

1 Een Faustiaans verbond

*Trek op de grond die cirkel, en fel onweer
breekt los uit wervelwind, weerlicht en storm
Doctor Faustus, Tweede Bedrijf, Eerste Scène¹*

Iedereen heeft wel eens van Faust gehoord. De naam, die in het Latijn ‘de gelukkige’ betekent, werd door Duitse beoefenaars van de toverkunsten op ongeveer dezelfde manier gebruikt als de hedendaagse illusionisten die zich de titel ‘de wonderbaarlijke’ of ‘de onovertreffene’ aanmeten. Maar wie was de oer-Faust? In het jaar 1513 hoorde een zekere Conrad Mudt in Erfurt een ‘overmatig en onbezonnen opschepper’ zichzelf omschrijven als de ‘halfgod van Heidelberg’.² Zijn naam was ‘Jörg Faust’. In 1528 werd een zekere ‘Jörg Faust’ de stad Ingolstadt uitgegooid, en in 1532 werd ene ‘Dr Faust, de beruchte sodomiet en beoefenaar der zwarte kunsten’ de toegang tot Neurenberg ontzegd.³ Hij boezemde de mensen duidelijk angst in. Toen hij in 1540 of 1541 in Württemberg overleed, fluisterden de inwoners dat hij door de Duivel was opgehaald.

Na zijn dood begon zijn verhaal de ronde te doen en in 1587 publiceerde een anonieme theoloog uit Frankfurt een uitvergroete versie.⁴ Twee jaar later werd de tekst in het Engels vertaald als *The History of the Damnable Life and Deserved Death of Doctor John Faustus*. Deze diende vervolgens als bron voor Christopher Marlowe’s toneelstuk *The Tragical History of Doctor Faustus*, dat hij rond het jaar 1590 lijkt te hebben geschreven.

Marlowe vertelt het verhaal van een briljante geleerde die, ‘zát van de weelde uit pure wetenschap’,⁵ de grenzen van

de menselijke kennis opzoekt. Door aardse studies verveeld, neemt hij zich voor om met behulp van de zwarte magie toegang te krijgen tot

een wereld van profijt en verrukking,
van eer, van macht, van onbepaalde almacht.⁶

Wanneer hij eenmaal zijn duivelse krachten heeft verworven, zo gelooft hij, zullen geesten hem alles brengen wat zijn hart begeert:

Ik stuur ze om goud, vliegend naar India,
laat ze om parels de Oceaan doorwoelen,
zend ze om vruchten mals en vorstelijk konfijt
tot in der Nieuwe Wereld verste hoeken.⁷

Faustus trekt een cirkel en roept hiermee Mefistofeles op, de knecht van de Duivel. Hij wil een verbond met hem sluiten: als de Duivel hem vierentwintig jaar de tijd gunt om ‘te leven in alle wellust die ik kan bedenken’⁸, zal Faustus na afloop van deze periode zijn ziel aan de hel afstaan. Mefistofeles legt de consequenties uit, maar de doctor wil hem eenvoudig niet geloven.

Waar zie je Faustus voor aan?
Dat hij zou denken dat er na dit leven
nog sprake is van pijn? Nee, werkelijk,
dat is beuzelarij – en vrouwenpraat...⁹

Het verbond wordt gesloten en met bloed getekend, en Faustus krijgt zijn magische krachten. Met behulp van een ‘span van louter vuur’ struint hij door heel Europa. Hij verricht ook wonderen. Zo laat hij bijvoorbeeld hartje winter verse druiven aanrukken vanuit het zuidelijk halfrond. Na vierentwintig jaar verschijnen de duivels om hem op te halen. Hij smeekt om genade, maar daarvoor is het te laat. Zij slepen hem mee naar de hel.

Als je niet beter zou weten, zou je denken dat het verhaal een metafoor is voor klimaatverandering.

Faust staat dan voor de mensheid: opgejaagd, nieuwsgierig en onverzadigbaar. Mefistofeles, in de oorspronkelijke Engelse tekst geïntroduceerd als ‘man van vuur’,¹⁰ staat symbool voor fossiele brandstof. Faust’s wonderbaarlijke verrichtingen zijn de bedrijvigheden die fossiele brandstoffen mogelijk maken. Vierentwintig jaar is de tijd – ongeveer de helft van de werkelijke periode – waarin we dankzij deze brandstoffen in weelde hebben kunnen leven. En de vlammen van de hel? Vermoedelijk hebt u daar zelf al iets bij kunnen verzinnen.

In 1590 werd de economie vooral door hout, water, wind en paarden aangedreven. In Engeland werd daarnaast een kleine hoeveelheid fossiele brandstof gebruikt: zo weten we bijvoorbeeld dat er in 1585 door de stad Londen ongeveer 24.000 ton steenkolen werd ingevoerd.¹¹ Met die kolen konden ze net zoveel energie opwekken als Groot-Brittannië nu in een halfuur verbruikt.*

Het zou nog drie eeuwen duren voordat vloeibare fossiele brandstoffen massaal hun intrede deden. Europa zat nog midden in de ‘Kleine IJstijd’, met temperaturen die één tot anderhalve graad lager waren dan nu. De wetenschap bestond, op enkele uitzonderingen na, uit een bonte mengeling van alchemie, theologie en magie. Als de huidige door de mens ontketende klimaatverandering in de zestiende eeuw zou zijn opgetreden, hadden de mensen die toen leefden niet de middelen om het waar te nemen. *De Tragische Geschiedenis van Doctor Faustus* is geen allegorische vertelling over klimaatverandering. Maar

* Volgens het Britse Ministerie van Handel en Industrie verbruikte Groot-Brittannië in 2003 68,7 miljoen ‘short tons’ aan kolen.¹² Eén short ton = 2000 Britse pond; 1 Britse ton = 2240 pond. $68,7 \times (2000 / 2240) = 61,3$ miljoen Britse ton. Volgens de Amerikaanse Energy Information Administration wordt in Groot-Brittannië 15 procent van alle opgewekte energie door kolen geleverd.¹³ $61,3 \times (100 / 15) = 408,7$ miljoen ton. $408.700.000 / 24.000 = 17.029$. In één jaar zijn er 8.760 uren. $8.760 / 17.029 = 0,514$.

de intenties van de dichter doen geen afbreuk aan de kracht van de metafoor. Ons gebruik van fossiele brandstoffen is met recht een Faustiaans Verbond.

Wie er nu nog aan twijfelt dat door de mens veroorzaakte klimaatverandering plaatsvindt, gaat niet te rade bij de wetenschap maar valt terug op een andere manier om de wereld te begrijpen: alchemie bijvoorbeeld, of magie.

Ijsboringen in Antarctica hebben aangetoond dat de atmosferische concentraties van de twee belangrijke broeikasgassen, kooldioxide en methaan, gedurende de laatste 650.000 jaar nog nooit zo hoog zijn geweest als nu.^{14,15} Gedurende deze hele periode liep de gemiddelde temperatuur op aarde min of meer parallel aan de concentraties van deze gassen.¹⁶

In de afgelopen eeuw is de hoeveelheid kooldioxide (CO₂) in de atmosfeer sneller gestegen dan in welke andere periode in de laatste 20.000 jaar.¹⁷ Een dergelijke snelle ophoping van broeikasgassen in de atmosfeer kan alleen maar door menselijke activiteiten worden veroorzaakt: kooldioxide komt vrij bij verbranding van olie, steenkool en gas en door het kappen van wouden, methaan door het bedrijven van landbouw en veeteelt en vanuit vuilstortplaatsen.¹⁸

Beide gassen spelen in de atmosfeer een belangrijke rol: ze laten meer zonnewarmte toe dan ze laten ontsnappen. Hoe hoger de concentratie ervan, hoe hoger de temperatuur op onze planeet. Sinds de tijd van Marlowe is de concentratie CO₂, de belangrijkste van de twee, van 280 delen op één miljoen delen lucht (geschreven als '280 ppm') naar 380 ppm gestegen.¹⁹ Het grootste gedeelte van deze stijging is in de laatste 50 jaar opgetreden. Als gevolg hiervan is de gemiddelde temperatuur op aarde de afgelopen eeuw met 0,6° Celsius gestegen. In een onlangs verschenen rapport stelde de Wereld Meteorologische Organisatie, WMO, vast dat 'er de laatste 1000 jaar waarschijnlijk geen eeuw is geweest waarin de temperatuur zo sterk is gestegen als in de twintigste eeuw.'²⁰

Als u deze verklaring voor het opwarmen van de aarde verwerpt, dient u zich de volgende vragen te stellen:

1. Bevat de atmosfeer CO_2 ?
2. Leidt een hogere CO_2 -concentratie tot een stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde?
3. Zal deze invloed sterker gelden als er meer CO_2 aan de atmosfeer wordt toegevoegd?
4. Hebben menselijke activiteiten tot een netto-uitstoot van CO_2 geleid?

Als u op een of meer van deze vragen ‘nee’ hebt geantwoord kunt u zichzelf gerust voordragen voor een Nobelprijs, aangezien het u dan gelukt is de moderne wetenschap volledig op zijn kop te zetten.

Het verband tussen uitstoot en opwarming is ook door metingen aangetoond. Een in 2005 in *Science* verschenen studie naar de opwarming van de oceanen in de laatste veertig jaar laat bijvoorbeeld zien dat de veranderde warmteverdeling precies overeenkomt met de stijgende uitstoot van CO_2 door de mens.²¹ De hoofdauteur van het artikel vatte zijn bevindingen als volgt samen:

De aanwijzingen zijn zó sterk dat ze vermoedelijk een einde zullen maken aan alle discussies over de vraag of de mens nu wel of niet verantwoordelijk is voor de opwarming van de aarde.²²

Dit lijkt misschien een ferme uitspraak, maar de visie van deze auteur wordt algemeen gedeeld. In 2004 publiceerde *Science* een artikel waarin verslag werd gedaan van een onderzoek naar de uitkomsten van wetenschappelijke artikelen die de woorden ‘global climate change’ bevatten.²³ In het door de auteur doorzochte databestand vond ze er 928. ‘Geen één van de artikelen,’ zo stelde zij vast,

week af van het consensusstandpunt... Ook al bestaat er bij politici, economen, journalisten en anderen de indruk dat er onder klimaatwetenschappers verwarring, onenigheid of zelfs ruzie zou heersen, die indruk is incorrect.²⁴

In 2001 deed de Royal Society, de meeste gerenommeerde wetenschappelijke instelling van Groot-Brittannië, de volgende verklaring uitgaan:

Ondanks de steeds grotere overeenstemming over de wetenschappelijke onderbouwing van de mondiale klimaatverandering, zijn er onlangs twijfels geuit over de noodzaak de risico's van deze klimaatverandering te beperken. Naar onze mening zijn deze twijfels ongegrond.²⁵

Deze verklaring werd ondertekend door overeenkomstige organisaties in vijftien andere landen.*

Vergelijkbare verklaringen zijn ook uitgegaan van de Amerikaanse Nationale Academie van Wetenschappen,²⁶ de Amerikaanse Meteorologische Vereniging,²⁷ de Amerikaanse Geofysische Unie²⁸ en de Amerikaanse Vereniging ter Bevordering van de Wetenschap.²⁹

Tot 2005 konden mensen die volhielden dat het menselijke aandeel in klimaatverandering onbewezen was, nog op één argument terugvallen. Bij het bestuderen van satellietmetingen hadden de atmosfeerwetenschappers Roy Spencer en John Christy in 1992 ontdekt dat een deel van de atmosfeer (de lagere troposfeer) in de voorafgaande dertien jaar was afgekoeld.³⁰ Dit was strijdig met het hele idee van mondiale opwarming. In 2005 wezen drie onafhankelijke studies echter uit dat de gegevens verkeerd waren afgelezen.^{31,32,33} Profes-

* De Australische Academie van Wetenschappen, de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, de Braziliaanse Academie van Wetenschappen, de Royal Society van Canada, de Caribische Academie van Wetenschappen, de Chinese Academie van Wetenschappen, de Franse Academie van Wetenschappen, de Duitse Academie van Wetenschappen Leopoldina, de Indiase Nationale Academie van Wetenschappen, de Indonesische Academie van Wetenschappen, de Koninklijke Ierse Academie, de Accademia Nazionale dei Lincei (Italië), de Maleisische Academie van Wetenschappen, de Academische Raad van de Royal Society van Nieuw-Zeeland en de Koninklijke Zweedse Academie van Wetenschappen.

sor Christy gaf toe dat zijn bevindingen onjuist waren en beaamde dat er inderdaad een opwarming van de atmosfeer had plaatsgevonden. Zoals de auteur van een van de latere studies opmerkte:

er zijn nu geen gegevens meer die in tegenspraak zijn met de uitkomsten van de computermodellen van de mondiale opwarming.³⁴

De hoeveelheid zee-ijs in het noordpoolgebied is inmiddels geslonken tot het laagste peil ooit gemeten.³⁵ Op Antarctica keken wetenschappers in 2002 verbijsterd toe hoe de gigantische ijsplaat Larsen B uiteenviel en in zee stortte.³⁶ In een artikel in *Science* werd geconcludeerd dat dit was veroorzaakt door smelting van het ijs, op gang gebracht door een warmer wordende oceaan.³⁷ Sinds enkele decennia stijgt de zeespiegel wereldwijd met ongeveer 2 mm per jaar,³⁸ gedeeltelijk door de uitzetting van het water door de oplopende temperatuur, deels door smelting van sneeuw en ijs.

Bijna overal op aarde trekken de gletsjers zich terug.^{39,40} De permafrostgebieden van Alaska en Siberië, sinds de laatste IJstijd bevroren, beginnen nu te smelten.^{41,42} In bepaalde delen van het Amazone-regenwoud stijgen de temperaturen nu tot boven de grens waarbij bomen kunnen overleven, waardoor er een savanne begint te ontstaan.⁴³ In de Indische Oceaan en het zuidelijk deel van de Stille Oceaan sterven de koraalriffen af. De Wereldgezondheidsorganisatie, de WHO, schat dat klimaatverandering momenteel leidt tot de dood van ongeveer 150.000 mensen jaarlijks, als gevolg van de snellere verspreiding van ziektes bij hogere temperaturen.⁴⁴ Dit doet zich allemaal al voor bij een bescheiden opwarming van slechts 0,6°.

In 2007 heeft het Intergovernmental Panel on Climate Change, het IPCC, een panel van klimaat specialisten die in opdracht van de Verenigde Naties op gezette tijden de laatste wetenschappelijke inzichten met betrekking tot klimaatverandering rapporteert, voorspeld dat de temperaturen op aarde deze eeuw waarschijnlijk met 1,8 tot 4,0° zullen stij-

gen, mogelijk zelfs met $6,4^{\circ}$.⁴⁵ Er zijn klimaatwetenschappers die inmiddels van mening zijn dat deze bandbreedte te smal is. Zo wordt in een in 2005 gepubliceerde studie berekend dat een verdubbeling van de CO_2 -concentratie tot een maximale temperatuurstijging van maar liefst $11,5^{\circ}$ zou kunnen leiden.⁴⁶ De kans op een stijging van deze omvang is echter zeer klein.

Maar zelfs bij een veel kleinere opwarming lopen bepaalde samenlevingen een grote kans bijzonder zwaar te worden getroffen. Bij een stijging van slechts $2,1^{\circ}$ lopen, volgens een onderzoek van Professor Martin Parry van de Britse Meteorologische Dienst, tussen de 2,3 en 3 miljard mensen het risico door watertekorten getroffen te worden.⁴⁷ Het slinken en vervolgens verdwijnen van de gletsjers in de Andes en de Himalaya zal voor de mensen die van het smeltwater afhankelijk zijn een levensbedreiging vormen, met name in Pakistan, westelijk China, Centraal-Azië, Peru, Ecuador en Bolivia.^{48,49} Naarmate er minder neerslag valt, zullen zuidelijk Afrika, Australië en de landen rond de Middellandse Zee waarschijnlijk vaker en langer door droogtes worden getroffen.⁵⁰ In Noord-Europa zullen zomerse droogtes en winterse overstromingen allebei in frequentie toenemen. De zeer natte winters die ons tot nu toe maar eens in de veertig jaar hebben geteisterd kunnen ons straks elk acht jaar treffen.⁵¹

De Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties, de FAO, waarschuwt dat

in ongeveer veertig arme ontwikkelingslanden, met een gezamenlijke bevolking van twee miljard mensen... [landbouw] productieverliezen als gevolg van klimaatverandering tot een dramatische stijging van het aantal ondervoede mensen kunnen leiden, waardoor vooruitgang in de bestrijding van armoede en voedselonzekeerheid ernstig zal worden belemmerd.⁵²

De reden daarvoor is dat veel van de gewassen die in tropische gebieden worden geteeld nu al hun fysiologische grenzen naderen. Ter illustratie: als tijdens de bloei van een rijstplant

de temperatuur langer dan een uur boven de 35° blijft, wordt het stuifmeel als gevolg van de warmte steriel.⁵³ Onderzoek van het internationale rijstonderzoeksinstituut IRRI heeft uitgewezen dat de rijstobbrengst bij elke graad opwarming met 15 procent daalt.⁵⁴

Toen ik dit voor het eerst las, leek het mij een uitgekiend recept voor mondiale hongersnood, en dat schreef ik ook in mijn column in *The Guardian*. Dat had ik eigenlijk niet moeten doen. Klimaatwetenschappers, zo ontdekte ik later, hadden er alle vertrouwen in dat verminderde landbouwopbrengsten in bepaalde delen van de tropen gecompenseerd worden door stijgende oogsten in landen met een meer gematigd klimaat.⁵⁵ In de koelere delen van de wereld wordt het groeiseizoen namelijk langer en de gewassen zouden als gevolg van zowel hogere temperaturen als hogere CO_2 -concentraties bovendien sneller gaan groeien.

Spijtig genoeg ziet het er nu naar uit dat ik toch gelijk had – hoewel om verkeerde redenen. Eind 2005 werd in een artikel in de *Philosophical Transactions of the Royal Society* gesteld dat de eerder geschatte opbrengstvermeerdering in de gematigde zones ‘overoptimistisch’ was.⁵⁶ In een studie met gewassen in de open lucht hadden de onderzoekers kool-dioxide en ozon over de planten geblazen, in ongeveer dezelfde concentratie als voor later deze eeuw wordt voorspeld. Tot hun verrassing reageerden de planten niet zoals verwacht: de extra CO_2 werkte minder als ‘mest’ dan de onderzoekers hadden voorspeld, en door de ozon nam de oogst met 20 procent af.⁵⁷ In de rijke landen stijgt momenteel de concentratie ozon – die wordt gevormd door het inwerken van zonlicht op de uitlaatgassen van vooral auto’s, vliegtuigen en elektriciteitscentrales – met 1 à 2 procent per jaar. Deze concentratie is toevallig juist het hoogst in die gebieden waar men verwachtte dat de oogsten zouden stijgen: West-Europa, het oosten en centraal-westelijk deel van de Verenigde Staten, en het oosten van China. In China zal de verwachte stijging van de ozonconcentratie in het jaar 2020 leiden tot een daling van de maïs-, rijst- en sojaopbrengst met meer dan 30 procent.

Als deze berekeningen inderdaad juist blijken, zijn de verminderde opbrengsten voldoende om de 'positieve' invloed van zowel hogere temperaturen als hogere CO₂-concentraties teniet te doen.^{58,59}

Een ander artikel in hetzelfde tijdschrift betoogde dat, naarmate de CO₂-concentraties stijgen, er uit de bladeren van planten minder water verdampt.⁶⁰ Hierdoor zal de hoeveelheid neerslag op lokaal niveau dalen, onder andere in gebieden die door klimaatverandering sowieso al minder regen zullen krijgen. Dit zou kunnen leiden tot een verdere daling van de landbouwopbrengsten, iets dat nog niet in de standaardmodellen van klimaatverandering is verwerkt. Zoals het er nu uitziet, stevent de wereld mogelijk af op een gigantische hongersnood.

De gevolgen van deze dalende voedselopbrengsten zullen waarschijnlijk door andere problemen nog worden versterkt. Hoewel de meningen hierover verdeeld zijn, wordt door sommige onderzoekers voorspeld dat malaria zich zal uitbreiden naarmate de temperaturen stijgen. In een recente studie wordt berekend dat er bij een verdere mondiale temperatuurstijging van 2,3° ten opzichte van nu, 180 tot 230 miljoen meer mensen mogelijk door deze ziekte worden getroffen.⁶¹ Ook diarree en cholera worden in verband gebracht met hogere temperaturen.^{62,63}

Bij een matige toename van de mondiale temperatuur en een zeespiegelstijging van zo'n 40 cm (ruwweg de gemiddelde voorspelling voor de komende eeuw), zal het aantal mensen dat door zoutwater-overstromingen wordt getroffen als gevolg van stormvloedten mogelijk toenemen van zo'n 75 miljoen vandaag tot 200 miljoen straks.⁶⁴ Naarmate de zeespiegel stijgt, zullen door het zoute zeewater de drinkwatervoorraden worden aangetast waarvan allerlei grote steden nu afhankelijk zijn, zoals Shanghai, Manilla, Jakarta, Bangkok, Calcutta, Mumbai, Lagos, Buenos Aires en Lima.⁶⁵ Volgens de Internationale Vereniging van Hydrogeologen zou dit probleem in sommige gevallen zo ernstig kunnen worden dat bepaalde steden zullen moeten worden ontruimd.⁶⁶

De ijsplaat van West-Antarctica bevat genoeg water om de zeespiegel nog ongeveer 3 meter te doen stijgen,⁶⁷ voldoende om delen van New York, Londen, Tokio, Mumbai, de Randstad en, om kort te gaan, vele andere wereldsteden onder water te zetten. Het lijkt erop dat deze ijsplaat al uit elkaar begint te vallen.⁶⁸ Er bestaan grote meningsverschillen over de vraag hoe snel dit proces zal verlopen. De plaat wordt ondersteund door grote ijsplateaus met uitlopers in zee, ongeveer zoals het dak van een huis door de muren wordt ondersteund. Als deze ijsplateaus in elkaar storten, zoals Larsen B eerder deed, bestaat het gevaar dat de hele ijsplaat in de zee zal glijden. Niemand weet hoe snel dit proces kan verlopen, maar dat de hele plaat in minder dan 300 jaar zou verdwijnen lijkt onwaarschijnlijk. Wanneer slechts 10 procent hiervan deze eeuw in zee stort is dat voor veel kustgemeenschappen al rampzalig.

Het IPCC schrijft dat er aanwijzingen zijn dat 'het aantal zware tropische cyclonen in de Noord-Atlantisch Oceaan toeneemt'.⁶⁹ In 2005 verschenen er in *Science* en *Nature* twee artikelen waarin werd betoogd dat orkanen sinds het midden van de jaren '70 in kracht zijn toegenomen.^{70,71} Het is nog niet duidelijk in hoeverre dit door klimaatverandering komt, maar er is wel een verband aangetoond tussen de oppervlaktetemperatuur van het zeewater en effectieve stormkracht.⁷² In maart 2004 trof de eerste orkaan die ooit in de Zuid-Atlantische Oceaan is gesignaleerd de kust van Brazilië.

Het aantal incidenten met allerlei soorten 'extreem weer' lijkt sinds de jaren '50 te zijn verviervoudigd, zo stelt de internationale verzekeringsmaatschappij Munich Re.⁷³ De zomer van 2003 is waarschijnlijk de heetste sinds tenminste 500 jaar.⁷⁴ In Europa en India zijn toen duizenden mensen aan de hittegolf bezweken. Volgens een artikel in *Nature* is de kans op zo'n hittegolf – te wijten aan de gevolgen van menselijke activiteit – minstens verdubbeld.⁷⁵ Naarmate de winters warmer worden, zullen er in het noorden van Europa daarentegen waarschijnlijk minder mensen sterven als gevolg van extreem lage temperaturen.⁷⁶

Andere levensvormen zullen eerder en harder worden getroffen dan mensen. In 2004 onderzochten wetenschappers op vijf continenten de ecosystemen die samen 20 procent van de landmassa van de aarde omvatten. Zij berekenden dat als de temperatuur blijft stijgen tot 1,5 tot 2° boven het pre-industriële niveau – aan de onderkant van de eerder genoemde ‘bandbreedte’ van het IPCC – tussen de 15 en 37 procent van alle biologische soorten vóór het jaar 2050 ‘gedoemd zijn te verdwijnen’.⁷⁷ Met een opwarming van slechts 1,4° staat de koraalriffen in de Indische Oceaan hetzelfde lot te wachten.⁷⁸ Bij een toename met 2° zal ongeveer 97 procent van alle koraalriffen op aarde verbleken – de algen die voor de overleving van de koraaldieren onontbeerlijk zijn worden dan afgestoten, wat hoogstwaarschijnlijk tot de dood van de riffen zal leiden.⁷⁹ Hoe meer CO₂ in het zeewater wordt opgelost, hoe zuurder de oceanen zullen worden. Nog vóór het einde van deze eeuw zou de zuurgraad van 8,2 tot 7,7 kunnen dalen⁸⁰ en in het jaar 2050 zou het water al te zuur kunnen zijn voor de ontwikkeling van schelpdieren. Voor het leven in zee zal dit werkelijk catastrofale gevolgen hebben, onder andere door het afsterven van een groot deel van het plankton dat aan de basis van alle mariene voedselketens staat. Een temperatuurstijging van 2° kan ’s zomers tot volledige ontdooiing van het zee-ijs in de noordelijke poolstreken leiden, hetgeen het doodvonnis betekent voor ijsberen, walrussen en een groot deel van het overige ecosysteem.⁸¹

In een van de meest deprimerende artikelen die ik ooit heb gelezen vermelden onderzoekers van University College in Londen en de Britse Meteorologische Dienst dat ‘het Amazonewoud momenteel het kritieke punt nadert waarbij het zijn herstelvermogen verliest’. Als de temperatuur nog maar enigszins verder stijgt, zou ‘het binnenste deel van het Amazonegebied min of meer geheel zonder begroeiing kunnen komen te staan’.⁸²

Het probleem is dat de bomen in sommige delen van het woud verantwoordelijk zijn voor bijna 75 procent van de lokale regenval.⁸³ Hoe meer van deze bomen bij stijgende tem-

peratuur afsterven, hoe minder water ze via hun bladen aan de lucht afgegeven. Dit heeft drie consequenties: er valt minder neerslag om de nog resterende bomen van water te voorzien; de bosbodem wordt aan meer zonlicht blootgesteld (waardoor deze uitdroogt en een verhoogd risico ontstaat voor bosbranden); en het bos verliest minder warmte door verdamping. Door de almaar stijgende temperatuur en dalende hoeveelheid neerslag leggen steeds meer bomen het loodje, en zo ontstaat er een kettingreactie. Dit kan snel gaan en zou morgen al kunnen beginnen: ‘wij vermoeden,’ zo schrijven de onderzoekers, ‘dat deze drempel zeer dicht bij de huidige condities ligt.’⁸⁴

Het Amazonegebied is qua biologische diversiteit het rijkste gebied op aarde, maar het probleem houdt niet op bij de planten en dieren die er leven. De neerslag afkomstig uit het Amazonegebied is van levensbelang voor een groot deel van het Zuid-Amerikaanse continent. Bovendien zijn bomen op te vatten als grote staven natte koolstof (C). Wanneer ze vergaan of in vlammen opgaan – wanneer ze, met andere woorden, in aanwezigheid van zuurstof (O₂) oxideren – worden ze in kooldioxide (CO₂) omgezet. Uit het Amazonegebied kan op deze wijze potentieel 730 miljoen ton koolstof* vrijkomen – ongeveer 10 procent van onze eigen huidige uitstoot – en dit elk jaar opnieuw, gedurende vijfenzeventig jaar.⁸⁵

Dit is slechts één van de manieren waarop klimaatverandering tot meer klimaatverandering leidt. In een artikel dat in 2003 in *Geophysical Research Letters* verscheen, wordt voorspeld dat rond 2040, als gevolg van een veranderd klimaat, ecosystemen op het land meer CO₂ zullen gaan afgeven dan ze opnemen. Tegen het jaar 2100, zo wordt gesteld, zullen de bodem en begroeiing van de aarde jaarlijks zo’n 7 miljard ton koolstof uitstoten,⁸⁶ ongeveer net zoveel als de mensheid als geheel nu uitstoot. Dit is een voorbeeld van een ‘positieve

* Waar in dit boek koolstof staat betreft dat ook koolstof (C). Koolstof is een onderdeel van CO₂. Het vergelijkbare gewicht voor CO₂ wordt verkregen door het koolstofgewicht met een factor 3,667 te vermenigvuldigen.

terugkoppeling⁷: klimaatverandering die zichzelf versnelt. In haar rapportage van 2007 heeft het Intergovernmental Panel on Climate Change dit soort positieve terugkoppelingen maar ten dele meegenomen.⁸⁷ In volgende berekeningen zullen ze een grotere rol gaan spelen.

Een van de redenen dat ecosystemen op het land meer CO₂ zullen gaan afgeven dan ze opnemen, is dat (zoals boven reeds besproken) planten en bomen in de tropen en zelfs in bepaalde gematigde streken⁸⁸ bij een stijgende temperatuur kunnen gaan verwelken of afsterven. Maar er zijn er meer. Wanneer de temperatuur boven een bepaald punt komt, verloopt de stofwisseling van bodemmicroben sneller, waardoor de bodem een netto-leverancier wordt van CO₂: de koolstof-‘put’ verandert in een koolstofbron. Hoewel eerdere berekeningen leken uit te wijzen dat dit pas over enkele decennia zou gebeuren,⁸⁹ meldden Britse wetenschappers in 2005 dat de bodems van Engeland en Wales dit punt reeds hadden bereikt.⁹⁰ Sterker nog, de vrijgekomen hoeveelheid CO₂ deed de emissiereducties die sinds 1990 in Groot-Brittannië waren geboekt geheel teniet. Nog vóór het einde van deze eeuw zal alle CO₂ die de laatste 150 jaar door de landbodems van de aarde is opgenomen aan de atmosfeer worden afgegeven.⁹¹

De bodem van de permanent bevroren gebieden in het hoge noorden is in dit opzicht een verhaal apart. Bij het ontdooien van deze permafrost komt methaangas vrij. Naar schatting bevatten de uitgestrekte veengebieden van West-Siberië, die in 2005 zijn begonnen te smelten, op zichzelf al zo’n 50 miljard ton van dit gas.⁹² Het vrijkomen hiervan zou overeenkomen met 73 jaar van de huidige menselijke CO₂-uitstoot.*

Het Amerikaanse Nationaal Centrum voor Atmosferisch Onderzoek heeft berekend dat mogelijk 90 procent van de bovenste 3 meter van de permafrost in de noordelijke poolstreken vóór het jaar 2100 ontdooit zal zijn.⁹⁵ Deze positieve

* Het opwarmingseffect van methaan is 23 groter dan dat van koolstof.⁹³ Momenteel stoot de mens elk jaar ongeveer 22 miljard ton CO₂ uit (dit is 3,667 maal de hoeveelheid koolstof in dit gas.)⁹⁴

terugkoppelingen – en er zijn nog veel meer voorbeelden te noemen – betekenen dat de bandbreedte van de mogelijke mondiale temperatuurstijging almaar groter wordt. En hiermee ook de kans op een werkelijk catastrofale gebeurtenis.

Voor mensen in Noordwest-Europa is er vooral één zo'n gebeurtenis die de gemoederen bezighoudt. De relatief warme winters in deze regio – vergeleken bij andere werelddelen op dezelfde breedtegraad – worden veroorzaakt door de continue aanvoer van warm water vanuit het Caribische gebied. Deze naar het noorden stromende Golfstroom is één van de schakels in de mondiale kringloop van het oceaانwater, die voornamelijk wordt aangedreven door het naar beneden zinken van de bovenste laag van het zeewater in het uiterste noorden van de Atlantische Oceaan. Wanneer het water eenmaal naar de bodem is gezakt, stroomt het vervolgens naar het zuiden, en zo ontstaat de stroming die, na een lange omweg, naar Noord-Europa terugkeert, met de warmte uit de tropen.

Dat deze toplaag van het oceaانwater zo plotseling 'wegduikt', komt doordat het instromend water een hoger zoutgehalte en – bij afkoeling – daardoor een grotere dichtheid heeft dan het omringende poolwater. Dit verschil is zo groot dat er een 'pomp'-werking ontstaat, een verschijnsel dat in het Engels bekend staat als de *thermohaline circulation*, of THC (waarbij 'thermo' voor temperatuur staat en 'haline' voor zoutgehalte). Al twintig jaar hebben verschillende oceanografen ervoor gewaarschuwd dat als meer (zoet) smeltwater het (zoute) Arctische zeewater instroomt – waardoor er een algehele 'verdunning' optreedt – deze pompwerking (de zgn. *overturning circulation*) zwakker zal worden, waardoor de diepe oceaانstroming trager wordt. In het ergste geval valt het hele systeem zelfs stil. Het noorden van Europa verandert dan in een toendra, terwijl de streken dichterbij de evenaar warmer worden, omdat minder warmte vanuit de tropen wordt afgevoerd. Het zou niet de eerste keer zijn dat een dergelijk scenario zich voltrekt. Toen het noordelijke halfrond aan het einde van de laatste IJstijd geleidelijk opwarmde, brak de ijsdam die een gigantisch smeltwatermeer in Noord-Amerika

scheidde van de oceaan. Naar het zich laat aanzien heeft de enorme hoeveelheid zoet water die vervolgens de Noord-Atlantische Oceaan indenderde de pompwerking volledig stilgelegd, waardoor de temperatuur in Europa met een graad of vijf daalde. Het duurde dertienhonderd jaar voordat deze weer tot het oude niveau was opgeklommen.

Veel klimaatwetenschappers houden een volledige ‘afsluiting’ van de Golfstroom voor onmogelijk, gewoonweg omdat er in het hoge noorden onvoldoende zoet water zou zijn om het afzinken van de toplaag van het zeewater te verhinderen.⁹⁶ In het ergste geval zou volgens hen een lichte afzwakking van de Golfstroom het huidige tempo van opwarming in Noord-Europa enigszins kunnen afremmen. In juli 2005 boog het Britse Hogerhuis zich over de aanwijzingen voor een mogelijke invloed van klimaatverandering op de THC, en concludeerde dat ‘voor zover wij het kunnen overzien, het zeer onwaarschijnlijk is dat er in de komende honderd jaar veranderingen in de THC zullen optreden’.⁹⁷ Dit was een redelijke samenvatting van de wetenschappelijke inzichten van dat moment.

Vijf maanden later publiceerde *Nature* een artikel met

het eerste empirisch bewijs dat ... er reeds een aanzienlijke verzwakking van de pompwerking in gang is gezet.⁹⁸

In het betreffende artikel stelden onderzoekers van het Britse Nationaal Oceanografisch Centrum dat de afzwakking van de circulatie feitelijk al vijftig jaar aan de gang is, maar dat dit niet eerder was vastgesteld.⁹⁹ Het ziet ernaar uit dat de ‘pomp’ inmiddels 30 procent zwakker is geworden.

Tegelijk zijn de *overflow waters* [de toplaag van het zeewater die afzinkt] en op hun beurt de diepe wateren van de Noord-Atlantische Oceaan significant zoeter geworden... Toenemende instroming van zoet water naar de noordelijke ijszeeën zal aanvankelijk alleen tot een afzwakking van de circulatie leiden. Maar bij het bereiken van een kritische drempel zou deze plotseling kunnen omklappen naar een nieuwe toestand waarbij er

weinig of geen warmte meer naar het noorden wordt afgevoerd.¹⁰⁰

Als dit inderdaad gebeurt, zou het

het maatschappelijk en economisch leven in de landen aan de oostkant van de Noord-Atlantische Oceaan totaal ontwrichten.¹⁰¹

Vooralsnog lijkt een dergelijk ‘omklappen’ in de loop van deze eeuw echter onwaarschijnlijk. Het mogelijk omslaan van de ene stabiele toestand (een gelijkmatig stromende Golfstroom) naar een andere (helemaal géén Golfstroom) is een voorbeeld van wat klimaatwetenschappers een ‘niet-lineair’ proces noemen. Zij wijzen erop dat sommige schakels in ‘het systeem aarde’ waarschijnlijk niet gelijkmatig op klimaatveranderingen zullen reageren, maar eerder plotseling van de ene toestand in de andere zullen omklappen.¹⁰²

Tot nu toe heb ik me beperkt tot de mogelijke gevolgen van een temperatuurstijging die niet boven de 6,4° uitgaat, de bovengrens van de door het IPCC aangehouden bandbreedte. Maar zoals ik al eerder opmerkte, zijn er klimaatwetenschappers die geloven dat de temperatuur deze eeuw nog veel verder zou kunnen oplopen.

De Nederlandse Nobelprijswinnaar Paul Crutzen heeft berekend dat als je rekening houdt met een forse daling van de huidige uitstoot van fijnstof door de zware industrie – die het zonlicht momenteel gedeeltelijk tegenhoudt – de temperatuur mogelijk met 7 tot 10° zou kunnen stijgen.¹⁰³ In 2005 publiceerden Britse onderzoekers de uitkomsten van de tot dan toe meest uitgebreide en gedetailleerde computerberekeningen. Hieruit bleek dat een verdubbeling van de atmosferische CO₂-concentratie wel eens zou kunnen leiden tot een temperatuurstijging van tussen de 1,9 en 11,5° ten opzichte van het begin van het industriële tijdperk.¹⁰⁴ Dit wil niet zeggen dat alle temperaturen binnen deze bandbreedte even waarschijn-

lijk zijn – er is veel minder kans op de meest extreme waarden dan op de temperaturen in het midden van deze *range* – maar volgens de onderzoekers kan geen enkele waarde worden uitgesloten.¹⁰⁵

Laten we daarom stilstaan bij wat er zou kunnen gebeuren bij een mondiale temperatuurstijging van meer dan 6°. Hiertoe kunnen we wellicht teruggrijpen op een eerder moment in de geschiedenis van de aarde.

Het geologisch tijdvak dat bekend staat als het Perm, kwam 251 miljoen jaar geleden abrupt ten einde. In China, Zuid-Afrika, Australië, Groenland, Rusland en Spitsbergen zijn in de rotsen steeds dezelfde tekens te lezen, de weerslag van een reeks gebeurtenissen die zich blijkbaar in zeer korte tijd heeft afgespeeld.¹⁰⁶ In de zee-afzettingen zijn opeens twee veranderingen zichtbaar. Boven de onder invloed van zuurstof gevormde rode en groene sedimenten verschijnt een laag zwarte kleisteen van een soort dat alleen onder zuurstofarme omstandigheden wordt gevormd. De plotselinge verschuiving in de verhouding tussen de isotopen (verschillende vormen) van het element koolstof lijkt te wijzen op een zeer snelle wijziging in de atmosferische concentraties van bepaalde gassen. Op het land worden traag gedeponeerde klei- en kalkafzettingen ineens onder rotsblokken en rolstenen bedolven.

De biologische diversiteit was tijdens het Perm ongekend groot. In wouden van boomvarens en bloesemdragende bomen jaagden sabeltand-reptielen op herbivoren ter grootte van neushoorns. Tussen koraalriffen zwommen reuzenhaaien, alle mogelijke vissoorten en honderden soorten schelpachtige dieren. Tegelijk met de plotselinge verandering in de afzettingen, 251 miljoen jaar geleden, verdwijnen ook vrijwel alle fossiele resten. In zeer kort tijd sterven de riffen af, en het zal 20 miljoen jaar duren voor ze weer op aarde verschijnen. Alle grote en middelgrote haaien, de meeste schelpdieren, en zelfs de meeste soorten plankton sterven uit. Van het veelvoud aan levensvormen dat de zeeën rijk is, blijven alleen die soorten over die zijn aangepast aan een bijna zuurstofloos milieu.¹⁰⁷

Op het land komt aan vrijwel al het plantenleven een einde. Het heeft niet veel gescheeld of ook de viervoetige dieren – waartoe ook de mens behoort – waren uitgestorven. Tot nu toe zijn over de hele aarde de fossiele resten van slechts twee soorten reptielen gevonden die het einde van het Perm overleefden. Eén daarvan was heer en meester op aarde: een dier met de grootte van en gelijkend op een varken. Zijn alomtegenwoordigheid werd veroorzaakt door het ontbreken van andere landdieren waarmee het moest concurreren of waarvoor het als prooi diende. Alles bij elkaar lijkt zo'n 90 procent van alle levensvormen op aarde definitief te zijn verdwenen.¹⁰⁸
¹⁰⁹ Van alle massa-extincties is dit veruit de grootste geweest. Het biologisch proces op aarde viel nagenoeg stil.

Deze gebeurtenissen vielen samen met een reeks vulkanische uitbarstingen in Siberië, die tot de vorming van het Midden-Siberisch Bergland heeft geleid. Naast basaltachtige lava spuwden de vulkanen grote hoeveelheden zwaveldioxide en kooldioxide in de atmosfeer. Het massale uitsterven lijkt vooral te zijn veroorzaakt door deze twee gassen. De zwavel- en andere dampen zullen ongetwijfeld zure regen hebben veroorzaakt, die overigens al snel weer uit de atmosfeer verdween. Maar de kooldioxide bleef. Het lijkt erop dat de daardoor veroorzaakte temperatuurstijging tot destabilisatie heeft geleid van de enorme hoeveelheden supergeconcentreerd methaan die in de bodem onder de ijszeeën lag opgesloten (zoals nu ook). De ontsnapping van zoveel methaan uit de zeebodem zou wellicht een verklaring kunnen vormen voor de plotselinge verschuiving in koolstofisotopen. De mondiale temperatuur steeg met $6^{\circ 110}$ tot $8^{\circ 111}$.

De al eerder aangehaalde *overturning circulation* (pompwerking) van het oceaانwater lijkt hierbij in kracht te zijn afgenomen – om u inmiddels bekende redenen – tot ongeveer één twintigste van het huidige peil.¹¹² Als gevolg hiervan kon er geen zuurstof meer tot de diepere lagen doordringen. Op het land verdwenen met het afsterven van de vegetatie ook de wortels die de bodem en het losse gesteente bijeen hielden, waardoor het erosietempo enorm toenam.

Dit wil niet zeggen dat de gebeurtenissen die het Perm zo abrupt deden aflopen direct vergelijkbaar zijn met de potentiële gevolgen van de thans door de mens veroorzaakte klimaatverandering. Veel van de landplanten bezweken ongetwijfeld eerder aan de zure regen dan aan de temperatuurstijging. Hoewel sommige landen hun best lijken te doen beide omstandigheden te reproduceren, is de mondiale uitstoot van zwaveldioxide op dit moment een heel stuk lager dan 251 miljoen jaar geleden. Maar we krijgen hierdoor wel een indruk van de ecologische veranderingen die mogelijkwjs door dit soort temperatuurstijging kunnen worden ontketend.

Er zijn nog veel meer eindscenario's voor de huidige klimaatveranderingen geopperd, waarvan de meest intrigerende door één van mijn lezers naar voren is gebracht.

Bedankt dat u het gevaar van klimaatverandering onder de aandacht hebt gebracht. Ik wou dat de wereld eindelijk de ernst van deze zaak ging inzien. Als we niet snel handelen, zijgt de hele planeet tot een pudding ineen.

Dat zou mij wel wat lijken, de wetenschap is helaas een andere mening toegedaan.

Zoals uit bovenstaande blijkt, moet het beperken van de klimaatverandering onze allergrootste prioriteit krijgen, het project boven alle andere worden. Als we daar niet in slagen, verspelen we álles. Maar is het nog mogelijk? Of zijn we al te laat, zoals James Lovelock, de bedenker van de 'Gaia'-theorie, soms beweert?¹¹³

Ik geloof het niet. We hebben nog een kort tijdsbestek – een zéér kort tijdsbestek – waarin we kunnen proberen te voorkomen dat de planeet zich van ons begint te ontdoen. Ons doel moet zijn de gemiddelde temperatuur op aarde niet verder te laten stijgen dan 2° boven het pre-industriële niveau, oftewel 1,4° hoger dan nu.

Omdat twee graden opwarming door veel wetenschappers als kritische drempel wordt beschouwd,^{114,115} wordt

deze soms als een 'veilige' mate van opwarming omschreven. 'Minder gevaarlijk dan wat er anders zou gebeuren' lijkt me een betere omschrijving, zoals ik hoop te hebben aangetoond. Op een door de Britse Meteorologische Dienst georganiseerde conferentie hebben wetenschappers gewaarschuwd dat een temperatuurstijging van minder dan 1° boven het pre-industriële niveau al leidt tot verminderde landbouwopbrengsten in gebieden met een continentaal klimaat,¹¹⁶ een uitbreiding van de droogtes die het Afrikaanse Sahelgebied nu al teisteren,¹¹⁷ een verslechtering van de drinkwaterkwaliteit, en het op gang brengen van een afsterving van koraalriffen.¹¹⁸ Bij een stijging van tussen de één en anderhalve graad krijgen 400 miljoen meer mensen te maken met watertekorten en 5 miljoen meer met hongersnood,¹¹⁹ zal 18 procent van alle biologische soorten uitsterven¹²⁰ en wordt 'het volledige afsmelten van de Groenlandse ijskap' in gang gezet.¹²¹ Bepaalde gevolgen van klimaatverandering zijn helaas niet meer te vermijden.

Twee graden vormt een belangrijke grens, omdat men inschat dat voorbij dit punt een aantal van de grootste gevolgen en kritieke terugkoppelingseffecten zullen gaan optreden. Als we onze uitstoot van broeikasgassen niet drastisch verminderen, zullen de temperaturen dit niveau omstreeks 2030 bereiken.¹²²

Mijn correspondent Colin Forrest, hoewel geen professionele klimaatwetenschapper, lijkt zijn huiswerk goed te hebben gedaan. Zijn redenering is als volgt. Onderzoekers van het Duitse Potsdam Institute for Climate Impact hebben berekend dat als we de mondiale temperatuurstijging tot 2° willen beperken, de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer op maximaal het *equivalent* van 440 delen CO₂ per miljoen moet worden gestabiliseerd.¹²³ De huidige CO₂-concentratie is weliswaar 383 ppm, maar wanneer we de andere broeikasgassen erbij tellen krijgen we een totaal van 455 ppm CO₂-*equivalent*. Met andere woorden, als alle andere omstandigheden ongewijzigd blijven zou de totale concentratie van alle broeikasgassen in 2030 ongeveer dezelfde moeten zijn als nu.

Helaas blijven de andere omstandigheden niet ongewijzigd. Volgens een artikel van onderzoekers van de Britse Meteorolo-

gische Dienst zal het vermogen van de biosfeer om koolstof op te nemen in het jaar 2030 tot 2,7 miljard ton per jaar zijn afgenomen, in vergelijking met 4 miljard ton nu.¹²⁴ Om onder die omstandigheden de concentratie broeikasgassen nog stabiel te houden, zal de wereldbevolking tegen die tijd daarom jaarlijks maximaal 2,7 miljard ton koolstof mogen uitstoten. Aangezien we momenteel jaarlijks zo'n 7 miljard ton uitstoten, betekent dit een mondiale vermindering van 60 procent. In 2030 zal de wereldbevolking waarschijnlijk rond de 8,2 miljard mensen liggen. Wanneer we de beschikbare koolstof-‘put’ van de aarde – de opnamecapaciteit van 2,7 miljard ton – delen door het aantal mensen op aarde, wordt snel duidelijk dat, om een stabiele situatie te bereiken, we per persoon per jaar niet meer dan 0,33 ton mogen uitstoten. Als we het probleem eerlijk willen aanpakken, zou iedereen dus aanspraak kunnen maken op een jaarlijkse uitstoot van niet meer dan 0,33 ton koolstof.

In de rijke landen komt dit neer op een gemiddelde reductie van ongeveer 90 procent tussen nu en 2030.* In Groot-Brittannië, bijvoorbeeld, waar de jaarlijkse koolstofuitstoot per inwoner momenteel 2,6 ton bedraagt,**¹²⁵ zou de uitstoot met 87 procent moeten worden beperkt. Duitsland zou op deze basis zijn emissies met 88 procent moeten verminderen, Frankrijk met 83 procent, Nederland met 92 procent, en de Verenigde Staten, Canada en Australië met 94 procent.**¹²⁶

* Ook als we in 2030 mondiaal op een uitstoot van 2,7 miljard ton koolstof zouden uitkomen, is in de tussentijd de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer verder opgelopen, langzaam volgens de bovenste grafiek op p. 58, snel volgens de onderste grafiek. Hij zal dan hoger zijn dan de kritieke 450 ppm CO₂-equivalent. Het wordt hier niet in de redenering betrokken. Ook zijn de nieuwste inzichten somberder dan in 2005 (zie de opmerking daarover op blz. 19) (nvdv).

** Dit slaat alleen op het *koolstof* in CO₂. Voor Groot-Brittannië geeft dit een CO₂-uitstoot van 9,5 ton per persoon per jaar (x 3,667).

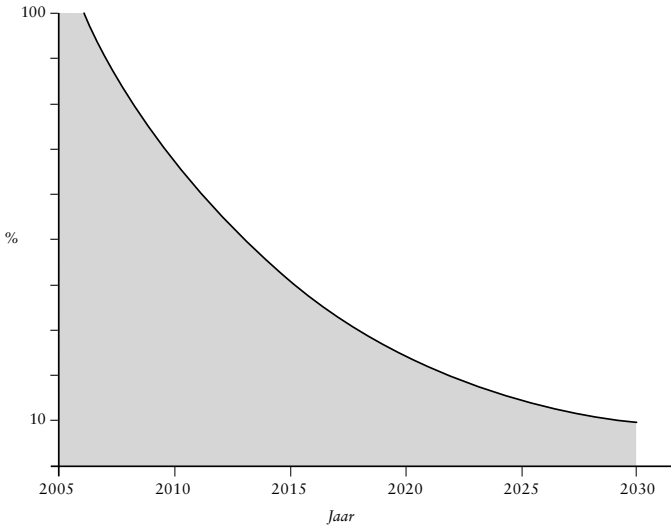
*** Dit veronderstelt dat de uitstoot van andere broeikasgassen zoals methaan, lachgas en diverse gefluorideerde koolwaterstoffen in gelijke mate wordt beperkt.

Ter vergelijking: onder het Kyoto-verdrag – een uitvloeisel van het zogenaamde Raamverdrag Klimaatverandering van de Verenigde Naties en tot dusver de enige internationale overeenkomst op dit gebied – verplichten de ondertekenende landen zich om vóór het jaar 2012 hun uitstoot van broeikasgassen met slechts 5,2 procent te verminderen.

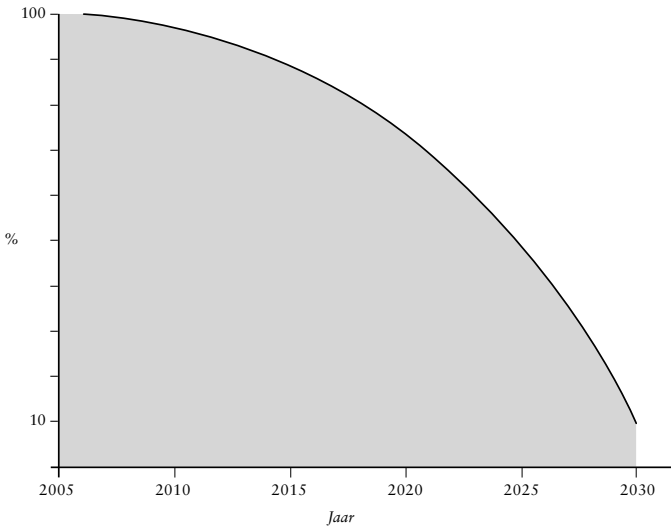
De hierboven genoemde reductiepercentages zijn mogelijk zelfs aan de lage kant. Het eerder aangehaalde instituut van Potsdam heeft berekend dat er bij 440 ppm CO₂-equivalenten in de atmosfeer een 60 procent kans bestaat dat we de temperatuurstijging beneden de 2° kunnen houden.¹²⁷ Een andere studie wijst uit dat, willen we de temperatuur met 90 procent zekerheid binnen deze marge stabiliseren, de concentratie in de lucht lager dan 400 ppm moet blijven – dat wil zeggen, 50 ppm minder dan nu.¹²⁸ Omdat uitgestoten broeikasgassen gemiddeld zo'n 200 jaar in de atmosfeer blijven¹²⁹ en daardoor het klimaat tot ver in de toekomst zullen bepalen, bestaat er een kans van misschien 30 procent dat we het nu al verknald hebben. Het kan zijn dat we niet meer onder de 2° uitkomen.

Maar ik schrijf dit boek vanuit een optimistische instelling en weiger voorsnog dit te geloven.

Of het nu wel of niet te laat is om de temperaturen op aarde beneden de kritische grens te houden, zoveel is duidelijk: hoe meer we onze uitstoot verminderen, hoe kleiner de uiteindelijke gevolgen zullen zijn. Door te streven naar een reductie van 90 procent kunnen we in ieder geval waarschijnlijk voorkomen dat er weer eenzelfde soort opwarming plaatsvindt als op het einde van het Perm. Het is ook duidelijk dat hoe eerder we actie ondernemen, hoe meer effect dat zal sorteren. Hiervoor zijn diverse redenen aan te geven, maar de meest voor de hand liggende wordt samengevat in de twee grafieken op blz. 58. In beide gevallen halen we een vermindering met 90 procent in 2030, maar in de tweede grafiek – waarbij we de beperkingen langer uitstellen – is onze totale uitstoot in de tussentijd een heel stuk hoger.



1. Snelle reductie koolstof



2. Langzame reductie koolstof

CO₂-uitstoot als percentage van het huidige niveau

Twee eeuwen na het verschijnen van Marlowes *The Tragical History of Doctor Faustus* werd het verhaal van deze tovenaars opnieuw verteld, nu door Johann Wolfgang von Goethe. In zijn versie – met als titel *Faust* – sluit de doctor met Mefistofeles een ander verbond. Faust verkoopt ook hier zijn ziel, maar stelt er nu een extra voorwaarde aan: de hel mag zijn ziel alleen opeisen als hij ophoudt met streven en zich ‘verzaad aan rust zal overgeven’.¹³⁰

Gij hoort het toch, van vreugd is hier geen sprake.

Ik wijd me aan den roes, wat 't droefst genot ons biedt.

Verliefden haat, verkwikkelijk verdriet.¹³¹

Faust krijgt zijn toverkrachten en verricht zijn wonderen, maar komt daarbij geen minuut tot rust. Naarmate het verhaal zich ontwikkelt, raakt hij steeds minder geïnteresseerd in een ‘leven in het genot van elke weelde en lust’ en steekt zijn duivelse energie steeds meer in andere projecten. Wanneer het einde van zijn leven nadert, begint hij een groots ontwikkelingsproject te plannen, waar mensen voor storm en ontij zullen worden behoed. ‘Millioenen zal’k daardoor een woonstee geven’.¹³² Hij wil ze door middel van golfslagenergie van aandrijfkracht voorzien, terwijl door menselijke vernuft het land uit de zee zal worden teruggewonnen. Hij sterft halverwege zijn onderneming, en zo wordt Mefistofeles zijn prooi ontgenomen. Engelen dalen neer en voeren Fausts ziel naar de hemel.

Faust wordt, met andere woorden, door arbeid verlost – arbeid die hij in een roes en met pijnlijke overgave verricht (en, helaas, met een behoorlijke dosis geweld) ten behoeve van de mensheid als geheel. Zolang hij nog over zijn zwarte toverkrachten beschikt – zijn beheersing van technologie en arbeid, zijn vermogen politieke en economische veranderingen in gang te zetten – gebruikt hij deze om een wereld te creëren waarin een vrije, welvarende maatschappij duurzaam kan leven. De gaven die hem eerst dreigden te vernietigen gebruikt hij nu om zichzelf te redden. In dit boek hoop ik uiteen te zetten hoe dit wellicht het beste kan worden aangepakt.