

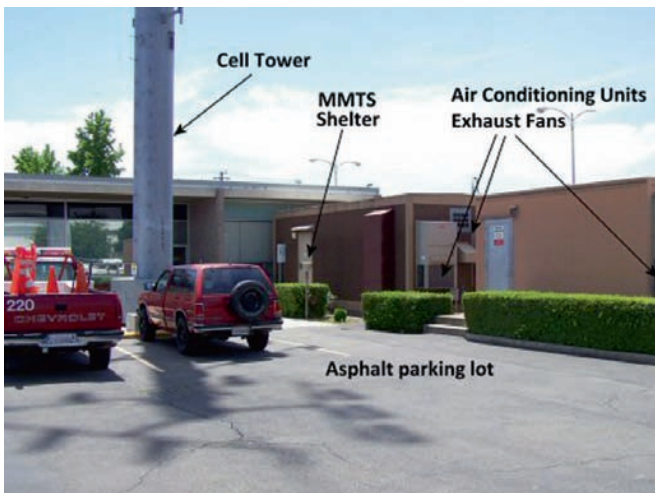
Op weg naar een wetenschappelijk verantwoorde klimatologie

Een koersverlegging in het onderzoek naar het aardse broeikaseffect

Arthur Rörsch

Het samenvallen van mondiale opwarming en stijging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer over honderd jaar, meer nauwkeurig vastgesteld over de laatste dertig jaar, wijst niet noodzakelijk op een causaal verband, gezien de onregelmatigheden die zich in beide trends voordoen. Een tot op heden veronderstelde correlatie is gebaseerd op de aanname dat CO₂ een belangrijke bijdrage zou leveren aan het zogenaamde aardse broeikaseffect. De omvang van een te verwachten effect kan echter ter discussie worden gesteld. Voorts rijst twijfel of de waargenomen opwarming in de vorige eeuw, op een tijdschaal van 1.000 jaar, wel zo bijzonder is, zoals recentelijk werd verondersteld.

Nader onderzoek van onder andere paleobiologische gegevens wijst uit dat de zogenaamde Warme Middeleeuwen niet genegeerd kunnen worden. In een voorgaand artikel (Spil, 2009, 4)² is gesuggereerd dat hieruit nieuwe wegen voor onderzoek zullen voortkomen die een nieuw licht kunnen werpen op de werking van de aardse broeikas. Daarbij zal dan een nieuw uitgangskoncept dienen te worden geformuleerd, een zogenaamd paradigma, (zie box A) waaraan de waarnemingen worden getoetst. De grondslag voor en de wenselijkheid van een mogelijke paradigmawijziging worden in het onderstaande nader toegelicht.



Voorbeeld van vervuiling van het temperatuurmeetnet van grondstations, zoals in de Verenigde Staten op grote schaal werd vastgesteld onder leiding van Anthony Watts

Het mondiale temperatuurgemiddelde als klimaatindicator

Elk jaar wisselt de berekende gemiddelde temperatuur van het aardoppervlak enige tienden van graden. Over de periode van een eeuw is de wisselvalligheid van de orde van grootte van 0,5 – 1°C, over een millennium kan deze een waarde van enkele graden bereiken. Deze ‘natuurlijke’ wisselvalligheid wordt algemeen toegeschreven aan de volgende belangrijkste invloeden:

1. De fluctuaties in de stralingsenergie van de zon die het oppervlak bereikt. Deze fluctuaties worden zowel opgewekt door veranderingen van processen in de zon zelf, als door de incidentele uitstoot van aerosolen door vulkanen, waardoor een afscherming van het zonlicht optreedt.
2. Het aardmagnetisch veld van zon en aarde is aan wisselingen onderhevig. Men veronderstelt dat daarvan een invloed uitgaat op de ontvangen kosmische straling die weer een effect zou hebben op de wolkbedekking.
3. Grote oceaanstromen doorlopen cycli, als gevolg waarvan

een herverdeling van warmte aan het oppervlak plaatsvindt. Men spreekt van een mondiale klimaatverandering als over een langere periode (minstens 30 jaar) een opmerkelijke verandering in de gemiddelde, mondiale oppervlaktetemperatuur is waargenomen. Gedurende de twintigste eeuw heeft zich een verhoging van ongeveer 0,7°C voorgedaan. Er is echter twijfel over de grootte en de betekenis van dit mondiale effect.

Het dilemma van de bijzondere opwarming

De gemiddelde mondiale temperatuurstijging die van 1850 tot heden werd berekend, is zeer wel mogelijk minder bijzonder dan door aanhangers van het CO₂-paradigma tot nu toe werd aangenomen. De zogenaamde *warm bias* in de mondiale temperatuur is inmiddels zeer goed gedocumenteerd in de wetenschappelijke literatuur, maar wordt door aanhangers van de broeikashypothese en het IPCC niet of nauwelijks erkend.^{3,4,5,6}

Er is enerzijds sprake van een ‘vervuiling’ van het meetnetwerk doordat weerstations in de loop van de twintigste eeuw als gevolg van urbanisatie steeds vaker te dicht bij bebouwing stonden, wat tot lokale opwarming leidt. Ook dit is inmiddels zeer goed gedocumenteerd, met name in de Verenigde Staten door Anthony Watts, die met vrijwilligers het merendeel van de 1.221 Amerikaanse weerstations van het US Historical Climatology Network onder de loep nam. Negen van de tien stations voldeden niet aan de gestelde kwaliteitscriteria, bijvoorbeeld dat het meetstation meer dan dertig meter verwijderd moet zijn van bebouwing.⁷

Anderzijds zijn met name de minimumtemperaturen niet representatief voor de atmosfeer als geheel. Dit heeft te maken met de grenslaag in de atmosfeer die 's nachts nogal dun is. Een opwarming – door wat dan ook – leidt dan met name dicht aan het oppervlak tot extra opwarming, die niets van doen heeft met de grootschalige atmosferische processen die we willen diagnosticeren.⁸ Het IPCC negeert deze problemen met de temperatuurmetingen en gebruikt dit kleiner worden van de Diurnal Temperature Range (DTR, het verschil tussen dag en nacht) juist als een bewijs voor het broeikaseffect, omdat de neerwaartse infrarode straling van CO₂ 's nachts meer effect zou hebben dan overdag.

De hockeystick

Ook op langere tijdschalen beschouwt het IPCC de huidige opwarming als ongeëvenaard (*unprecedented*). Die conclusie wordt ontleend aan temperatuurreconstructies die gebaseerd zijn op klimaatproxy's zoals boomringen en ijskernen. Berucht is vooral de hockeystickgrafiek van Mann *et al.* Deze grafiek laat een vrij stabiel klimaat zien van het jaar 1000 tot 1900 en daarna een enorme opwarming. De warme periode in de Middeleeuwen en de Kleine IJstijd waren daarmee gedegradeerd tot een regionaal fenomeen.

De Canadezen McIntyre en McKittrick toonden in 2003 en 2005 aan dat het resultaat afhangt van een aantal omstrede proxy's en dat de statistische methode niet goed gebruikt was. Hun kritiek is door het IPCC echter grotendeels terzijde geschoven met een verwijzing naar andere reconstructies die de hockeystick – en dus de unieke opwarming in de twintigste eeuw – zouden bevestigen. Onlangs ontdekte McIntyre dat die andere studies afhangen van een minstens zo omstreden groep boomringen op het Siberische schiereiland Yamal.⁹ De in vele reconstructies gebruikte Yamal-data zijn omstreden omdat slechts zeer weinig boomkernen gebruikt zijn en omdat een grotere verzameling boomkernen in een nabijgelegen gebied een heel ander signaal (daling van de ringwijdte) laat zien. De onderzoeker die de Yamal-data in de literatuur introduceerde, weigerde negen jaar lang zijn data te archiveren.

Al met al lijkt de uitkomst te zijn dat boomringen niet zulke goede thermometers zijn. De vraag welke periode warmer was – de Middeleeuwen of de huidige – ligt daarmee weer volledig open. Er is een selectief gebruik van data gemaakt. Voor een overzicht van de felle discussie over de hockeystick gedurende de laatste jaren zie een recent artikel van R. McKittrick, "Defects in Climate data are uncovered".¹⁰

Het algemene paradigma van het natuurlijk broeikaseffect

Indien het hedendaagse gemiddelde van de mondiale temperatuur niet bijzonder is en de stijging van de CO₂-concentratie over 50 jaar wel (circa 30%), dan wordt het veronderstelde effect dat

Box A

De betekenis van een paradigmawijziging

Een paradigma is een begrip in de filosofische discussie over de wijze van voortgang van de wetenschapsbeoefening dat door Kuhn werd ingevoerd.¹⁷ De huidige definitie is de volgende:¹⁸ Het is een verzameling wetenschappelijke voorveronderstellingen die een theoretisch kader vormen waarbinnen wetenschappelijke theorieën kunnen worden getoetst, geëvalueerd of herzien. Indien de gebruikte voorveronderstellingen drastisch veranderen, spreekt Kuhn van een wetenschappelijke REVOLUTIE, waarbij men een geheel andere kijk krijgt op de stand van de wetenschappelijke kennis en het inzicht.

Niet elke waarneming die in strijd is met een heersend paradigma, hoeft tot een revolutie te leiden, of tot verwerping van het paradigma als geheel. Zo'n waarneming kan leiden tot een aanpassing van het paradigma. Een belangrijke vraag is thans of het heersende concept van de werking van het CO₂ in de aardse broeikas moet worden vervangen door een heel ander inzicht hoe dat broeikaseffect in stand wordt gehouden. Dit is van belang uit het oogpunt van de voortgang van de wetenschap.

CO₂ het natuurlijke broeikaseffect sterk zou verhogen, minder waarschijnlijk. De werking van het natuurlijke broeikaseffect is in een vorig *Spil*-artikel uiteengezet (zie voetnoot 2). In het kort komt het erop neer dat het water in de atmosfeer een infraroodbron is, waardoor overdag meer stralingsenergie het aardoppervlak bereikt dan alleen van de zon. Zonder dampkring, zonder terugstraling uit de atmosfeer, levert de zon onvoldoende Joules/jaar om de gemiddelde oppervlaktetemperatuur boven het vriespunt te brengen. Gaan we uit van de denkbeeldige situatie dat de aarde eens een ijsklont was, dan zal van het begin af aan toch enige waterdamp door sublimatie in de atmosfeer zijn gebracht. Door toegenomen terugstraling van dit water zal de oppervlaktetemperatuur zijn verhoogd en daarmee de verdamping verder zijn toegenomen.

Hoe lang zet dit proces van voortdurend stijgende temperatuur met voortdurend toenemende H₂O-concentratie in de atmosfeer zich voort? Kennelijk niet tot een eindsituatie waarin alle water uit de zee is verdampt. Er stelt zich een evenwicht in onder invloed van de watercirculatie: de koudere atmosfeer retourneert regenwater (of sneeuw en hagel).

Het CO₂-paradigma

Water is niet het enige infrarood absorberende en emitterende molecuul in de dampkring. Daarnaast is een kleine hoeveelheid CO₂ aanwezig, dat bij specifieke golflengten eveneens in het infrarood straling produceert. Het ligt dus voor de hand te veronderstellen dat de CO₂-concentratie in de atmosfeer de werking van het water-broeikaseffect beïnvloedt. Men verwacht van een CO₂-concentratieverhoging een verhoging van de temperatuur door de gehele atmosferische kolom en daarmee ook aan het aardoppervlak. Op fysische gronden is dit met modelberekeningen aannemelijk te maken, maar *in situ* moeilijk aan te tonen. Het handvat is het reeds genoemde verschijnsel dat over de vorige eeuw bij een waargenomen stijging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer de gemiddeld berekende oppervlaktetemperatuur is gestegen. Echter niet evenredig en ook niet op alle locaties in dezelfde mate. Sinds we over nauwkeurige temperatuurmetingen van satellieten beschikken (1980), toont met name Antarctica geen of slechts een zeer geringe stijging. Er zijn dus complicaties die we mogen verwachten te worden veroorzaakt door de ingewikkeldheid van het systeem. De aarde draait om een scheefstaande as en om de zon, waardoor de seizoenen ontstaan. Met de onevenredige belichting van de zon ontstaan ingewikkelde en wisselende lucht- en oceaanstromen waardoor ontvangen warmte op een mondiale schaal voortdurend opnieuw wordt verdeeld. Onder het hoofdje 'weer'-paradigma wordt hierop teruggekomen. In het verlengde van de veronderstelling dat CO₂ een primair effect zal hebben op de warmtestroom naar het oppervlak, ligt de veronderstelling dat de dientengevolge verhoogde verdamping de vochtigheid in de atmosfeer zal verhogen, en dat dit het door water veroorzaakte broeikaseffect zal versterken. Men noemt dit een positieve *feedback*.

Een bijgesteld CO₂-paradigma

Een verhoogde terugstraling van CO₂ zal echter door de waterverdamping ook de verwijdering van latente warmte van het oppervlak bevorderen en dus een afkoeling veroorzaken (negatieve *feedback*). In hoeverre wegen positieve en negatieve *feedback* tegen elkaar op? De rekenaars aan dit soort modelstudies, zijn het vooralsnog niet met elkaar eens.¹¹

Het probleem is complex omdat niet alleen de stralingstransfer en verdampingprocessen in aanmerking moeten worden geno-



Onmiskenbaar een waterplaneet, waar Carnot-machines de klimaten reguleren

men, maar ook de invloeden van verticale luchtstromen (convec-tie, thermiek en turbulentie) die effectieve warmtetransporteurs zijn van oppervlak naar atmosfeer.

Het paradigma van de weerthermostaat

Een belangrijk punt bij de beschouwing van de mondiale stralingsbalans (het evenwicht tussen ontvangen zonenergie en uitstraling van atmosfeer naar heelal) is dat zo'n evenwicht zich op geen enkele locatie voordoet.¹² Dit maakt de waarde van alle modelberekeningen aan een specifieke atmosferische kolom op een bepaalde plaats twijfelachtig. In de equatoriale zone tussen 30° ZB en 30° NB wordt vanuit de top van de atmosfeer minder uitgestraald dan aan energie door de zon wordt ingestraald. Het export-energiebudget naar het heelal is in deze zone negatief. In de flanken (van Zuidpool tot 30° ZB en 30° NB tot Noordpool) wordt meer energie naar het heelal uitgestraald dan van de zon wordt ontvangen. Het energiebudget is hier, ten opzichte van het heelal, positief. Conclusie: om tot een mondiale balans binnen een afzienbare tijd te komen, moet de energie-uitwisseling in de atmosfeer tussen het equatoriale gebied en de flanken van grote betekenis zijn. Deze wordt gestuurd door de weerverschijnse-len.

De gebeurtenissen op de verschillende breedtegraden beïnvloeden elkaar door de gecompliceerde bewegingen van luchtmas-sa's die op de weerkaart worden aangegeven rond de hoge- en lagedrukgebieden (anticyclonen en cyclonen). Zij zijn daarmee 'machines' die ook het verticale warmtetransport sterk beïnvloeden. Men noemt ze warmte- of Carnotmachines¹³, die volgens de klassieke thermodynamica functioneren. En volgens de klassieke klimatologie wordt het klimaat in de verschillende klimaatzones hoofdzakelijk via deze machines bepaald (zie box B). Ze worden aangestuurd door de oppervlaktetemperatuur. Deze temperatuurregelaars bepalen zelf in hoge mate de stralingscapaciteit van de atmosfeer met het watergehalte en de wolkbedekking. De drijvende kracht achter deze processen is de onevenwichtige be-lichting van het aardoppervlak door de zon. Vanuit dit paradigma rijst de vraag of enige verandering van de CO₂-concentratie in de atmosfeer op de waterplaneet de werking van genoemde Carnot-machines kan beïnvloeden.¹⁴

Samenvatting van de tegenstelling tussen de paradigma's

Het CO₂-paradigma gaat uit van een *forcing model*. Bepaalde ac-toren (zon, aerosolen, zeestromen, CO₂) hebben afzonderlijk een invloed op de oppervlaktetemperatuur. Dit is wat men noemt een reductionistische beschouwing. Op zichzelf is deze nuttig om het inzicht in de primair werkzame krachten te analyseren, maar werken deze in het complexe systeem ook uit zoals veronder-steld?

Het weerparadigma gaat ervan uit dat het broeikaseffect binnen grenzen wordt geregeld door de waterhuishouding waarmee dus een warmtehuishouding gepaard gaat, onder sterke invloed van de overgang van de toestandfasen van H₂O. Het essentiële ver-schil in de paradigma's is dat in het CO₂-concept een effectieve, afzonderlijke bijdrage aan de emissiviteit van de atmosfeer op het broeikaseffect wordt toegekend, waarbij de mogelijkheid van een natuurlijk regelproces van het broeikaseffect niet wordt erkend. Terwijl het weerparadigma ervan uitgaat dat een watergestuurd regelproces in de broeikas een overheersende rol speelt.

Extreem gesteld: het CO₂-paradigma stelt dat de samenstelling van de atmosfeer via het broeikaseffect de oppervlaktetempera-tuur in overwegende mate bepaalt. Het weerparadigma stelt dat een 'toevallige' (tijdelijke, lokale) verandering van de oppervlak-tetemperatuur (door zon, aerosolen, zeestromen) de samenstel-ling van de atmosfeer via de waterhuishouding (dus de sterkte van het broeikaseffect) bijstuurt. En dat daarbij ook het effect van een meer permanente CO₂-verandering zou kunnen worden opgevangen.

Welk paradigma verdient de voorkeur?

Welk paradigma de voorkeur verdient, is vooraansnog een moeilijk te beantwoorden vraag. Paradigma's worden buiten de weten-schappelijke wereld ten onrechte opgevat als WETMATIGHEDEN die berusten op consensus-opvattingen in een bepaald wetenschap-pelijk circuit. Paradigma's zijn raamwerken waarbinnen nader onderzoek wordt verricht. De huidige stand van zaken is mijns inziens dat verschillende paradigma's, naast elkaar, nader dienen te worden beschouwd binnen de wetenschappelijke infrastruc-

Box B

Historische situatie in Atlantisch gebied

Het brede patroon van klimaatveranderingen in de historische periode is in overeenstemming met de hypothese van afwisse-lende afzwakking en versterking van de atmosferische circula-tie, die verbonden zijn met afwisselende poolwaartse en equa-torwaartse veranderingen van de windzones. Tijdens perioden met geringe circulatie trekken de westenwinden rond de polen samen en er treden veel anticyclonen op tussen de keerkringen. De winden zijn variabel, de regenval is relatief gering en het klimaat heeft een 'continentaal karakter' dat wordt gekenmerkt door koude winters en warme zomers. Als de circulatie sterker is, overheersen de westenwinden. Er treden dan meer stormen op, die tot lagere breedtegraden doordringen. De regenval is heftiger en het klimaat krijgt meer het karakter van een zeekli-maat. Dit was de algemene situatie in het Atlantische gebied, met enkele onderbrekingen na 1200.

Bron: *Enclopaedia Britannica 1964*, deel V.



**What do you see?
By shifting perspective you might see an
old woman or a young woman.**

Paradigma shift?

tuur. Bij zo'n evaluatiestudie wordt dan gebruikelijk een sterkte-zwakte-analyse op de verschillende paradigma's toegepast. Daarvan voorafgaand is echter nader fundamenteel onderzoek van de werking van het aardse broeikaseffect nodig met een andere we-

tenschappelijke instelling dan tot op heden bij de verkondiging van het CO₂-paradigma is waargenomen.

Nader onderzoek

Aan de orde is de vraag hoe het jaarlijkse mondiale energiebudget tot stand komt (zie box C). De klassieke opvattingen over de oorzaak van klimaatverandering (zie box B) zijn, wat betreft de combinatie van massa- en energietransporten die met elk van de onderscheiden weersverschijnselen gepaard gaan, in dit opzicht nog onvoldoende onderbouwd.

Bij de presentatie van de laatste grote evaluatiestudie van het IPCC (2007) hebben aanhangers van de zogenaamde *Anthropogenic Global Warming*-hypothese (AGW) verkondigd: "The science is settled." Dit is onwaarschijnlijk, want gedurende het laatste decennium blijken waarnemingen en voorspellingen op grond van klimaatmodellen die op het CO₂-paradigma zijn gebaseerd, sterk uiteen te lopen. De verklaring die werd gegeven, is gebaseerd op de aanname dat verhoging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer de oppervlaktetemperatuur MOET verhogen, maar dat de complexe modellen nog onzekerheden bevatten. Men stort zich aldus op de VERBETERING van de modellen om de ONZEKERHEDEN te verminderen, maar houdt vast aan het uitgangspunt van het CO₂-paradigma.

Het is de vraag of dit vruchtbaar kan zijn. Er heerst immers de nodige twijfel of het complexe klimaatsysteem, zelfs met de grootst mogelijke supercomputers, ooit op mondiale schaal te modelleren zal zijn. Een nieuwe benadering kan zijn om het CO₂-paradigma voorlopig te parkeren en de waarneming van de verhoging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer vanuit een andere invalshoek te bekijken.

In tal van experimentele wetenschappen is het - teneinde inzicht te verkrijgen in het verloop van een natuurlijk proces - een gebruikelijke benadering, dit proces bewust te verstoren en de effecten daarvan na te gaan. In de biochemie doet men dit bijvoorbeeld bij het onderzoek naar de omzettingen in de levende cel door meta-

**Box C
Het mondiale energiebudget**

De straling van de zon (Z) wordt gedeeltelijk in de atmosfeer geabsorbeerd (Z₁) en een gedeelte bereikt het aardoppervlak (Z₂).

Het aardoppervlak straalt infrarood uit (I), dat (bij onbewolkte hemel) gedeeltelijk (in een bepaald golflengtegebied) door het zogenaamde 'atmosferisch raam' direct naar het heelal gaat (I₁) maar voor een belangrijk deel in de atmosfeer wordt geabsorbeerd (I₂). W is de warmte die door waterverdamping, convectie en turbulente stroming van het oppervlak naar de atmosfeer wordt getransporteerd.

H₁ is het infrarood dat de top van de atmosfeer naar het heelal uitstraalt. Totaal (H) wordt dus I₁ + H₁ dat door het systeem aarde + atmosfeer naar het heelal wordt uitgestraald.

A_T is de infrarood straling van de atmosfeer die naar het aardoppervlak wordt teruggezonden.

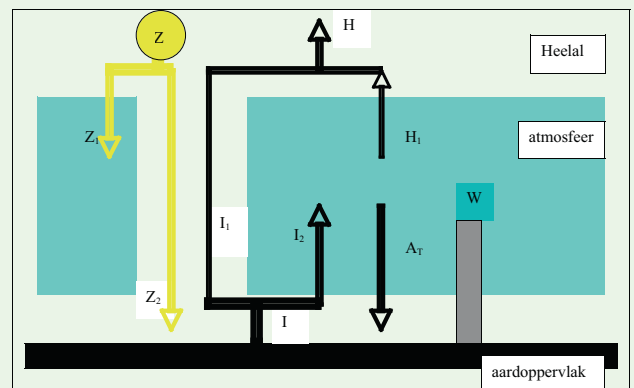
De opwarming van het aardoppervlak ΔO is het verschil van de inkomende en uitgaande energie: ΔO = (Z₂+A_T) - (I+W)

De opwarming van de atmosfeer ΔA= (Z₁+I₂+W) - (H₁+A_T)

Indien er sprake is van een mondiale energiebalans over de periode van een heel jaar, dan is Z = (Z₁+Z₂) = H = (I₁+H₁): de totaal inkomende straling van de zon is gelijk aan wat aan de top van de atmosfeer naar het heelal wordt uitgestraald.

ΔO en ΔA zijn nooit op enige plaats en op enige tijd gelijk nul. Ze variëren bij dag en bij nacht en buiten de equatoriale zone met de seizoenen.

De optische dichtheid en emissiviteit van de atmosfeer, met en zonder wolken, beïnvloedt elk van de stralingstransfer processen Z₁, Z₂, I₁, I₂, H₁ en A_T. In welke kwantitatieve samenhang is echter nog verre van duidelijk. Indien de optische dichtheid toeneemt (waarbij de wolkbedekking van groot belang is en die weer afhankelijk is van de waterhuishouding) zullen alle parameters veranderen.



bole remmers zoals antibiotica toe te voegen, of door bepaalde genen in het DNA uit te schakelen.¹⁵ In principe is deze aanpak in de klimatologie niet mogelijk. Men is bij het onderzoek vrijwel volledig aangewezen op waarnemingen van fenomenen die niet te beïnvloeden zijn. Men kan nu echter de stijging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer zien als een aangereikte, mogelijke verstoring waarvan het nuttig is eventuele effecten te bekijken, om zo inzicht te krijgen in het ongestoorde proces.

Het 'ongestoorde' proces waar het om gaat, is hoe de waterplaat de grootte van zijn broeikaseffect instelt met behulp van zijn waterhuishouding. Er is vooralsnog niet kwantitatief te verklaren waarom er geen *run away*-effect optreedt, waarom op grond van de verwachte positieve *feedback* van de infraroodstraling van H₂O in de atmosfeer niet alle water uit de oceanen verdampt. Cruciale vragen zijn waar het natuurlijke evenwicht ligt, en hoe men een effect van CO₂ kan veronderstellen als men de natuurlijke regelende functies onvoldoende in kaart heeft gebracht.

Wellicht is CO₂ bij de huidige concentratie (0,038 %) niet een geschikte stof om de waterhuishouding te verstoren, net zomin als het beneden 1% een invloed uitoefent in biologische systemen, waar het een van de belangrijkste metabolieten is. Wellicht helpt CO₂ ons geen stap verder om het broeikaseffect te doorgronden, maar dat laat onverlet de belangrijke wetenschappelijke vraagstelling hoe de weersverschijnselen het broeikaseffect beïnvloeden en mogelijk regelen.

Men zou verwachten dat het fundamentele klimatologische onderzoek zich daarop in het bijzonder zou concentreren. Er zijn zeker onderzoekers op dit gebied werkzaam, maar hun 'licht schijnt onder de korenmaat' omdat de algemene stemming door het CO₂-paradigma wordt overheerst. Er is rond het IPCC een typische sociale wetenschappelijke infrastructuur ontstaan die dit mogelijk heeft gemaakt. In een volgende *Spil* wordt deze nader bekeken, in vergelijking met ontwikkelingen in een andere tak van wetenschap, de sociobiologie.¹⁶

Noten

- ¹⁾ Lean, J.L., and D.H. Rind, "How will Earth's surface temperature change in future decades?", *Geophysical Research Letters*, 36 (2009), L15708.
- ²⁾ A. Rörsch, "Misvattingen over de dreigende opwarming van de aarde", *Spil*, 2009, 3: 17-21.
- ³⁾ McKittrick, R.R., and P.J. Michaels, "Quantifying the influence of antropogenic surface processes and inhomogeneities on gridded global climate data", *Journal Geophysical Research*, 112, D24S09.
- ⁴⁾ Pielke Sr., R.A., et. al., "Unresolved issues with the assessment of multidecadal global land surface temperature trends", *Journal Geophysical Research*, 112, D24S08. doi:10.1029/2006JD008229.
- ⁵⁾ Klotzbach, P.J., R.A. Pielke Sr., R.A. Pielke Jr., J.R. Christy, and R.T. McNider, "An alternative explanation for differential temperature trends at the surface and in the lower atmosphere", *Journal Geophysical Research*, 2009, in press.
- ⁶⁾ De Laat, A.T.J., and A.N. Maurellis, "Evidence for Influence of Antropogenic Surface Processes on Lower Tropospheric and Surface Temperature Trends", *International Journal of Climatology*, 26 (2006): 897-913.
- ⁷⁾ www.surfacestations.org en <http://www.heartland.org/books/SurfaceStations.html>
- ⁸⁾ Pielke Sr., R.A., and T. Matsui, "Should Light Wind and Windy Nights have the Same Temperature Trends at Individual Levels Even if the Boundary Layer Averaged Heat Content Change is the Same?", *Geophysical Research Letters*, 32 (2005), L21813, doi:10.1029/2005GL024407.
- ⁹⁾ <http://www.climateaudit.org/?p=7168>
- ¹⁰⁾ <http://network.nationalpost.com/np/blogs/fullcomment/archive/2009/1001/ross-mckittrick-defects-in-key-climate-data-are-uncovered.aspx#>
- ¹¹⁾ Lokale discussie tussen Thoenes (procestechnoloog) en Siegmund (KNMI) en Van Anel (procestechnoloog) en Van Dorland (KNMI).
- ¹²⁾ Viscounti, G., *Fundamentals of Physics and Chemistry of the Atmosphere* (Springer, 2001).
http://www.uwsp.edu/gEo/faculty/tritter/geog101/textbook/energy/global_patterns_of_heat_transfer.html

¹³⁾ K. Emanuel, *Divine winds* (Oxford University Press, 2005). Nederlandse vertaling: *Orkanen* (Wetenschappelijke Bibliotheek Veen Magazines. Diemen, 2006).

¹⁴⁾ Willis Eschenbach, "The thermostat hypothesis", <http://watusup-withthat.com/2009/06/14/the-thermostat-hypothesis/>

¹⁵⁾ A. Rörsch, *Experimentele mutagenese. De praktische toepassing van de genetische blokkade bij het onderzoek van de celstofwisseling* (Inaugurele rede, Leiden, 1967).

¹⁶⁾ Ullica Segerstrale, *Defenders of the Truth: The Battle for Science in the Sociobiology* (Oxford University Press, 2000). Boekbespreking van Gordan Morgan, *Journal of Information Ethics*, 14 (2005), 1: 72-74.

Het boek van Segerstrale behandelt de spanning tussen de wetenschappelijke waarheid en de maatschappelijke instelling. Maar het gaat in wezen om de spanning tussen aangehangen paradigma's en de ideologie waaraan men heden ten dage refereert als 'politieke correctheid'. De conclusie is dat *MACHT* een belangrijke rol speelt bij de bepaling van wie de winnaar is in een wetenschappelijk debat. Er worden veel voorbeelden gegeven van onwenselijke wetenschappelijke praktijken (in de sociobiologie), zoals heksenjacht, gebrek aan kritische wetenschappelijke instelling, onwenselijke interrupties bij voordrachten, halve waarheden die door experts worden verkondigd, opzettelijke misinterpretaties, misleidend taalgebruik, smaad, vrees voor feiten, en het onderdrukken van waarheidsvinding.

¹⁷⁾ T. Kuhn, *The structure of scientific revolutions* (The Chicago University Press, 1962).

¹⁸⁾ *The Cambridge dictionary of philosophy*. Ed. R. Audi (Cambridge University Press, 1996).

De auteur is emeritus hoogleraar Moleculaire genetica (Leiden, 1967-1997) en oud-lid van de Raad van Bestuur TNO (1980-1995). Hij maakte deel uit van een tiental commissies die in Europa de kwaliteit van wetenschappelijk onderzoek in universiteiten, instituten en internationale onderzoeksprogramma's evalueerden.