het misschien ook helpen om een realistischer kijk te krijgen op de beperkte voorspelbaarheid en de beperkte maakbaar-

heid van de wereld als geheel. Mocht de implementatie van het klimaatbeleid niet voldoende snel gaan, wat vele vrezende, dan kan onderzoek ons helpen bij het voorbereiden van maatregelen zoals dijkverhoging en zandsuppletie.

4 Dankwoord, plannen en slot

Voor ik ga eindigen wil ik al diegenen bedanken die er aan hebben bijgedragen dat ik hier nu sta, in het bijzonder ook het Waterloopkundig Laboratorium, het RIKZ en het KNMI. Ik voel me wèl in wat ik, met een lonk naar Popper, een 'Open Samenleving' zou willen noemen [34]. Dat wil zeggen een lerende samenleving die open staat voor nieuwe ideeën, en die ideeën bekritiseert en op bruikbaarheid onderzoekt.

Ik denk dat de wetenschap in het algemeen en de universiteiten in het bijzonder bijdragen aan zo'n cultuur van openheid. Ik ben er dan ook trots op dat ik nu deel mag uitmaken van die universiteit.

Wat ga ik er zelf aan doen?

Mijn eigen expertise ligt vooral op het terrein van de zeegolven. Er liggen daar nog talrijke vragen die ik wil onderzoeken, zoals veranderingen in het golfklimaat, de rol van zeegolven bij de uitwisseling van stoffen en fysische grootheden tussen de oceaan en de atmosfeer, de reconstructie van de bijbehorende fluxen en hun betekenis voor oceaan- en klimaatvariabiliteit. Ik kan dat overigens niet alleen. Ik prijs me dan ook

gelukkig dat ik op het KNMI leiding mag geven aan een uitstekend team dat zich bezighoudt met deze vragen.

Het is spannend om bezig te zijn met één stukje van de legpuzzel, maar daarnaast ben ik ook zeer geïnteresseerd in het gehele plaatje. Dit vraagt om integratie van kennis en inspanning. Het is daarover dat ik het op mijn college wil hebben. De basisvakken worden immers al uitstekend gegeven. Verder wil ik voortgaan met te bevorderen dat de benodigde middelen beschikbaar komen, zoals de juiste waarnemingen en een goede modelinfrastructuur.

*Ik wil eindigen met een vraag,
een gedicht en een voorspelling.*

Zal de mens er in slagen om in evenwicht te leven met de rest van de biosfeer? Hoe dat afloopt weten we niet, maar het is niet ondenkbaar dat iets van de utopie die ik u schetste werkelijkheid zal worden. Het volgende fragment uit 'A Child of our Time' van Michael Tippet [35], verbeeldt voor mij de hoop daarop. Mooi vind ik vooral het beeld van de lente, als symbool van vernieuwing. En passant verwijst het ook nog even naar de tegenkrachten licht en donker en naar de hydrologische cyclus, de waterkringloop:

*I would know my shadow and my light,
So shall I at last be whole.*

'Kende ik mijn schaduw en mijn licht,
dan was ik eindelijk heel.'

*Then courage, brother, dare the grave passage.
Here is no final grieving, but an abiding hope.*

'Toe maar, durf maar te veranderen,
niet kniezen, er is altijd hoop.'

*The moving waters renew the earth.
It is spring.*

'De stromende wateren vernieuwen de aarde.
Het wordt lente.'

*En met deze voorspelling,
het wordt lente,
die waarschijnlijk wel,
maar misschien ook niet zal uitkomen,
wil ik deze rede [36] beëindigen.
Ik dank u voor uw aandacht.*

Noten en verwijzingen

[1] "De wind waait, en daardoor gaan de wateren stromen", vrij naar Psalm 147. Deze psalm is prachtig getoonzet door Claudio Monteverdi [Vespro della Beata Vergine, 1610], Antonio Vivaldi [Lauda Jerusalem, RV609] en vele anderen.

[2] Zie pagina 11 in H.H. Lamb, *Climate History and the Modern World*, Second Edition, 1995. Routledge, London en New York. Dit boek is een soort Herodotus van de moderne klimatologie: het staat vol interessante verhalen.

[3] Bij de bepaling van de deltahoogte is men destijds uitgegaan van de aanname dat het toenmalige klimaat normaal was. Zie bijvoorbeeld figuur 3.0.1 op bladzijde 31 van Deel 1 van het Rapport van de Deltacommissie (Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage). Het rapport maakt overigens wel gewag van de mogelijkheid van langzame variaties in stormfrequentie. Tegenwoordig wordt bij de vaststelling van de basispeilen rekening gehouden met de verwachte zeespiegelstijging.

[4] Aristoteles was zich al bewust van langzame klimaatvariaties (*Meteorologica* I, XIV, 351, in de vertaling van H.D.P. Lee, *Aristotle in twenty-three volumes*, VII, *Meteorologica*. 1952, Harvard University Press en William Heinemann Ltd.): "The same parts of the earth are not always moist or dry (. . .) This process must, however, be supposed to take place in an orderly cycle. (. . .) But these changes escape our observation because the whole natural process of the earth's growth takes place by slow degrees and over periods of time which are vast compared to the length of our life, and whole peoples are destroyed and perish before they can record the process from beginning to end". Wat geniaal, en wat een onzin. Onze waarnemingen bevestigen dat het klimaat veranderlijk is. Maar, anders dan Aristoteles dacht, zijn die verande-

ringen niet regelmatig. Dat de klimaatwaarnemingen ons ontsnappen is maar al te waar. In de Tweede Wereldoorlog verdwenen scheepsjournalen met miljoenen waarnemingen van het KNMI. Er wordt nog steeds naar gezocht.

[5] Vrijwillige waarnemingen door koopvaardij schepen spelen nog steeds een grote rol. Op dit moment is er daarnaast een aantal boeinetwerken, en is er ook een begin gemaakt met de bemonstering met drifters, waaronder nu al continu zo'n duizend die autonoom op en neer gaan.

[6] El Niño is een voorbeeld van zo'n regionale klimaatschommeling. El Niño heeft wereldwijde implicaties en heeft daarom veel aandacht gekregen. Een ander voorbeeld is de Noord-Atlantische Oscillatie, die samenhangt met het gemiddelde luchtdrukverschil tussen IJsland en de Azoren. Als dit groot is, is Noord Europa warm en vochtig en het Middellandse-Zeegebied droog; als het laag is is het koud in het Noordwesten en is er relatief veel neerslag in de Middellandse Zee.

[7] De gemiddelde temperatuur op aarde steeg tussen 1910 en 1940 met ongeveer een halve graad. De verklaring daarvan is ronduit omstreden. Verschillende modellen kunnen de opwarming wel beschrijven, maar om geheel verschillende redenen. Volgens Manabe [april 2000, lezing ter gelegenheid van het 25jarig bestaan van het Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg] is het gewoon een toevallige interne fluctuatie; volgens Tett et al [Causes of twentieth century climate change, Nature 399 (1999), 569-572] wordt het vooral veroorzaakt door variaties in de zon; volgens van Dorland en van Ulden [An assessment of the influence of variations in solar activity on climate, NOP report no 410 200 041] is het tijdelijk uitblijven van grote vulkaanuitbarstingen de belangrijkste oorzaak.

[8] NOP Fact Sheet 1 (2000): Klimaat en klimaatveranderingen. Redactie Harry Geurts en Gerbrand Komen, met medewerking van Marc Allaart, Fons Baede, Gerrit Burgers, Arie Kattenberg, Günther Können, Karin Obdeijn, Geert Jan van Oldenborgh, Maresa Oosterman, Peter Siegmund, Aad van Ulden en Nanne Weber. Te verkrijgen via KNMI of RIVM/NOP.

[9] Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Edited by J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Het Derde Assessment Rapport zal dit jaar verschijnen.

[10] In de filosofie is veel te doen geweest over het determinisme en het probleem van de vrije wil. Als de toekomst volledig voorspelbaar zou zijn zou er immers geen vrije keuze mogelijk zijn. Sommigen, en niet de eerste de besten, hebben gemeend de quantummechanica er bij te moeten halen om de vrije wil te redden. Dat lijkt mij volstrekt overbodig. Een mens is een zeer complex macroscopisch systeem, en maar zeer beperkt voorspelbaar. Niets en niemand kan precies weten wat je gaat doen. Door te zijn kies je.

[11] Terwijl weersverwachtingen meestal voor een bepaald tijdstip gemaakt worden, gelden klimaatverwachtingen voor een bepaalde periode. Net als bij weersverwachtingen gaat het om kansverwachtingen. Overal in de wereld zien meteorologische diensten zich voor de opgave gesteld de betekenis van deze verwachtingen goed uit te leggen aan een breed publiek.

[12] Dit komt, onder andere, omdat seizoensverwachtingen vertaald kunnen worden in oogstprognoses, met name in tropische en subtropische gebieden. Ook onjuiste prognoses hebben een effect. De WMO onderzoekt op het ogenblik hoe meteorologen met hun voorkennis omgaan.

[13] G.J. Komen, L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann and P.A.E.M. Janssen, *Dynamics and Modelling of Ocean Waves*. Cambridge University Press, 1994.

[14] Andere voorbeelden zijn de zoetwaterflux door het zee-oppervlak, die ontstaat als het verschil tussen verdamping en neerslag, en de stralingsbalans, die ontstaat als het verschil tussen inkomende en uitgaande straling.

[15] Ik bespreek hier als voorbeeld de dichtheidsadvectie in de thermohaline-circulatie. Andere bekende voorbeelden zijn de waterdamp-terugkoppeling en de ijs/albedoterugkoppeling. De waterdampkoppeling speelt een belangrijke rol bij het broeikas-effect. Als de aarde door toenemende CO₂ concentraties warmer wordt komt er meer waterdamp in de atmosfeer. Waterdamp is echter zelf ook een broeikasgas, waardoor de temperatuur extra stijgt. De ijs/albedoterugkoppeling heeft vermoedelijk een rol gespeeld bij het ontstaan van ijstijden: als de aarde afkoelt komt er meer sneeuw en ijs. Sneeuw en ijs reflecteren het zonlicht en daardoor wordt het nog kouder. Het omgekeerde speelt natuurlijk ook een rol. Als de aarde opwarmt door het broeikas-effect zal de ijs- en sneeuwbedekking afnemen. Daardoor reflecteert de aarde minder zonlicht en wordt het nog warmer. Nog een andere terugkoppeling verklaart waarom het temperatuurverschil langs de evenaar in de Stille Oceaan zo groot

is. De passaat, die door de draaiing van de aarde een component in westelijk richting heeft, stuwt water naar het westen. In het oosten wordt hierdoor koud water aangezogen, zodat er een oost-west temperatuurverschil is. Dat leidt er toe dat de lucht in het westen extra opstijgt, maar dat versterkt de westwaartse wind, waardoor er nog meer water naar het westen gestuwd wordt. Enzovoort. Uiteindelijk zijn er andere processen die als rem werken, maar bij Indonesië is het water toch gemiddeld zo'n 5 graden warmer dan bij Peru. Deze voorbeelden zijn allemaal voorbeelden van positieve terugkoppeling, die tot instabiliteit kunnen leiden. Negatieve terugkoppelingen zijn echter net zo talrijk. Denkt u aan de tropische oceaan. Lekker warm water, misschien wel zo'n 30 graden. Er is weinig wind, en de tropische zon staat te branden. Misschien denkt u dat het water dan nog warmer wordt maar dat is niet zo want de extra warmte leidt tot extra verdamping en dat leidt tot koeling. In de praktijk wordt de oceaan daarom niet warmer dan zo'n 31 graden.

[15] Zelf noem ik altijd als voorbeeld van een instabiliteit het wapperen van een vlag, omdat iedereen dat kent. Een ander belangrijk voorbeeld vormen de depressies in de atmosfeer, die ons regen en storm plegen te brengen. Dit zijn niets anders dan instabiliteiten in de westelijke luchtstroming die karakteristiek is voor onze gematigde breedte.

[17] Zo spelen in de Noorse Zee luchtzeewisselwerking, ijsvorming, advection zowel uit de Arctische Oceaan als uit de Noord-Atlantische Oceaan, en uitstroming over een drempel (de Straat van Denemarken) een belangrijke rol. Variaties in ieder van die factoren kan de diepe convectie verzwakken of intensiveren.

[18] Een ander verschijnsel is het ontstaan van ordening. Over de wetmatigheid die hier achter schuilt is nog maar weinig bekend. Het ontstaan van ordening is niet alleen interessant, maar ook relevant voor de manier waarop ik begrijpen van het klimaat benader. De processen die wisselwerken zijn voor een deel structuren waarvan het bestaan niet onmiddellijk evident is als je uitgaat van de basisvergelijkingen. Zo kijken we bijvoorbeeld naar de invloed van de oceantemperatuur op depressiebanen. Het begrip depressiebaan hangt nauw samen met het ontstaan van de geordende patronen die wij depressies noemen. Dit introduceert een subjectief element. Het hangt er namelijk maar net vanaf wat wij als structuren herkennen en benoemen. In de dynamische systeemtheorie wordt dit vermeden door direct van de vergelijkingen uit te gaan en te onderzoeken wat voor type oplossingen (oscillerend dan wel instabiel) er voor welke parameterwaarden mogelijk zijn.

[19] Een aardig voorbeeld trof ik onlangs aan bij A. Hall en S. Manabe [Suppression of ENSO in a coupled model without water vapor feedback, *Climate Dynamics* (2000) 16:393-403]. Dit artikel laat zien hoe El Niño's in een model sterk onderdrukt worden als de waterdampterugkoppeling verwaarloosd wordt. Dat lijkt voor de hand te liggen. Immers de waterdampterugkoppeling versterkt temperatuurschommelingen. Nadere analyse laat echter zien dat dat effect vrijwel volledig gecompenseerd wordt door veranderingen in de bewolking, en dat de reductie in de sterkte van El Niño (in de modelsimulatie) veroorzaakt wordt door veranderingen in de hoogteafhankelijkheid van de stralingsverwarming, iets waar je niet meteen aan zou denken.

[20] Mijn belangstelling voor dit onderwerp is sterk gestimuleerd door de oratie van P. Groen [Over de grenzen der voorspelbaarheid in de natuur, J.H. Kok N.V. Kampen, 1952] en door gesprekken met Henk Tennekes, Theo Opsteegh en Klaus Hasselmann.

[21] Tegenwoordig beschouwt men in de meeste geavanceerde modellen het atmosfeer/oceaan/zee-ijs/landoppervlak systeem als klimaatstelsel, waarbij men voor de atmosfeer zowel de troposfeer als de stratosfeer meeneemt. Als extern beschouwt men o.a. industriële emissies, de uitstoot van vulkanisch stof tijdens erupties en veranderingen in de zonnestraling.

[22] Ik vond een mooie beschrijving bij Multatuli: "Gegeven een schip met zóveel diepgang, zóveel tegenstand, zóveel zeilen, enz. De wind blaast op die zeilen met een gegeven kracht, en uit een gegeven hoek. Stel alle nodige opgaven bekend, dat ze niet kunnen wezen omdat er zoveel factoren aan ons gebrekkige waarnemingsvermogen ontsnappen. Wordt gevraagd: de snelheid van 't vaartuig? Die berekening is niet gemakkelĳk, en wat volkomen juistheid aangaat onmogelyk. De Noodzakelykheid weet het. Haar ontsnapt niets. Zy brengt alles in rekening, tot de wryving van 't visje dat zich schuurde tegen 't scheepsboord, tot de invloed van de wind op 'n hoofdhaar van de schepeling, tot de tegenstand van 'n zwevend schuimbolletje voor de boeg, tot de verplaatsing van 'n atoom gas in de lading... alles! Zy weet de snelheid waarmee 't schip zich moet bewegen volgens de háár alleen bekende gegevens, en ze noemt die snelheid, drukt ze uit: door het feit!" [Multatuli, 1862, *Ideeën* #165.] In mijn eigen woorden: het enige perfecte model van de werkelijkheid is de werkelijkheid zelf.

[23] Een bekend voorbeeld is het probleem van de parametrisatie van wolken. Een ander voorbeeld betreft de ruwheid van de zee. Die ruwheid wordt

bepaald door de toestand van het zee-oppervlak, de aanwezigheid van golven van verschillende richting en lengte (van millimeters tot honderden meters), hun steilheid, eventuele schuimkopjes, en noem maar op. Een klimaatmodel kan deze details niet beschrijven. Daarom wordt de ruwheid vaak benaderd door een empirisch verband met de windsnelheid. Van belang is dat dit verband alleen maar gemiddeld goed is. De werkelijke waarde varieert al naar de omstandigheden. We beginnen die afwijkingen steeds beter te begrijpen, en proberen ze ook daadwerkelijk in rekening te brengen. Er zijn echter ook onderzoekers die dit opgegeven hebben en voorstellen om de subgridschaal stochastisch te behandelen [Zie bijvoorbeeld H. von Storch, Conditional statistical models: a discourse about the local scale in climate simulations in P. Muller en D. Henderson (editors) Proceedings of the 'Aha Huliko'a Hawaiian Winter Workshop on Monte Carlo Simulations in Oceanography, 1997, SOEST Special Publication.]

[24] We moeten oppassen dat we succes bij het voorspellen niet als enig criterium gebruiken bij de ontwikkeling van modellen. Er kunnen immers maar al te makkelijk compenserende fouten optreden. Daarom wil ik er krachtig voor pleiten dat we doorgaan met het valideren van procesbeschrijvingen.

[25] Anderson, D., L. Bengtsson, P. Delecluse, J.-C. Duplessy, T. Fichefet, S. Joussaume, J. Jouzel, G. Komen, M. Latif, L. Laursen, H. Le Treut, J. Mitchell, A. Navarra, T. Palmer, S. Planton, A. Ruiz de Elvira, F. Schott, J. Slingo, J. Willebrand, 1998. Climate Variability and Predictability Research in Europe, 1999 - 2004. Euroclivar recommendations. KNMI, De Bilt, The Netherlands, xxiv + 120pp, en referenties in dit document.

[26] Er is veel kennis in Nederland, en er is ook de wil tot samenwerken. Zo werken de Universiteit van Utrecht, het KNMI en het RIVM samen in het Nederlands Centrum voor Klimaatonderzoek (CKO) De hiermee beoogde bundeling van krachten kan overigens nog best versterkt worden.

[27] Het IPCC rapport is een uniek soort publicatie. Er hebben honderden wetenschappers aan meegewerkt. De belangrijke samenvatting wordt vastgesteld door vertegenwoordigers van landen. Op die manier verenigt het op een knappe manier twee doelstellingen: het moet wetenschappelijk juist zijn en het moet een groot draagvlak hebben. Men spreekt in dit verband van 'joint ownership', gemeenschappelijk eigendom.

[28] Dit is niet de plaats om inhoudelijk in te gaan op het Derde

Assessmentrapport, dat ik trouwens alleen maar als concept ken, noch op het commentaar dat ik op tientallen punten geleverd heb. Ik heb de reactie van de auteurs op mijn kritiek opgevraagd bij het IPCC secretariaat, en ik heb die antwoorden ook gekregen, zij het niet helemaal compleet. Ik vind dat een geweldige organisatorisch prestatie die lof verdient. In sommige gevallen, vond ik de reacties van de auteurs overtuigend, in andere gevallen geheel niet. Daarbij heb ik wel een zeker patroon ontdekt. De commentaren die ik had waren van drieërlei aard. In de eerste plaats conceptueel. Ik vond dat een aantal sleutelbegrippen, zoals klimaatverandering, detectie en forcering niet goed gedefinieerd waren. Mijn opmerkingen hierover werden over het algemeen afgedaan met een verwijzing naar de lijst van definities die niet ter discussie stond. Dat betreurt ik. In de tweede plaats heb ik geprobeerd om hier en daar het belang van natuurlijke klimaatveranderingen te onderstrepen, alsmede de onzekerheid bij het maken van onderscheid tussen natuurlijke en antropogene klimaatverandering. Dat is maar zeer ten dele overgenomen. Daar lig ik niet wakker van. Het illustreert wel het speciale karakter van het IPCC rapport. Bij een derde groep commentaren heb ik wat puntjes op de i gezet op de terreinen waar ik mezelf als specialist beschouw. Ik wil niet ontkennen dat ik daarbij geprobeerd heb om wat meer aandacht te krijgen voor mijn eigen stokpaardjes. Sommige van mijn suggesties in deze categorie zijn overgenomen, andere niet. Daarmee valt goed te leven.

[29] Maar er staat veel op het spel. Enerzijds is er zorg om het milieu, anderzijds bestaat er weerstand tegen maatregelen om de emissies van broeikasgasen te beperken. Ook hier dus tegenkrachten.

[30] Gelukkig is het IPCC zich bewust van deze problemen, en staat het open voor verbetering. Er wordt dan ook voortdurend gestreefd naar verbetering van het 'proces'. Hier volgt een voorbeeld. IPCC publicaties komen anders tot stand dan gewone wetenschappelijke publicaties. Bij normale wetenschappelijk publicaties zijn de auteurs verantwoordelijk voor iedere letter van de inhoud, en de redacteur ('editor') bepaalt of het gepubliceerd wordt na 'review'. Bij dat reviewproces stellen onafhankelijke en (meestal) anonieme deskundigen een advies op, dat wordt voorgelegd aan de auteurs, die daar dan op kunnen reageren. De deskundigen kunnen daar dan weer op reageren. Als de deskundigen het niet eens zijn kunnen er extra opinies gevraagd worden. De redacteur velt uiteindelijk zijn oordeel op grond van het gehele dossier. Bij het IPCC is dit anders. Nadat groepen van auteurs een eerste concept gereed gemaakt hebben, wordt in twee rondes commentaar gevraagd. In de eerste ronde worden individuele deskundigen uitgenodigd om hun kritiek te formuleren. In de

tweede ronde wordt dit aan landen gevraagd, die dan op hun beurt weer deskundigen raadplegen. Anders dan bij normale wetenschappelijke publicaties hebben de auteurs bij het IPCC veel meer vrijheid om commentaar wel of niet te accepteren. Bij het tot stand komen van het Tweede Klimaatrapport, in 1995, heb ik dit als een bezwaar ervaren, en daarom heb ik er op aangedrongen dat er voor het derde rapport onafhankelijke redacteurs zouden worden aangewezen. Het is hun taak om te bewaken of commentaren correct verwerkt worden. Het voorstel is overgenomen.

[31] Zie: *The Limits to Growth - A report of the Club of Rome Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books, New York, 1972, in het Nederlands verschenen als *Aula-boek 500: Rapport van de Club van Rome, De grenzen aan de groei*. Bij alle kritiek die in de loop der tijd op dit rapport geuit is, is het opvallend dat de toename van de CO₂ concentratie aardig goed voorspeld is. In 1972, met een atmosferische CO₂ concentratie van 320 ppm, voorspelden ze dat die concentratie in het jaar 2000 een waarde van 380 ppm zou bereiken. Het is ongeveer 370 ppm geworden.

[32] Zich verschuilen achter het gebrek aan zekerheid over de huidige en toekomstige invloed van de mens op het klimaat is m.i. onjuist. Er is altijd onzekerheid. Bij alle belangrijke beslissingen. Men kan niet anders doen dan uitgaan van de aanwijzingen die er zijn. En die liegen er niet om. Echter, het afschatten en wegen van risico's is nog steeds een subjectieve zaak. Daarom ligt de besluitvorming in een democratie bij de politiek.

[33] Allen Hammond [*Which World? Global Destinies, Regional Choices, Scenarios for the 21st Century*, Earthscan, 1998] verkent verschillende toekomstscenario's. Economische groei speelt daarbij een grote rol. In mijn visie is economische groei echter geen doel maar middel, en daarom noem ik het niet expliciet in mijn ideaalbeeld. Scenario's zoals die van Hammond zijn gebruikt als verhaallijnen in het recente IPCC Special Report on Emission Scenarios [2000] bij het bepalen van een aantal emissiescenario's.

[34] Karl R. Popper, *The Open Society and Its Enemies* (London 1945).

[35] Fragment uit: *A Child of our Time*, Oratorio for soli, chorus and orchestra with text and music by Michael Tippett. Schott, 1944.

[36] Veel van de ideeën die ik besproken heb zijn collectieve ideeën, waardoor het niet eenvoudig is om de bedenker aan te wijzen en "krediet te geven".

Wel weet ik dat ik veel profijt heb gehad van gesprekken met en/of commentaren van Nordin Amri, David Anderson, Fons Baede, Henk de Bruin, Gerrit Burgers, Larry Gates, Bas van Geel, Harry Geurts, Carla Hondebrink, Jeroen & Mirjam Komen, Hervé Le Treut, Jan de Leeuw, John Mitchell, Geert Jan van Oldenborgh, Theo Opsteegh, Cor Schuurmans, Aad van Ulden, Koos Verbeek en Jürgen Willebrand, waarvoor dank.

Colofon

Vormgeving en productie

Johan Bremer

Druk binnenwerk

Cor Holland

Druk omslag en afwerken

Meerpaal Offset

© Gerbrand Komen

ISBN 90-369-2184-8

