Lees dit boek

'Zoals Monbiot terecht zegt: als zijn ideeën ons niet bevallen, moeten we met betere komen. Hij gelooft dat alles bij het oude laten geen serieuze optie is.' – **Financial Times**

Geef dit boek door

Lees het niet alleen. Koop nog een exemplaar van dit boek. Geef het aan wie zich zorgen maakt, wie informatie zoekt, wie zich roekeloos gedraagt, wie iets wil doen.
Geeft het door en maak er een kettingboek van. Hoe langer de ketting wordt, hoe meer hij uitwaaiert, hoe groter het effect is.
Dit boek gelezen? Koop dan **De laatste generatie** door Fred Pearce om te weten wat er precies met het klimaat aan de hand is. Eveneens slechts 5 euro.

Zie ook www.hitte.nu voor ideeën wat u zelf kunt doen.

voor Hanna
Dat deze wereld voor jou bewoonbaar moge zijn

George Monbiot

Hitte

Hoe voorkomen we dat de planeet verbrandt?

MET RESEARCH-ASSISTENTIE VAN
DR MATTHEW PRESCOTT

VERTALING NIGEL HARLE EN MICHIEL GROEN
I.S.M. MAURITS GROEN MILIEU & COMMUNICATIE

UITGEVERIJ JAN VAN ARKEL
MAURITS GROEN MILIEU & COMMUNICATIE

Serie Klimaat voor 5 Euro

Fred Pearce - De laatste generatie (november 2007)
George Monbiot - Hitte (december 2007)
Maurits Groen & Jos van der Schot - Hitte NL (werktitel, voorjaar 2008)

© George Monbiot, 2006/2007
zie ook www.monbiot.com
oorspronkelijke titel: Heat
verschenen bij Allen Lane, Penguin Group, London

ISBN 978 90 6224 469 0

vertaling: Nigel Harle en Michiel Groen i.s.m.
Maurits Groen Milieu & Communicatie
omslagontwerp: Karel Oosting
omslagfoto: Tor Ivar Karlsen
opmaak: Hanneke Kossen

Mixed Sources
Productgroep uit goed beheerde bossen en andere gecontroleerde bronnen.
www.fsc.org Cert no. SCS-COC-001167
© 1996 Forest Stewardship Council

druk: Haasbeek
Dit is een klimaatneutraal product. De CO_2 die is uitgestoten bij het maken en verspreiden van dit boek is voor 100 procent gecompenseerd in een klimaatproject van KlimaatNeutraalGroep, Arnhem.

Uitgeverij Jan van Arkel
Grifthoek 151, 3514 JK Utrecht
Tel. 030 2731840, i-books@antenna.nl
www. antenna.nl/i-books; www.hitte.nu
i.s.m.
Maurits Groen Milieu & Communicatie BV
Fonteinlaan 7, 2012 JG Haarlem
Tel. 023 5424656, info@mgmc.nl
www.mgmc.nl; www.CO2-Neutraal.nu

Inhoud

Bij de Nederlandse uitgave 7
Dankwoord 8
Voorwoord 9
Inleiding – Gestrand in goede bedoelingen 21

1 Een Faustiaans verbond 35
2 De ontkenningsindustrie 60
3 De verdeling van de vrijheid 90
4 Onze tochtige woningen 111
5 Het licht laten branden 137
6 Wat heeft duurzame energie ons te bieden? 164
7 Het energie-internet 195
8 Een nieuw vervoerssysteem 219
9 Love miles 254
10 Virtueel winkelen 278
11 Apocalyps uitgesteld 298

Adressen 313
Noten 315

Index: zie www.hitte.nl

Bij de Nederlandse uitgave

In *Hitte* onderzoekt George Monbiot hoe we de uitstoot van broeikasgassen voor het jaar 2030 met 90 procent kunnen verminderen. Die uitstootreductie is, zo blijkt o.a. uit IPCC-studies, noodzakelijk om te voorkomen dat we de kritische grens van een temperatuurstijging van 2 graden Celsius overschrijden. Monbiot laat de mogelijkheden daartoe zien voor zijn eigen land Groot-Brittannië. Dit staat als (middelgroot) industrieel land volgens hem ook model voor andere rijke landen, zoals Nederland en België. "Als de ecologisch noodzakelijke beperking van CO_2-uitstoot in Groot-Brittannië een haalbare kaart is, is dat op vergelijkbare wijze overal zo."

Dit is in principe juist, maar er zijn ook wezenlijke verschillen tussen Groot-Brittannië en Nederland en België: het Britse woningbestand bijvoorbeeld is in veel slechtere staat dan de huizen in Nederland en België; er zijn verschillen bij de infrastructuur van het verkeer en het openbaar vervoer; in Nederland is de land- en tuinbouwsector een geval apart; bovendien is Nederland noch België een eiland en moeten wij meer rekening houden met grenseffecten.

Aanvankelijk hadden we het plan het boek op deze punten aan te vullen. Door overal de verschillen aan te geven zou het boek echter onleesbaar worden. Vandaar dat we in 2008 met een apart boek komen dat met de aanpak van *Heat* de situatie in Nederland onderzoekt en kijkt of ook hier een emissiereductie van 90 procent te bereiken is. Het voor u liggende boek is daarom een geactualiseerde versie van het oorspronkelijke *Heat*, met op enkele plaatsen een Nederlandse toevoeging.

Hitte is een inspirerend document, dat oproept tot actie. Lees daarover meer op www.hitte.nu.

Maurits Groen & Jan van Arkel

Dankwoord

Zonder de hulp van de volgende mensen had ik dit boek niet kunnen schrijven. Mijn vrouw Angharad Penrhyn Jones, mijn researchassistent Dr Matthew Prescott, mijn algemeen assistent Sandy Kennedy, mijn agenten Antony Harwood en James Macdonald Lockhart, en mijn redacteur Helen Conford. Ik heb ook heel veel steun gehad van de volgende deskundigen, die mij royaal met hun tijd terzijde stonden: Dave Andrews, Graham Sinden, Robert Gross, Simon Bowens, George Marshall, Mark Lynas, Andrew Warren, Oliver Tickell, Richard Starkey, Stephen Joseph, Paul Allen, Roger Kemp, Brenda Boardman, Becca Lush, Byron Wine, Neil Crumpton, Norbert Hirschhorn, Kevin Anderson, Norman Myers, Stuart Croft, Sammy Daniel, Sarah Keay-Bright, Alice Bows, Jonathan Gibbins, Rajat Gupta, David Hirst, Walt Patterson, Meyer Hillman, Andrew Simms, Thomas Aldrian, Mark Barrett, Robert Webb, Dieter Helm, Lex Waspe, Jim Skea, John Loughhead, Les Harding, Mark Partington and Ian Gazley. Heel veel dank aan allen.

Voorwoord

Sinds het uitkomen van de eerste editie van dit boek zijn we het er bijna allemaal over eens geworden dat klimaatverandering, in de woorden van Tony Blair, 'de allerbelangrijkste kwestie is waarvoor we momenteel staan'.[1] Maar net zo eensgezind zijn we in ons voornemen er niets aan te doen.

Dit is niet helemaal waar: het gaat erom wie je met 'we' bedoelt. Over de hele wereld – onder andere in het Britse parlement, de Europese Unie, het Amerikaans Congres, het Nationale Volkscongres van China – worden goede voornemens, doelstellingen en zelfs bindende afspraken besproken en op schrift gesteld. Maar vanuit onze luie stoel blijven we de wetgevers passief aanstaren terwijl ze namens ons handelen. Een recente enquête van de Energy Saving Trust heeft aangetoond dat maar 4 procent van de Britse bevolking haar manier van leven wezenlijk heeft veranderd.[2] Iedereen wacht op elkaar en intussen gebeurt er niets.

Niemand zal ontkennen dat we inmiddels veel beter geïnformeerd zijn over de ontwrichting van de biosfeer. In alle media is er aandacht geweest voor de meest recente wetenschappelijke rapportage van het VN-orgaan voor klimaatverandering, het IPCC, waarin wordt gewaarschuwd dat grote delen van de aarde nu al door 'intensere en langere droogteperioden' worden getroffen;[3] dat de zeespiegel twintig keer sneller stijgt dan het gemiddelde tempo van de laatste 3.000 jaar[4,5] en dat elf van de laatste twaalf jaren tot de twaalf warmste behoren die ooit zijn geregistreerd. Maar we lezen over deze veranderingen met dezelfde gebiologeerde onmacht waarmee we een goede rampenfilm bekijken. Als we er niet naar handelen, is al deze kennis nutteloos, of erger nog: verlammend. Het gevaar is niet zozeer dat klimaatverandering geen onderwerp van discussie meer is, maar dat we er eindeloos over blijven *praten*.

Op het eerste gezicht lijken sommige regeringsinitiatieven alleszins geruststellend. Wellicht de belangrijkste gebeurtenis van de laatste tijd was de publicatie, eind 2006, van het zogenaamde Stern-rapport. Sir Nicholas Stern, vroeger hoofdeconoom bij de Wereldbank, kreeg van de Britste regering de opdracht de economische implicaties van klimaatverandering op een rij te zetten. Hij berekende dat de totale, mondiale kosten van een forse stijging van de atmosferische temperatuur tot een mondiale koopkrachtvermindering van tussen de 5 en 20 procent zouden leiden, terwijl het voorkómen daarvan maar 1 procent van het bruto mondiaal product zou kosten.[6] Economisch bezien heeft het dus zin om in te grijpen.

Wellicht verwacht men van mij dat ik het Stern-rapport met open armen ontvang, omdat het in belangrijke opzichten met de boodschap van dit boek lijkt te stroken. Dat heb ik in eerste instantie ook gedaan. Maar hoe meer ik erover ben gaan nadenken, hoe minder het mij bevalt. Net als de meeste klimaatwetenschappers lijkt Sir Nicholas te geloven dat als we gevaarlijke klimaatverandering willen mijden, we ervoor moeten zorgen dat de mondiale temperatuur niet meer dan 2°C stijgt ten opzichte van pre-industriële niveaus.* Als dat ons *niet* lukt, zo schrijft hij, is er een kans dat 'tussen de 0,7 en 4,4 miljard mensen' te maken zullen krijgen met 'toenemende watertekorten'.[8] Er is een grote kans op 'verminderde landbouwopbrengsten in veel ontwikkelingsregio's'.[9] Het Amazone-regenwoud 'zou significante en mogelijk onherstelbare schade kunnen lijden';[10] 5 tot 40 procent van de levensvormen op aarde wordt met uitsterven bedreigd; 'over de hele wereld verdwijnen kleine berggletsjers', waardoor drinkwaterbron-

---

* Hij schrijft: 'Een maximale temperatuurstijging van minder dan 2°C zou het risico van nadelige gevolgen van klimaatverandering sterk verminderen en zou misschien voldoende zijn om de drempels te mijden van bepaalde grote onomkeerbare veranderingen, zoals het smelten van de ijskappen, het verlies van de grootste regenwouden en het punt waarbij de natuurlijke vegetatie niet meer als 'put' voor emissies functioneert, maar als bron.'[7]

nen dreigen op te drogen; en 'er bestaat een mogelijkheid dat de Groenlandse ijskap definitief zal smelten, waardoor het niveau van de zeeën nog sneller zal stijgen en de wereld niet meer ontkomt aan een zeespiegelstijging van meer van 7 meter'.[11] Na deze gevolgen te hebben opgesomd, schuift Sir Nicholas zijn eigen doelstelling aan de kant.

Deze kwestie is ietwat gecompliceerd, maar raakt de kern van de zaak. Daarom vraag ik van u, lezer, even geduld. De stijgende temperaturen op aarde staan in directe verhouding tot de gestegen concentraties broeikasgassen in de atmosfeer. De belangrijkste van deze gassen is kooldioxide, oftewel CO_2, maar er zijn ook enkele andere. En om ze allemaal bij elkaar op te kunnen tellen, worden ze uitgedrukt in zogenaamde 'CO_2-equivalenten', of CO_2e.

Om een redelijke kans te hebben (om en nabij de 50 procent) om de stijging van de mondiale temperatuur tot maximaal 2°C te beperken, moeten we volgens Sir Nicholas de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer op een niveau van maximaal 450 delen per miljoen stabiliseren, geschreven als '450 ppm CO_2e'. Als we de concentratie tot 550 ppm CO_2e laten stijgen (hetgeen in 2035 zou kunnen gebeuren als de snelheid waarin we fossiele brandstoffen verbranden, blijft toenemen), is er, zo schrijft hij, 'minstens 70 procent kans – en misschien 99 procent kans, afhankelijk van het gebruikte klimaatmodel – dat de gemiddelde stijging van de luchttemperatuur boven de 2°C uitkomt'.[12] Bij een concentratie van 550 ppm CO_2e is de kans, zo vermoedt Stern, '30-70 procent' dat deze stijging meer dan 3°C zal bedragen en een 'kans van 24 procent dat de stijging boven de 4°C uitkomt'.[13]

Dat zou een catastrofale temperatuurstijging zijn. Zoals Stern zelf schrijft, bestaat er 'grote kans op ernstige verstoring van de wereldvoedselvoorziening';[14] 'kunnen hele regio's te heet of te koud worden voor landbouw'; 'zal de stijging van de zeespiegel betekenen dat elk jaar tientallen tot honderden miljoenen mensen meer dan nu het geval is getroffen worden door overstromingen, en 'wijzen berekeningen uit dat

het percentage landoppervlak dat aan extreme droogte lijdt van 3 procent tot 30 procent zal toenemen.'[15] Omdat de wereldbevolking zal blijven groeien, kan een toename van 4° tot massale hongersnood leiden.

Op welk niveau zouden we volgens Sir Nicholas de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer dan moeten stabiliseren? Zijn antwoord: 550 ppm CO_2e. Het is op deze basis dat hij berekent dat het slechts 1 procent van het bruto mondiaal product zal kosten om gevaarlijke vormen van klimaatverandering te vermijden. Maar dit is ook het niveau waarbij – zo heeft hij zelf aangetoond – gevaarlijke klimaatverandering vrijwel onvermijdelijk en catastrofale klimaatverandering een reële mogelijkheid is. Stern omarmt een emissiedoelstelling voor broeikasgassen die met een redelijke mate van waarschijnlijkheid tot massale hongersnood zal leiden.

Hij neemt niet eens de moeite te berekenen hoeveel het zou kosten de concentratie broeikasgassen op 450 ppm of minder te stabiliseren. Hij merkt alleen op dat het 'waarschijnlijk zeer veel geld zal kosten'.[16] Dat geldt natuurlijk ook wanneer het ons niet lukt. Hij stelt ook dat het 'met de huidige en in de toekomst beschikbare technologieën waarschijnlijk onhaalbaar is'.[17] Dit is, zoals ik in dit boek zal aantonen, niet waar.

Mijn tweede probleem met het Stern-rapport is dat de berekeningen die hij hanteert volkomen onzinnig zijn. Aan de ene kant van zijn vergelijking zet hij de kosten van het investeren in nieuwe technologieën (of het niet investeren in oude) om te voorkomen dat de concentratie broeikasgassen niet boven de 550 ppm CO_2e stijgt. Aan de andere kant staan de kosten die klimaatverandering met zich meebrengt. Sommige daarvan zijn financieel – voedselprijzen zouden bijvoorbeeld kunnen stijgen en kustverdedigingswerken zullen nodig zijn. De meeste kosten in zijn rapport golden echter tot voor kort als onberekenbaar: de vernietiging van ecosystemen en menselijke gemeenschappen; de ontheemding van mensen; ziekte; sterfte. Al deze kosten telt Sir Nicholas gewoon bij elkaar op, met behulp van een soort eenheid die hij 'equivalent aan een

verminderding in consumptie' noemt, en waaraan hij vervolgens een prijskaartje hangt.

Stern legt uit dat deze 'consumptie' verder strekt dan het verbruik van de goederen die we bijvoorbeeld in supermarkten kunnen kopen. Ze omvat tevens het verbruik van 'onderwijs, gezondheid en milieu'.[18] Hij geeft toe dat deze formule 'fundamentele problemen met zich meebrengt' – vooral waar het gaat om 'de mogelijkheid om gezondheid (en ook sterfte) en milieukwaliteit in inkomenstermen uit te drukken'[19] – waarna hij de formule tóch gebruikt. De wereldwijde ramp die een temperatuurstijging van 5-6°C ontketent blijkt 'equivalent aan een vermindering in consumptie' van 5-20 procent.

Hoezo equivalent? Mensen die nauwelijks te eten hebben consumeren uiteraard bijna niets, laat staan dat ze andere uitgaven doen. Even vanzelfsprekend is het dat als ze sterven, ze helemaal niets meer zullen consumeren. Ik kan nog begrijpen dat er behoefte is aan een meeteenheid waarmee men de maatschappelijke kosten van verschillende budgettaire beslissingen met elkaar kan vergelijken. Maar de eenheid die Stern gebruikt – verminderde consumptie – omvat van alles: van de prijs van eieren tot de pijn van menselijke tragedie. Dit vertaalt hij in de 'maatschappelijke kosten van CO_2', die hij in dollars uitdrukt. Hij heeft, met andere woorden, de prijs van een mensenleven bepaald. Sterker nog, hij zorgt ervoor dat deze prijs verdwijnt tussen alle andere prijzen. Wanneer we lezen dat de 'maatschappelijke kosten van CO_2' 30 dollar per ton zijn, weten we niet – tenzij we het hele rapport lezen – hoeveel hiervan uit mensenlevens bestaat.

Sterns methodologie mondt hierdoor, onbedoeld weliswaar, uit in iets rampzaligs – en dat had hij moeten zien aankomen. Het Stern-rapport laat namelijk zien dat het nemen van robuuste maatregelen om ernstige klimaatverandering te voorkomen op termijn minder dollars kost, dan dat er dollars uitgespaard kunnen worden door zulke maatregelen achterwege te laten. Dáárom is het economisch verstandig onbeheersbare klimaatverandering te vermijden. Maar wat als de uitkomst anders was geweest? Wat als zijn berekeningen hadden uit-

gewezen dat het verbranden van meer fossiele brandstoffen meer winst zou opleveren dan alle maatschappelijke kosten van CO_2 bij elkaar? Dan zouden we vinden dat het economisch verstandig is mensen te doden.

Dat klinkt absurd. Maar dit was in wezen de conclusie van een ander rapport, waartoe de Britse regering opdracht gaf. Sir Rod Eddington, oud-president-directeur van British Airways, werd gevraagd de regering te adviseren over de verbanden tussen transport en economische groei in Groot-Brittannië. Sir Rod kwam tot de slotsom dat, zelfs wanneer rekening wordt gehouden met de kosten van klimaatverandering, zoals door Sir Nicholas berekend, het minder kost om de Britse vliegvelden en het wegennet uit te breiden dan het geld dat daarmee verdiend kan worden.[20] Hoewel hij het niet met zoveel woorden zegt (nergens in zijn rapport vind ik enig teken dat hij de implicaties van zijn redenering inziet), was Eddington erachter gekomen dat het economisch verstandig is mensen te laten sterven, opdat wij meer kunnen reizen.

Degenen die de gevolgen van klimaatverandering het sterkst aan den lijve zullen ondervinden, leven niet in Groot-Brittannië. De grootste klappen zullen vallen bij mensen in de tropen, vooral als ze in gebieden wonen waar de voedselopbrengsten nu al marginaal zijn. Van de voordelen van een uitbreiding van de Britse transportinfrastructuur zullen de Ethiopiërs of Malawianen maar weinig zien. Voor hen resten alleen de kosten. Eddington berekende dat het economisch verstandig is *andere* mensen te laten sterven, zodat wij vrijer kunnen reizen. We hebben naar mijn mening het recht niet, een dergelijke beslissing te nemen.

In maart 2007 was er in Groot-Brittannië nóg een belangrijke gebeurtenis: de lancering van een wetsvoorstel inzake klimaatverandering. Het is de eerste keer dat een regering zich wettelijk heeft verplicht om broeikasgasemissies te verminderen en heeft bepaald dat als ze haar eigen doelstellingen niet haalt, ze voor de rechter kan worden gedaagd. In dit opzicht is het een uitzonderlijke ontwikkeling.

Hiermee verplicht de Britse regering zich tot twee forse reducties: een vermindering van de CO_2-uitstoot met 26 tot 32 procent in het jaar 2020 en met 60 procent in 2050. Regeringen moeten voortaan om de vijf jaar tussendoelstellingen aan zichzelf opleggen. Het is aan een onafhankelijke commissie te bepalen welke doelstellingen dat moeten zijn en om te vast te stellen of ze door de regering zijn gehaald.[21]

De doelstellingen die in het wetsvoorstel worden genoemd zijn de verkeerde, zoals ik in dit boek zal aantonen: *too little, too late*. Maar via zo'n onafhankelijke commissie zullen we tenminste kunnen beoordelen of er daadwerkelijk vooruitgang wordt geboekt, of niet. Ten behoeve van een tv-documentaire liet ik controleberekeningen uitvoeren, die uitwezen dat de regering ongelooflijk optimistisch is geweest bij de beoordeling van haar eigen vooruitgang. Zo denkt ze dat ze op schema ligt voor een vermindering van broeikasgasemissies met 29 procent in 2020 (ten opzichte van het niveau van 1990), terwijl de onderzoekers die de berekeningen natrokken, vaststelden dat de regering op deze wijze niet verder komt dan een reductie van 2 tot 17 procent.[22]

Zoals de zaken er nu voorstaan, kunnen we denk ik gerust voorspellen dat de regering met succes kan worden aangeklaagd voor het niet halen van haar doelstellingen. Diverse, recent aangekondigde initiatieven om klimaatverandering aan te pakken, doen het als krantenkop misschien aardig maar worden continu ondermijnd door een gebrek aan vastberadenheid en tegenstrijdige maatregelen. Het Britse Ministerie van Verkeer wil nog steeds dat luchthavens 'masterplans' opstellen waarin ze aangeven hoe ze een verdubbeling van het aantal vluchten tussen nu en 2030 willen gaan afhandelen.[23] Hetzelfde ministerie wil ook 4.000 km nieuwe wegen aanleggen.[24]

Het Ministerie van Financiën weigert ook maar enige maatregel in te voeren die het vliegen serieus zou kunnen ontmoedigen of zelfs maar de minste prikkel te geven om een zuiniger auto aan te schaffen. Het verdubbelde wel de vliegtax en claimde dit vervolgens als CO_2-reductie. Maar uit eigen regeringsgegevens blijkt dat deze maatregel geen enkel effect zal

sorteren.* En het ministerie verhoogde wel de motorrijtuigbelasting op de vuilste auto's, maar niet voldoende om ook maar enig verschil te maken. Uit eigen berekeningen van de regering blijkt dat als je mensen wilt aansporen een zuiniger model auto te kopen, er minstens 150 pond verschil tussen de belastingschijven moet zitten.[28] Maar zelfs na invoering van de nieuwe tarieven zal het verschil niet meer dan 67 pond bedragen.[29]

In december 2006 kondigde het Ministerie van Gemeenschappen en Locaal Bestuur een maatregel aan die op het eerste gezicht radicaal lijkt. In het jaar 2016 moet elke woning in Groot-Brittannië 'CO_2-neutraal' zijn.[30] Hoewel nog allerminst duidelijk is wat dit precies inhoudt, lijkt het een nobel streven. Helaas is de regering niet van plan dit doel te realiseren. Hoe ik daarbij kom? Omdat hetzelfde ministerie lokale overheden heeft verboden om met CO_2-neutrale huizen te experimenteren.[31] Bovendien heeft het ministerie parlementsleden tot de orde geroepen die met een voorstel kwamen om lokale overheden vrij te laten strengere energienormen te stellen dan in de huidige bouwvoorschriften staan[32] Dit lijkt ingegeven door de wens bouwbedrijven op geen enkele wijze te ontmoedigen om zoveel mogelijk huizen uit de grond te stampen om de Britse woningcrisis te lijf te gaan. Allemaal goed en wel, maar het is domweg ondenkbaar dat alle nieuwe woningen binnen negen jaar CO_2-neutraal zullen zijn, wanneer daarmee niet eerst op grote schaal wordt geëxperimenteerd. Zodra het klimaatbeleid van de regering ook maar de geringste weerstand ont-

---

* Het Ministerie van Financiën verhoogde deze belasting van 5 tot 10 pond,[25] waarmee ze de halvering die in 2001 was ingevoerd gewoon terugdraaide. Voor de Regeringsnota Vliegverkeer onderzocht het Ministerie van Verkeer wat het effect zou zijn van een veel forsere belasting, in de vorm van 100 procent accijns op vliegtuigbrandstof. De berekeningen lieten zien dat de prijzen die vliegmaatschappijen aan passagiers rekenen hierdoor met 10 procent zouden stijgen.[26] Dit effect zou echter alleen al door de groei van de nieuwe, laag geprijsde vliegmaatschappijen teniet worden gedaan, met als gevolg geen enkele afname van de vraag.[27]

moet, of deze nu komt van burgers of van bedrijven, lijkt het onmiddellijk als los zand uit elkaar te vallen.

Toch kan niemand ontkennen dat klimaatverandering tegenwoordig vrijwel overal ter wereld veel serieuzer wordt genomen dan een jaar geleden. Overal in Washington klinkt geschraap van ambtenaren en wetgevers die zich als de wiede weerga van hun eerdere uitspraken proberen te distantiëren. Na jaren van verwarring zaaien, ontkenning en leugens met betrekking tot het onderwerp klimaatverandering, is iedereen binnen de Amerikaanse regering, op enkele notoire veelplegers na, bezig zichzelf opnieuw te profileren als vriend van de aarde.

In februari 2007 publiceerden twee medewerkers van het Witte Huis een open brief waarin ze hun best deden foutieve mediaberichten recht te zetten 'als zou de bezorgdheid van de president over klimaatverandering iets van de laatste tijd zijn'.[33] 'In werkelijkheid,' zo stelden zij, 'is klimaatverandering voor de president een topprioriteit geweest sinds zijn eerste jaar in functie'. Ter bewijsvoering hadden ze 37 woorden gevonden die hij in 2001 aan het onderwerp had gewijd; 46 woorden in 2002; en 32 woorden in januari 2007. In januari 2007 had hij zelfs het woord 'klimaatverandering' over zijn lippen gekregen. Aldus was aangetoond, zo vonden zij, dat hij 'ten aanzien van dit onderwerp voortdurend leiderschap heeft getoond'.

Op Capitol Hill vallen Democraten en Republikeinen over elkaar heen om te bewijzen hoe hard ze bezig zijn geweest om de wereld te redden. De stemming in de Senaat waarmee het Kyoto-verdrag, met 95 stemmen tegen nul, werd getorpedeerd nog voordat het goed en wel was ondertekend, is allang vergeten. De inquisitie die Joe Barton in het Congres voerde – waarbij hij wetenschappers ondervraagde die weigerden hun bevindingen aan te passen om de oliemaatschappijen te behagen, als waren het leden van Al Qaïda – heeft ineens nooit plaatsgevonden. Zelfs Larry Craig, ooit een van de meest uitgesproken ontkenners van klimaatverandering, beweert nu dat hij de wereld al jarenlang vooruit helpt 'op weg naar een

schonere technologie'.[34] Wanneer de oorlog voorbij is, blijkt bijna iedereen ineens bij het verzet te hebben gezeten.

Terwijl er in diverse Amerikaanse staten wel degelijk klimaatbeleid wordt gevoerd, zijn er op federaal niveau nog steeds geen positieve stappen gezet. George Bush zegt dat de Verenigde Staten in de komende tien jaar hun broeikasuitstoot 'afgemeten aan de grootte van de Amerikaanse economie' met 18 procent zullen verminderen. Hij ziet dit als een 'ambitieuze klimaatstrategie'.[35] Maar het betekent niets. De enige verminderingen die tellen, zijn absolute verminderingen: de relatieve grootte van een bepaalde economie verandert niets aan de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer. De vermindering van 'CO_2-intensiteit' die Bush beoogt, betekent in werkelijkheid een *toename* van emissies. Gegeven de tendens dat elke economie minder energie per eenheid product gebruikt naarmate ze volwassener wordt, komt zijn voorstel om klimaatverandering aan te pakken neer op … niets doen.

Veel erger dan dit schijninitiatief zijn de echte initiatieven die Bush ontplooit. In zijn *State of the Union*-toespraak van 2007 kondigde hij aan dat hij de verplichte regeringsdoelstelling voor alternatieve transportbrandstoffen met een factor vijf zou verhogen. Dit was een geweldige opsteker voor de graanbaronnen in de traditioneel conservatieve 'rode staten', die alle maïs en raapzaad voor de biobrandstofproductie zullen leveren. Maar voor ieder ander is het een ramp.

Zolang er geen 'tweede generatie' plantaardige brandstoffen uit stro of hout is ontwikkeld, zo blijkt uit een vorig jaar door de Sarasin Bank gepubliceerde analyse, bedraagt 'het maximale gebruik van biobrandstoffen dat milieutechnisch en sociaal verantwoord is momenteel ongeveer 5 procent van het huidige benzine- en dieselverbruik in de EU en VS'.[36] Bush heeft nu aangekondigd dat hij die bijdrage in 2017 wil verhogen tot 24 procent.[37] Hoewel de rijke landen tot nu toe minder dan één procent van hun transportbrandstoffen op deze wijze hebben vervangen, heeft dat volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) nu al geleid tot een 'forse stijging in de prijs van graan, vooral

van tarwe en maïs', naar 'niveaus die we de laatste tien jaar niet meer hebben gezien', deels als gevolg van 'een snel stijgende vraag naar biobrandstofproductie'.[38] De gevolgen zullen vooral worden afgewenteld op ondervoede mensen over de hele wereld. In plaats van het probleem écht aan te pakken – bij de buitensporige brandstofvraag – kiest Bush ervoor de ene catastrofe tegen de andere in te ruilen.

Op vergelijkbare wijze pleit de Amerikaanse regering er nu voor om klimaatverandering aan te pakken door 'wijziging van de hoeveelheid zonne-instraling',[39] door te proberen met behulp van deeltjes of spiegels een deel van het zonlicht naar het heelal terug te kaatsen. Zoals ik in hoofdstuk 11 zal aantonen, zullen de tot dusver voorgestelde plannen in deze richting óf het klimaat nog erger doen veranderen, óf het risico met zich meebrengen dat een andersoortige atmosferische crisis wordt ontketend. Het is opnieuw een manier om lastige beslissingen uit te stellen, en weer zijn het anderen die de prijs betalen. Bush probeert de bevolking van de Verenigde Staten te overtuigen dat ze van alles moeten doen behálve het allernoodzakelijkste: hun brandstofverbruik verminderen. Het is dezelfde ontkenning, nu in een ander jasje.

De laatste gebeurtenis van betekenis in 2007 was het verschijnen van het IPCC-rapport 2007. Het deel van Werkgroep III behandelt de afremming van de klimaatverandering.[40] Het rapport stelt dat vermindering van de uitstoot van CO_2 noodzakelijk is. Om de mondiale temperatuurstijging te beperken tot 2 graden moet er niet 60 procent worden verminderd, zoals ik vaststel in hoofdstuk 1 (zie p. 56), maar moet er maar liefst 85 procent bespaard worden op de mondiale uitstoot. De cijfers die ik in hoofdstuk 1 geef, zijn in feite al achterhaald. Uit andere bronnen blijkt dat we misschien 100 procent moeten besparen.[41] Geen enkele regering heeft daar al een antwoord op.

Maar we mogen de schuld voor het trage mondiale antwoord op klimaatverandering niet alleen bij regeringen en bedrijven leggen. Zolang wij het niet van ze *eisen*, kunnen zij niets on-

dernemen. Op dit moment willen we alles tegelijk: zonovergoten palmstranden, belachelijk grote auto's, plasma-tv's én een schoon geweten.

De gegoede burgers uit mijn kennissenkring vliegen nog altijd voor hun zomervakantie naar de Canarische Eilanden. Sommigen hebben een tweede huis in Griekenland of Kroatië. Ik ken een milieuactivist die van Groot-Brittannië naar Thailand vliegt om daar een pijp in zijn kont te laten steken (de geijkte term is 'endeldarmirrigatie', heb ik begrepen). Ze rijden in oude Volvo's of flitsende bolides met open dak. Ze gebruiken gas om hun woning ook in de zomer te verwarmen en hebben verwarmingselementen in hun serre. Velen hebben niet eens de moeite genomen om hun energieverslindende gloeilampen te vervangen.

Natuurlijk, ze brengen hun flessen naar de glasbak en kopen met de hand gemaakte kaarsen, biologisch vlees en lokaal geteelde groenten. Dit geeft hun het gevoel dat ze goed bezig zijn zonder dat ze daarvoor hun levenswijze wezenlijk hoeven te veranderen. Maar zodra een appèl op hen wordt gedaan een beslissing te nemen die hun leven kwalitatief of kwantitatief zou kunnen beïnvloeden, verdwijnt hun zorg om de toestand van de aarde als sneeuw voor de zon. Wanneer de biosfeer naar de bliksem gaat, zal dat worden veroorzaakt door aardige, goed bedoelende, mondaine mensen die accepteren dat we onze uitstoot zullen moeten verminderen, maar die, als het op hun eigen lifestyle aankomt, geen millimeter willen schuiven.

Regeringen hebben er geen belang bij ons onze illusies te ontnemen. Als hun streven teveel afwijkt van onze bedoelingen, zijn de verkiezingen verloren. Ze zullen pas dan ingrijpen wanneer wij hebben laten zien dat wíj zijn veranderd.

Inleiding

Gestrand in goede bedoelingen

De God die u dient is uw eigen begeerte.
Doctor Faustus, Tweede Bedrijf, Eerste Scène[1]

Twee voorvallen vormden de aanleiding tot het schrijven van dit boek. Het eerste vond plaats in mei 2005, in een zaal in Londen waar ik net een lezing over klimaatverandering had gegeven. Ik had daarin betoogd dat we onze CO_2-uitstoot met 80 procent moeten terugdringen, wil er enige kans zijn op het voorkomen van onbeheersbare klimaatsveranderingen.[2] Door de derde vraag uit de zaal werd ik even uit het lood geslagen.

'Als je die 80 procent vermindering hebt bereikt, hoe ziet dit land er dan uit?'

Ik had er nooit over nagedacht. Ik kon ook geen enkele reden bedenken *waarom* ik er niet over had nagedacht. Maar vrij vooraan in de zaal zat Mayer Hillman, een van de milieuactivisten die bij mij het meeste respect en tevens de grootste angst inboezemt. Ik heb respect voor hem omdat hij altijd uitkomt voor wat volgens hem de waarheid is, zonder zich om de consequenties te bekommeren. Ik ben bang voor hem omdat zijn leven een spiegel vormt waarin wij stervelingen slechts onze eigen hypocrisie kunnen zien.

'Zo'n gemakkelijke vraag laat ik graag aan Mayer over.'

Hij stond op. Met zijn 75 jaren oogt hij als rond de 50, misschien omdat hij alles met de fiets doet. Hij is klein en tenger

en ziet er fit uit, en wanneer hij spreekt, steekt hij zijn borst naar voren en houdt zijn armen recht naar beneden, alsof hij in de houding staat. Hij had een glimlach op zijn gezicht. Ik wist dat hij iets ongehoords ging zeggen.

'Een heel arm derde wereldland.'

In dezelfde periode las ik de roman *Saturday* van Ian McEwan. Hoofdpersoon Henry Perowne komt thuis van het squashen en stapt onder de douche.

> Wanneer deze beschaving ineenstort, wanneer de Romeinen – wie ze deze keer ook mogen zijn – eindelijk zijn vertrokken en de nieuwe *Dark Ages* hun intrede doen, zal dit een van de eerste luxes zijn die verdwijnen. Schuilend bij hun met turf gestookte vuurtje, zullen de ouderen hun ongelovige kleinkinderen vertellen over hoe het was om midden in de winter naakt onder krachtige stralen heet en schoon water te staan, over de stukken geparfumeerde zeep en amber- en vermiljoenkleurige vloeistoffen die ze in hun haren wreven om ze extra glans en volume te geven, en over dikke witte handdoeken zo groot als toga's die op warme rekken klaarlagen.[3]

Was ik nu werkelijk campagne aan 't voeren om dit alles tot een einde te brengen, om de door Perowne verheerlijkte gemakken te verwerpen – gemakken die ik, net als alle andere gegoede burgers in de rijke landen, inmiddels vanzelfsprekend vind?

Er zijn aspecten van deze beschaving die ik betreur. Ik haat de leugens en de politieke corruptie, de ongelijkheid, het exporteren van onrecht, de militaire avonturen, de vernieling van ongerepte gebieden, het lawaai, de verspilling. Maar in de rijke landen leven de meeste mensen het grootste gedeelte van de tijd op een wijze waarvan vroegere generaties alleen konden dromen. De meesten van ons kunnen kiezen wat voor werk ze doen. Wij hebben vrije tijd, en eindeloze mogelijkheden om deze in te vullen. We mogen stemmen op hele co-

lonnes niet van elkaar te onderscheiden mannen in pakken. We mogen zeggen en denken wat we willen en hoewel er niet altijd naar wordt geluisterd, belanden we daarvoor evenmin in de gevangenis. We mogen reizen waar we willen. We mogen onszelf vertroetelen tot de uiterste grens van wat qua volksgezondheid en economie geoorloofd is. Als we het willen, zijn we goed gevoed. Vrouwen, althans sommigen, zijn bevrijd van het huishoudelijke juk. We mogen op een doeltreffende gezondheidszorg rekenen. Onze kinderen genieten onderwijs. We zijn beschut, veilig, tevreden, voldaan.

Tijdens de eerste twee miljoen jaar van de geschiedenis van het geslacht *Homo,* leefden we van wat de aarde ons verschafte. Ons leven werd bepaald door de grilligheden van de natuur. Net als bij andere dieren bepaalde angst ons leven: de angst om te verhongeren, aan een roofdier ten prooi te vallen, door weer of ziekte te worden geveld.

In de millennia daarna konden we, dankzij een rudimentaire kennis van landbouw en oogstopslag, onze voedselvoorziening veiliger stellen en binnen afzienbare tijd hadden we de meeste niet-menselijke roofdieren uitgeroeid. Zwaard en speer gingen het menselijk bestaan bepalen. We vochten vooral om land – land dat niet alleen nodig was om onze gewassen te telen, maar ook om ons te voorzien van krachtbronnen – weidegronden voor paarden en buffels, hout voor onze kachels.

Toen begonnen we te ontdekken welke mogelijkheden fossiele brandstoffen ons boden. Niet langer waren we gebonden aan de omgevingsenergie van het hier en nu; we konden in onze behoefte voorzien met het zonlicht dat tijdens de laatste 350 miljoen jaar als koolstof in de bodem was opgeslagen. Dankzij deze nieuwe brandstoffen kon de economie groeien – genoeg groeien om een deel van de mensen op te vangen die als gevolg van de landruzies uit de vorige periode ontheemd waren geraakt. Industrie en stedenbouw ontwikkelden zich explosief. Samengeperst in de werkplaatsen en dicht op elkaar gebouwde woonkazernes, konden de ontheemden zich organiseren. De despoten, die hun macht juist door toe-eigening

van land hadden verworven, zagen zich gedwongen hun greep te verslappen.

Fossiele brandstoffen hielpen ons oorlogen te voeren van een ongekende weerzinwekkendheid, maar zorgden er ook voor dat de noodzaak tot oorlog minder werd. Voor de eerste keer in de menselijke geschiedenis – voor de eerste keer in de biologische geschiedenis zelfs – was er een overschot aan beschikbare energie. We waren in staat om te overleven zonder dat we iemand hoefden te bevechten voor de grondstoffen die we nodig hadden. Onze vrijheden, onze welvaart, onze luxe komen allemaal voort uit fossiele koolstof, die bij verbranding koolzuur, of CO_2, produceert, het gas dat het meest aan de huidige klimaatverandering bijdraagt. Onze generaties zijn de meest bevoorrechte die ooit hebben geleefd. Wellicht zijn ze ook de meest bevoorrechte die ooit zúllen leven. Vanuit historisch perspectief leven we in een zeer korte tussenfase tussen ecologische beperking en ecologische catastrofe.

O, wat verlang ik terug naar die lang vervlogen, zomerse dagen van mei 2005, toen ik geloofde dat dit varkentje gewassen kon worden met een vermindering van uitstoot met slechts 80 procent! Na mijn lezing ontving ik namelijk een brief van een zekere Colin Forrest. Ik had verzuimd, zo legde hij me uit, met de jongste voorspellingen rekening te houden. Hij stuurde me een door hemzelf geschreven stuk met een uiteenzetting (die ik in het volgende hoofdstuk in meer detail zal toelichten) die in mijn ogen onberispelijk is.[4]

Als de atmosfeer in 2030 net zoveel CO_2 bevat als nu het geval is, zullen de temperaturen op aarde waarschijnlijk twee graden gestegen zijn ten opzichte van het begin van het industriële tijdperk. Twee graden opwarming is het omslagpunt waarbij belangrijke ecosystemen beginnen in te storten. Vanaf dat moment nemen ze geen CO_2 meer op maar geven het af. Voorbij dit punt, met andere woorden, is er aan klimaatverandering niets meer te doen: ook zonder ons toedoen zal het zich in rap tempo versnellen. De enige manier waarop we met grote waarschijnlijkheid kunnen voorkomen dat dit omslag-

punt wordt bereikt, zo beargumenteert Forrest, is als de rijke landen hun uitstoot van broeikasgassen vóór het jaar 2030 met 90 procent verminderen. De opgave die ik mij in dit boek heb gesteld is om de haalbaarheid hiervan aan te tonen.

Met 'haalbaarheid' bedoel ik dat mijn voorstellen te rijmen moeten zijn met een geïndustrialiseerde beschaving. Binnen de milieubeweging zijn er lieden die het overeind houden van de staat een verachtelijk streven vinden. Het Noordamerikaanse EarthFirst!, bijvoorbeeld, heeft als motto 'Terug naar het Pleistoceen'. Maar zelfs als je liever in een berenvel rondrent op jacht naar, of opgejaagd door, een oeros, heeft het weinig zin te pleiten voor een terugkeer naar een steentijdeconomie – domweg omdat zo'n vooruitzicht voor het overgrote deel van de mensheid onaantrekkelijk is. Zelfs het promoten van een terugkeer naar een grotendeels op landbouw gebaseerde maatschappij, of naar de economie van 'een heel arm derdewereldland', zou pure navelstaarderij zijn. Of we nu wel of niet van een gemakkelijk leven houden (en ik vermoed dat er onder degenen die pleiten voor 'terug naar de natuur' enkelen zijn die tot de eerste slachtoffers in de wildernis gaan behoren), in politiek opzicht is het noodzakelijk een manier te vinden om dat leven te kunnen voortzetten. In dit boek probeer ik de minst pijnlijke manier te vinden om een vermindering van onze CO_2-emissies met 90 procent te bewerkstelligen. Daarbij doe ik mijn best onze hang naar comfort, welvaart en vrede te rijmen met de zelfbeteugeling die vereist is om daarbij andermans comfort, welvaart en vrede niet te vernietigen. Toen ik aan mijn zoektocht naar oplossingen begon, was ik er vrijwel zeker van dat ik daarin zou falen. Maar inmiddels geloof ik dat het te doen is.

Hitte is een manifest en gedachte-experiment tegelijk. Het experimentele object is Groot-Brittannië, dat model staat voor ieder ander middelgroot industrieel land. In dit boek wil ik aantonen hoe een moderne economie van zijn koolstofhonger kan worden verlost zonder op te houden een moderne economie te zijn. Hoewel de hier gepresenteerde voorstellen in landen met een ander klimaat of een groter oppervlak zeker

aanpassing behoeven, geloof ik dat het gepresenteerde model algemeen toepasbaar is: als de ecologisch noodzakelijke beperking van CO_2-uitstoot in Groot-Brittannië een haalbare kaart is, is dat op vergelijkbare wijze vrijwel overal zo.

Ik concentreer me hier op de rijke landen en wel om de volgende reden: zolang we niet hebben aangetoond dat het ons menens is met het terugdringen van onze eigen uitstoot, hebben we niet het recht van armere landen beperkingen te verlangen. In de rijke landen is het meest gehoorde excuus in één woord samen te vatten: China. Per hoofd van de bevolking is de uitstoot van China de laatste jaren inderdaad snel jaar aan 't stijgen.[5] Maar deze uitstoot staat in geen verhouding tot de onze. De gemiddelde inwoner van China produceert 4,1 ton CO_2 per jaar. In Groot-Brittannië is dat 9,6 ton, in Nederland 16,4, in België 13,1 en in de VS 20,1 (zie tabel hoofdstuk 2).[6] Door de schuld voor het probleem bij de Chinezen te leggen en voor te wenden dat hun onstilbare honger onze eigen inspanningen zinloos zou maken, geven we niet alleen blijk van onze hypocrisie; het is, naar mijn overtuiging, ook de zoveelste uiting van een diepgewortelde hysterie ten aanzien van het Gele Gevaar.

In dit boek laat ik eerst de mogelijke gevolgen van onbeteugelde klimaatverandering de revue passeren en sta er dan bij stil waarom we zo traag op deze dreiging hebben gereageerd. Vervolgens begin ik mijn zoektocht naar oplossingen, eerst dicht bij huis, in mijn eigen woning. In hoofdstuk 4 ga ik na hoe jaren van erbarmelijke bouwpraktijken, zwakke overheidsregels en politieke lafheid ons hebben opgezadeld met huizen die amper in staat zijn hun primaire taak te vervullen – weer en wind buiten de deur te houden. Ik kijk hoe we de kwaliteit van bestaande woningen kunnen opvijzelen en hoe we in de toekomst voor betere huisvesting kunnen zorgen, en ontdek zodoende waar wellicht de fysieke en economische grenzen van energiebesparing zullen liggen.

Vervolgens onderzoek ik in de hoofdstukken 5 tot en met 7 hoe deze woningen het beste van energie kunnen worden voorzien. Voordat ik aan mijn research aan dit onderwerp be-

gon, dacht ik dat dit betrekkelijk eenvoudig zou zijn: ik hoefde slechts een keuze te maken uit wind-, golfslag- of zonne-energie, dan wel kernenergie, biomassa of een techniek om CO_2 uit de rookgassen van energiecentrales te halen. Maar hoe meer ik las, hoe moeilijker – en onderling tegenstrijdiger – de vragen werden. De drie hoofdstukken waarin dit onderwerp wordt behandeld, zijn technisch gesproken de meest ingewikkelde van het hele boek. Ik geloof dat ik misschien een werkbare oplossing heb gevonden – maar ook maar nét.

In hoofdstuk 8 zet ik uiteen hoe we met een nieuw vervoerssysteem de CO_2-uitstoot van transport over land met 90 procent kunnen verminderen, zonder noemenswaardig verlies aan mobiliteit. Voor het vliegtuigvervoer heb ik géén effectieve technologische oplossingen kunnen vinden: zoals ik in hoofdstuk 9 betoog, zijn deze er domweg niet. Het is me niet gelukt de weelde die we nu aanhangen in overeenstemming te brengen met de overleving van de biosfeer. Ik kan daarom niet anders dan concluderen dat een drastische vermindering van het aantal vluchten de enige mogelijke oplossing is.

In hoofdstuk 10 kijk ik naar twee specifieke bedrijfstakken – de detailhandel en de cementproductie, die allebei een bovengemiddelde bijdrage leveren aan de CO_2-uitstoot – en kom daarbij met een paar radicale voorstellen om de winkels open te houden en huizen te blijven bouwen zonder dat dit tot het verlies van het poolijs hoeft te leiden. Tijdens deze zoektocht heb ik steeds die oplossingen proberen te vinden die het minste kosten, nu al aantoonbaar werken, en het beste passen in het leven waaraan we gewend zijn.

Ik zou graag willen geloven dat de veranderingen die ik voorsta kunnen worden gerealiseerd, eenvoudigweg door mensen op te roepen te matigen. Ik weet dat er milieuactivisten zijn die dit – na veertig jaar mislukte campagnevoering op dit punt – nog steeds niet willen inzien, maar wat mij betreft is zelfopgelegde zuinigheid op zichzelf een nogal nutteloze onderneming.

Wat heeft het voor zin met de fiets naar de stad te rijden, als de rest van de wereld in monstervoertuigen voorbij dendert?

Door het weigeren een auto te bezitten, heb ik mijn 'aandeel' van de weg simpelweg overgedragen aan iemand die in een veel verslindender model rijdt dan ik ooit zou hebben gekocht. Waarom zou ik voor dubbele beglazing geld uitgeven zolang de supermarkten met een boven de ingang gemonteerd heteluchtkanon de hele straat verwarmen? Waarom moeite doen om een spaarlamp in te draaien, zolang er iemand in Lancashire woont die opschept dat hij elk jaar 1,2 miljoen kerstlichtjes aan zijn huis hangt? (Dhr. Danny Meikle vertelde aan journalisten dat hij twee industriële meters nodig heeft om zijn stroomverbruik te meten. Eén keer heeft hij het met zijn lichtshow voor elkaar gekregen om de stroomkabel naar het dorp te laten doorbranden.[7] Het dorpje heet overigens Coalburn, waarmee het bestaan van God vermoedelijk is aangetoond.)

En wie van ons – behalve wellicht Mayer Hillman – kan nu oprecht beweren dat we leven op de manier die we graag van anderen verlangen? De meeste voorvechters van het milieu – en hiertoe reken ik ook mezelf – zijn huichelaars: de Britse klimaatactiviste die elk jaar naar de Stille Oceaan vliegt om er te gaan duiken; een vooraanstaand lid van de milieubeweging, een vriend van mij, die kolen stookt in zijn open haard; weer een andere – iemand die campagne voert voor de biodiversiteit – die zijn gasten op tonijnensteaks trakteert. En vanuit Las Vegas vertelt de zanger van Coldplay, Chris Martin, in een interview met de Engelse krant *The Guardian*, over de liedjes op hun nieuwe CD, *X&Y*:

> *Twisted logic* is een intens boos nummer dat mensen aanspoort de juiste beslissingen te nemen met betrekking tot hoe ze leven en hoe ze de planeet behandelen.[8]

Enkele alinea's verder laat hij zich ontvallen dat hij op het punt staat met een privé-jet naar Palm Springs te vliegen, 35 minuten van Las Vegas.

> De band kan het zich nu permitteren overal heen te vliegen, en de grotere privacy en kortere reistijd betekenen dat Apple nu

> vaker met haar vader op tournee zal kunnen gaan. 'Ik wil niet dat ze hele tijd thuis blijft,' vertelt Martin. 'Naarmate ze ouder wordt, zal ze hopelijk overvliegen wanneer ze maar wil. Ik dacht vroeger altijd hoe geweldig het zou zijn als je op school kon zeggen: 'Ik ben er vandaag niet – ik ga naar Costa Rica om mijn vader te zien spelen.' Daarmee scoor je wel, denk ik.'[9]

In het begin van zijn *Organic Bible* legt groene tuinier Bon Flowerdew uit dat biologisch tuinieren in wezen op twee dingen neerkomt: 'minimale ecologische schade en optimaal grondstoffengebruik'.[10] Hij schept vervolgens op dat 'als de meeste mensen hun [nieuwe aardappelen] aan 't poten zijn, op Goede Vrijdag, zoals in Groot Brittannië gebruikelijk is, ik de mijne al op mijn bordje heb.'[11] Hoe hij dat klaarspeelt? Door ze in een verwarmde kas te telen.

We kunnen prat gaan op het kopen van milieuvriendelijk afwasmiddel en stoffen luiers, maar we hoeven maar één keer in een vliegtuig te stappen om alle CO_2-winst die we daarmee misschien hebben geboekt tienduizend maal teniet te doen. Onze inspanningen zijn vooral symbolisch. Hoe sterk onze overtuigingen ook mogen zijn, we consumeren over het algemeen net zoveel als ons inkomen ons toestaat. Een milieuvriendelijke levensstijl is voor anderen.

Dit betekent dat het soort veranderingen dat ik in dit boek voorsta niet gerealiseerd kunnen worden zonder dat aan *iedereen* beperkingen worden opgelegd – in plaats van dat deze alleen voor anderen gelden. Helaas moet ik constateren dat we alleen door regelgeving – die tegenwoordig zo uit de mode is – een einde kunnen maken aan de vernietiging die teweeg wordt gebracht door de god die wij dienen, de god van onze eigen begeerte. Door de mensheid veroorzaakte klimaatverandering kan alleen binnen de perken worden gehouden als we regeringen ervan overtuigen dat ze ons zullen moeten dwingen om onze manier van leven te veranderen.

Ik heb al aangegeven dat vrijheid een van de 'verworvenheden' is die we aan fossiele brandstoffen te danken hebben: de vrijheid om te kiezen hoe we willen leven, om te gaan en staan

waar we willen, om alles te kopen wat we maar wensen. Toegegeven, een vermindering van 90 procent van onze CO_2-uitstoot vormt een onontkoombaar stevige grens. Ik heb dat niet zelf verzonnen – het is wat de wetenschap blijkbaar vereist. Maar binnen deze grenzen zouden we vrij moeten zijn om te leven zoals we willen. De noodzaak om klimaatverandering te beteugelen mag geen excuus worden voor een centraal geleide economie. Het is aan de overheid om de grenzen van ons handelen af te bakenen en om er tevens voor te zorgen dat er binnen die grenzen maximale vrijheid bestaat. De overheid moet ons daarbij helpen door ervoor te zorgen dat zelfs binnen die grenzen het leven zo gemakkelijk mogelijk blijft. In hoofdstuk 3 leg ik uit hoe dit het beste zou kunnen worden gedaan.

Dit boek is niet bedoeld om te bevestigen wat u voor de waarheid aanziet. Veel van wat ik hier te vertellen heb zal mensen die in het onderwerp geïnteresseerd zijn geraakt, storen en tegen de schenen schoppen. Zoals zo vaak, lijk ik voorbestemd alle partijen te grieven. Maar helaas, door goed bedoelende mensen is er bijzonder veel onzin geschreven over hoe we klimaatverandering het beste kunnen aanpakken. Wat hebben we eraan, te doen alsof bepaalde maatregelen zouden helpen wanneer dat domweg niet het geval is?

Laat ik een voorbeeld geven. In 2005 heeft de milieu-architect Bill Dunster, ontwerper van de bekende wijk BedZed aan de rand van Londen waar alle woningen CO_2-neutraal zijn, een brochure uitgegeven waarin hij verkondigt hoe woningen het beste kunnen worden gerenoveerd. 'U kunt tot de helft van uw jaarlijkse elektriciteitsbehoefte uit een bijna geruisloze mini-windturbine halen,' zo stelt hij.[12] De turbine in kwestie heeft een diameter van 1,75 meter.[13] Hij schrijft dat deze aan de zijgevel van de woning kan worden bevestigd. Het lijkt een koopje, want het kost maar 1.000 pond.

Later dat jaar publiceert het tijdschrift *Building for a Future*, een warm voorstander van hernieuwbare energie, een artikel waarin het de technische prestaties van mini-windturbines op een rij zet. Ze hadden ontdekt dat een turbine met een

diameter van 1,75 meter ongeveer 5 procent van de jaarlijkse elektriciteitsbehoefte van een gemiddeld huishouden kan dekken.[14] Om aan de 50 procent te komen waarvoor Bill Dunster reclame maakt, zou je een turbine nodig hebben met een diameter van 4 meter.[15] Als je zo'n bakbeest aan de zijgevel van je woning hangt, zou deze aan flarden worden gescheurd door de zijwaartse krachten die daarmee ontstaan. Al stond het niet met zoveel woorden in het tijdschrift, uit de analyse werd duidelijk dat mini-windturbines een verspilling zijn van tijd en geld. In sommige milieukringen staat deze bekentenis gelijk aan heiligschennis.

Een van de dingen die ik tijdens het schrijven van dit boek heb ontdekt, is dat ik met mijn intuïtie bijna altijd fout zit. Ik ben bijvoorbeeld, zoals veel milieuactivisten, bezweken voor wat je 'de drogreden van de esthetiek' zou kunnen noemen: ik heb esthetische schoonheid verward met de milieutechnische werkelijkheid. Zo ging ik er vanuit, om een voorbeeld te noemen, dat kaarsen milieuvriendelijker zijn dan elektrische verlichting, puur omdat ik ze mooi vind en omdat ze minder licht produceren. In zijn voortreffelijke boek over energiesystemen, legt Godfrey Boyle uit dat wanneer het gaat om de hoeveelheid licht die per verbruikte watt wordt geproduceerd, een kaars 71 maal minder efficiënt is dan een ouderwetse gloeilamp en 357 maal minder efficiënt dan een spaarlamp.[16] Hetzelfde geldt voor olielampen. Boyle merkt daarbij het volgende op:

> Het is opmerkelijk dat het ingewikkelde proces waarbij men eerst een liter kerosine in een motor verbrandt, waarmee een generator wordt aangedreven die op zijn beurt een lamp van stroom voorziet, tot een 250-450 keer effectievere lichtproductie leidt dan wanneer je dezelfde hoeveelheid in een olielamp verbrandt.

Niets is hier wat het lijkt. De research voor dit boek heeft me een lange reeks verrassingen opgeleverd. Ik ben ervan overtuigd dat dit ook na publicatie zal doorgaan, wanneer mijn bevindingen en voorstellen door anderen worden aangevoch-

ten en verfijnd. Maar overal in mijn betoog probeer ik vanuit basisprincipes te redeneren, niets zomaar aan te nemen totdat het honderd procent bewezen is, en elke technologie te verwerpen die niet voldoet. Doel van mijn onderzoek is de minst pijnlijke manier te vinden om échte emissiereducties te bereiken, in plaats van de minst pijnlijke manier te kiezen om de *schijn* te wekken dat we iets doen.

Een van de moeilijkste opgaven waarvoor ik stond, was om uit te maken wie ik wel en niet kon vertrouwen. Veel van de mensen en organisaties die over klimaatverandering schrijven, hebben economische belangen bij de uitkomst. In sommige gevallen, zoals ik in hoofdstuk 2 ('De ontkenningsindustrie') laat zien, zijn deze belangen zwaar versluierd: de olieconcerns spreken met veel stemmen. Aan de andere kant hebben milieuvoorvechters – zoals het zojuist aangehaalde voorbeeld suggereert – vaak boude beweringen gedaan zonder deze met verifieerbare feiten te onderbouwen. Soms staan zulke beweringen in dienst van het eigen economisch belang, al windt men daar over het algemeen geen doekjes om. Eén stelregel die ik als leidraad heb gehanteerd is dat je niemand moet vertrouwen die iets wil verkopen. Door de basis van uitspraken van diverse mensen zover mogelijk te traceren, heb ik een soort hiërarchie van geloofwaardigheid ontwikkeld.

Terwijl ik met de vraag worstelde welke oplossingen werken en welke niet, merkte ik dat de organisaties waar ik het meeste aan had in twee verschillende categorieën vielen: aan de ene kant wetenschappelijke genootschappen en bijzondere overheidscommissies – zoals in Groot-Brittannië de Royal Commission on Environmental Pollution, het Science and Technology Committee van het Hogerhuis en het Environmental Audit Committee van het Lagerhuis – en aan de andere kant academische instellingen zoals het Environmental Change Institute van de Universiteit van Oxford, het Tyndall Centre on Climate Change, het Britse Energy Research Centre en de Amerikaanse National Academy of Engineering. De rapporten van deze commissies en instellingen bouwen voort op honderden jaren gezamenlijke ervaring. Hoewel partijdig, zijn

het Internationaal Energieagentschap (IEA) en het Amerikaans Agentschap voor Energie-informatie nuttig gebleken als bron van ruwe gegevens. Gezien de minder sprankelende reputatie van de Britse regering als het om het manipuleren van de publiciteit en het oppoetsen van cijfers gaat, blijkt, nogal verrassend, dat de meeste technische rapporten van deze regering toch betrouwbaar zijn. Het is vooral *na* de fase van gegevensverzameling dat er met de cijfers gespeeld lijkt te worden. De tijdschriften *New Scientist*, *Energy World* en *Building for a Future* vond ik bijzonder behulpzaam.

Bij de speurtocht naar wat klimaatverandering voor de planeet zelf zal betekenen, lijkt de keuze op het eerste gezicht eenvoudiger: in dit geval zijn academische tijdschriften de meest geloofwaardige bron, en vooral de meest gerenommeerde daaronder, zoals *Science* en *Nature*. Maar de daarin gepresenteerde wetenschappelijke resultaten zijn vaak tegenstrijdig en verwarrend – zoals dat de wetenschap betaamt. Er bestaat geen eenduidig 'antwoord', alleen een verhaal dat door velen wordt verteld en dat elke dag verandert. Om de zoveel tijd proberen wetenschappelijke commissies tot een overzicht te komen. De meest vooraanstaande is het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) van de Verenigde Naties, waarin duizenden wetenschappers zitting hebben en dat om de zoveel jaar een zogenaamd 'Assessment Report' uitbrengt, zoals in 2007. Een tweede nuttig overzicht bleek het verslag van een in 2005 door het Britse Meteorologische Bureau georganiseerde conferentie, waarin werd gepoogd alle effecten van klimaatverandering op verschillende ecosystemen en menselijke samenlevingen op een rij te zetten.

Maar niet alle onderwerpen die ik in dit boek heb onderzocht zijn door deze illustere gezelschappen onderzocht. In een aantal opzichten hebben ze ons lelijk in de steek gelaten. Zo is het aan amateurs overgelaten om de in hoofdstuk 1 gepresenteerde berekening van CO_2-vermindering uit te voeren en om na te gaan hoe het recht om te vervuilen zo eerlijk mogelijk kan worden verdeeld. Geen van de officiële rapporten die ik heb gelezen zal je vertellen hoeveel elektriciteit een

mini-windturbine produceert of zelfs maar welk percentage van onze stroom door wind-, golfslag- of zonne-energie kan worden geleverd zonder dat dit leidt tot het vastlopen van het landelijke elektriciteitsnet. In dergelijke gevallen zag ik mezelf gedwongen op minder verheven bronnen terug te vallen, of anders zelf met antwoorden te komen.

In veel andere gevallen is er juist een overvloed aan gegevens, waarmee ik bedoel dat de organisaties en gezelschappen die ik heb leren vertrouwen, tegenstrijdige schattingen naar voren brengen en dat ik in zulke gevallen geen methode voorhanden heb om te uit te maken welke bron ik moet geloven. Dit geldt in het bijzonder voor de kosten van energie, waarover opvallend veel onenigheid bestaat. In dergelijke gevallen heb ik diverse schattingen gegeven.

Met het schrijven van dit boek heb ik maar één doel voor ogen gehad: u ervan te overtuigen dat klimaatverandering het bestrijden waard is. Ik hoop dat ik heb kunnen aantonen dat het nog niet te laat is – zoals geofysioloog James Lovelock en enkele anderen hebben beweerd. Ik hoop dat ik u daarbij aanzet tot actie. Het is nu niet het moment voor een treurzang over het uitblijven van de overheidsmaatregelen die nodig zijn om de ontwikkelingen een halt toe te roepen. Regeringen moeten worden *gedwongen* hun beleid om te gooien – en dat zal alleen lukken wanneer u zich aansluit bij wat de machtigste politieke beweging ter wereld moet worden.

Wanneer dat allemaal niet lukt, heb ik één laatste hoop: dat ik mensen wellicht zó deprimeer over de toestand van onze planeet, dat ze de hele dag in bed blijven, en zo hun gebruik van fossiele brandstoffen verminderen.

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 Scène[1]

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 onovertroffene' 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 uitvergrote 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 onbeperkte 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 x (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 x (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 (CO_2) 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 CO_2, 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 Unie[28] 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 klimaatspecialisten 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°.[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° 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° 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 voedselonzekerheid 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 rijstopbrengst 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 kooldioxide 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 CO_2-concentraties teniet te doen.[58,59]

Een ander artikel in hetzelfde tijdschrift betoogde dat, naarmate de CO_2-concentraties stijgen, er uit de bladeren van planten minder water verdampt.[60] Hierdoor zal de hoeveelheid neerslag op locaal 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 stormvloeden 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 vervijfvoudigd, 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 preindustriële 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 CO_2 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 dalen[80] 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 (O_2) oxideren – worden ze in kooldioxide (CO_2) 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 CO_2 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 CO_2. Het vergelijkbare gewicht voor CO_2 wordt verkregen door het koolstofgewicht met een factor 3,667 te vermenigvuldigen.

terugkoppeling': 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 CO_2 zullen gaan afgeven dan ze opnemen, is dat (zoals boven reeds besproken) planten en bomen in de tropen en zelfs in bepaalde gematigde streken[88] 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 CO_2: 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 CO_2 deed de emissiereducties die sinds 1990 in Groot-Brittannië waren geboekt geheel teniet. Nog vóór het einde van deze eeuw zal alle CO_2 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 CO_2-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 ontdooid 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 CO_2 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 oceaanwater, 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 oceaanwater 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 oceaanstroming trager wordt. In het ergste geval valt het hele systeem zelfs stil. Het noorden van Europa verandert dan in een toendra, terwijl de streken dichter bij 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 CO_2-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^{o}[110] tot 8^{o}[111].

De al eerder aangehaalde *overturning circulation* (pompwerking) van het oceaanwater 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 potentiele 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 mogelijkerwijs 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 uitsterven[120] 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 CO_2 per miljoen moet worden gestabiliseerd.[123] De huidige CO_2-concentratie is weliswaar 383 ppm, maar wanneer we de andere broeikasgassen erbij tellen krijgen we een totaal van 455 ppm CO_2-*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 CO_2-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 CO_2. Voor Groot-Brittannië geeft dit een CO_2-uitstoot van 9,5 ton per persoon per jaar (x 3,667).

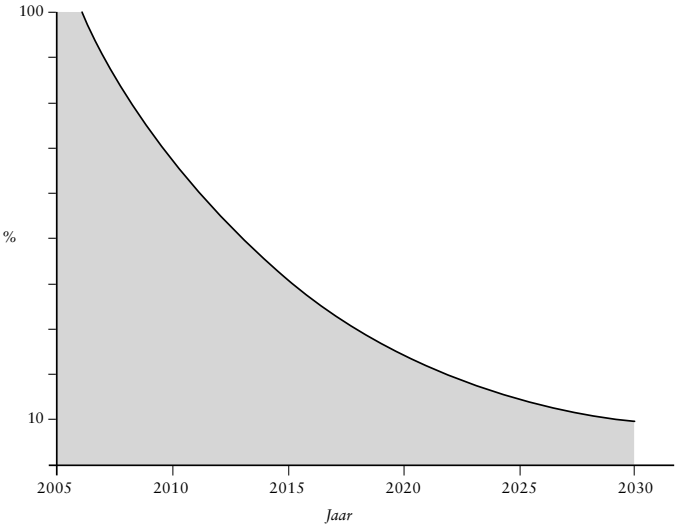
*** Dit veronderstelt dat de uitstoot van andere broeikasgassen zoals methaan, lachgas en diverse gefluorideerde koolwaterstoffen in gelijke mate wordt beperkt.

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.

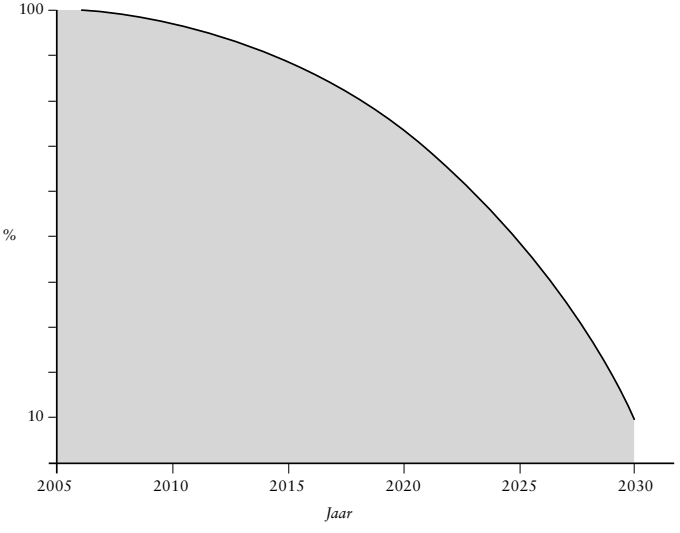
De hierboven genoemde reductiepercentages zijn mogelijk zelfs aan de lage kant. Het eerder aangehaalde instituut van Potsdam heeft berekend dat er bij 440 ppm CO_2-equivalenten in de atmosfeer een 60 procent kans bestaat dat we de temperatuurstijging beneden de 2° kunnen houden.[127] Een andere studie 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 blijven[129] 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 vooralsnog 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

CO_2-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 tovenaar 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 ontnomen. 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.

2 De ontkenningsindustrie

'k Mag 't laf en gluiprig volk niet lijden,
Zij hebben meenge prooi ons weer ontgapt.
Met d'eigen waapnen komen ze ons bestrijden.
Zij zijn óók duivels, maar verkapt.
Faust, Deel II, Vijfde Bedrijf[1]

Maar eerst wil ik stilstaan bij onze trage reactie op deze dreiging.

Bij vrijwel elk ander serieus onderwerp, lijkt de hoger opgeleide klasse beter te zijn geïnformeerd dan de rest van de bevolking. Bij klimaatverandering lijkt echter het omgekeerde waar. De enige mensen die ik de laatste drie jaar ben tegengekomen, die er geen flauw benul van hebben wat door de mens veroorzaakte klimaatverandering is, of waardoor zij wordt veroorzaakt, zijn universitair geschoolden. Zo moest ik bijvoorbeeld in 2004 een persvoorlichter van het Britse Ministerie van Verkeer uitleggen wat kooldioxide is. In 2005 hoorde ik een verzekeraar vertellen dat het hem niet lukte de financiële markten ervan te overtuigen dat ze klimaatverandering serieus moesten nemen, omdat de topmanagers het niet begrepen of er niet in geloofden.[2] In 2006 sprak ik over het probleem van onze stijgende CO_2-uitstoot met een journalist die al twintig jaar in het vak zat, waarop hij vroeg: 'Wat is CO_2-uitstoot, en waarom is het een probleem?'. Maar in dezelfde periode heb ik – wellicht kom ik te weinig buiten de deur – geen enkele winkelbediende, taxichauffeur, barman of zwerver gesproken die niet op zijn minst een vaag idee had van wat klimaatverandering te betekenen heeft en waardoor het komt.

Hieruit concludeer ik dat het probleem niet is dat mensen te weinig over het onderwerp horen, maar dat ze het niet willen weten. De hoger opgeleide klasse heeft het meest aan vrijheid te verliezen en het minst te winnen bij inspanningen om de klimaatverandering tegen te houden. Inspanningen om klimaatverandering tegen te gaan leiden onder het probleem van *split incentives*, de ongelijke verdeling van de kosten en de baten: zij die er het minst voor verantwoordelijk zijn, zullen er waarschijnlijk het meest onder lijden.

Onder de landen die het zwaarst zullen worden getroffen zijn Bangladesh en Ethiopië. Een zeespiegelstijging van 1 meter kan 21 procent van Bangladesh permanent doen overstromen, inclusief de beste landbouwgrond, waardoor 15 miljoen mensen van huis en haard worden verdreven.[3] Er is een groeiende kans op herhaling van een stormvloed zoals die van 1998, toen 65 procent van Bangladesh blank kwam te staan en landbouw en infrastructuur volledig werden vernield.[4] Bhola, 's lands grootste eiland, waarop 1,6 miljoen mensen leven, wordt elk jaar verder weggespoeld; in 2004 lag nog slechts de helft boven water. Volgens klimaatwetenschappers komt dit door de stijgende zeespiegel; het erosietempo neemt sinds de jaren 1960 jaarlijks toe.[5]

Ethiopië is al getroffen door een reeks droogtes die met klimaatverandering samenhangen. Een artikel in de *Philosophical Transactions of the Royal Society*[6] beschrijft hoe de voorjaarsregens vanaf 1996 steeds verder zijn afgenomen en wijt deze trend aan de almaar stijgende temperatuur van het wateroppervlak van de Indische Oceaan.[7] Deels als gevolg van de droogtes die volgden op het uitblijven van de regens, werden in 2005 tussen de 8 en 10 miljoen Ethiopiërs met de hongersdood bedreigd.

Door hun ligging in de gematigde streken, zullen de meeste rijke landen minder hard worden getroffen door de ecologische gevolgen van klimaatverandering – in elk geval in eerste instantie. Ze hebben bovendien meer geld om de bevolking tegen overstromingen, droogtes en extreme temperaturen te beschermen. De rijkste mensen in deze landen zullen op hun

beurt weer het minst te lijden hebben; zij zijn immers het beste in staat de problemen af te kopen. De schuld, zoals de volgende tabel laat zien, is omgekeerd evenredig aan de impact.[8]

Land	CO_2*-uitstoot in 2005 (ton per hoofd v.d. bevolking)*
Luxemburg	26,8
Verenigde Staten	20,1
Nederland	16,4
België	13,1
Verenigd Koninkrijk	9,6
China	4,1
India	1,1
Bangladesh	0,28
Ethiopië	0,06

Bron: US Energy Information Administration.[9]

De gemiddelde Ethiopiër produceert slechts één vierhonderste van de CO_2-uitstoot van iemand uit Luxemburg, het land met het hoogste bruto nationaal product per hoofd van de bevolking ter wereld.[10]

De oproep aan de welgestelde inwoners van de rijke landen om iets aan klimaatverandering te doen, komt dus neer op een verzoek af te zien van veel van de dingen waar ze aan hechten – de auto met de laatste snufjes, het tussendoortje naar Toscane en Thailand en Florida – ten voordele van *anderen*.

Het probleem wordt gecompliceerd door het schijnbaar ontbreken van een oorzakelijk verband. Door een lamp aan te doen, thee te zetten, de kinderen naar school te brengen, met de auto boodschappen te doen, veroorzaken we andermans dood. Dit is geen bewuste keuze. Wij zien onszelf niet als moordenaars. Wij verrichten deze handelingen zonder er bij na te denken of zonder verkeerde bedoelingen.

Veel van wat we ons hele leven voor goed hebben aangezien – of zelfs moreel noodzakelijk – moet nu worden herijkt. Van alle zaken die tot opwarming van de aarde leiden, zijn

de zogenoemde *love miles* misschien wel het lastigste aan te pakken: de afstanden die we per vliegtuig overbruggen om vrienden, partners en familie aan de andere kant van de wereld te bezoeken. Wellicht gaat de wereld niet aan vlijt maar aan liefde ten onder ...

Een verder complicerende factor, voor degenen onder ons die in de gematigde gebieden wonen waarin de rijke landen zijn gelegen, is dat de eerste gevolgen van klimaatverandering over het algemeen vrij aangenaam zijn. De winters worden zachter en de lente begint steeds vroeger. We hebben af en toe te maken met een hittegolf, droogte of overstroming. Maar het overheersende en prettige gevoel, precies op het moment dat de noodzaak tot handelen het grootst is, is dat we als gevolg van onze milieuverontreiniging gezegend zijn.

In de rijke landen geldt het probleem van de *split incentives* net zo goed voor regeringen. Tony Blair merkte ooit op dat 'milieugevolgen en electorale gevolgen niet met elkaar in de pas lopen'.[11] Tegen de tijd dat zijn beslissingen hun beslag zullen krijgen, is hij al jaren niet meer in functie. Wanneer een regering het vliegverkeer almaar laat doorgroeien, om maar een voorbeeld te noemen, zullen de gevolgen van zo'n besluit pas op termijn gaan spelen en zijn de effecten nauwelijks traceerbaar of aan een specifieke oorzaak te wijten. Wanneer een regering daarentegen besluit paal en perk aan die groei te stellen of deze om te buigen, is het onmiddellijk duidelijk aan wie de gevolgen kunnen worden toegeschreven. Iedereen weet wiens schuld het is als we ineens niet meer naar Thailand mogen vliegen.

Maar het is niet slechts een kwestie van gebrek aan betrokkenheid of doortastendheid. Het in stand houden van onze onwil wordt gevoed door een actieve campagne van ontmoediging.

Ik werd me daar voor het eerst bewust van na het lezen van een reeks werkelijk belachelijke verhalen in de Britse pers. Voor sommige kranten, zoals uit de volgende voorbeelden blijkt, is een volledig gebrek aan wetenschappelijke kennis geen enkele belemmering.

> George Bush heeft gelijk. Het Kyoto-verdrag is domme tijdsverspilling. Het broeikaseffect bestaat waarschijnlijk niet eens. Er is in ieder geval tot nu toe geen bewijs ervoor.
> (Peter Hitchens, *Mail on Sunday*)[12]

> En als het klimaat inderdaad teveel opwarmt, hoeft dit niet te betekenen dat de menselijke uitstoot daarvoor verantwoordelijk is. Het is zelfs zeer onwaarschijnlijk dat dit zo is, aangezien kooldioxide maar een betrekkelijk klein deel uitmaakt van de atmosfeer, die voornamelijk uit waterdamp bestaat.
> (Melanie Phillips, *Daily Mail*)[13]

Het broeikaseffect, dat halverwege de negentiende eeuw voor het eerst is geconstateerd, is het fenomeen dat onze planeet van genoeg warmte voorziet om het leven hier mogelijk te maken. Peter Hitchens lijkt dit te hebben verward met door menselijke activiteiten veroorzaakte, zogenaamde 'antropogene' klimaatverandering. Maar dit weerhoudt hem er niet van zó zeker van zijn zaak te zijn dat hij vervolgt:

> De opwarming van de aarde wordt waarschijnlijk veroorzaakt – rara, hoe kan dat nu? – door de zon. De temperatuur van de atmosfeer wordt door de NASA gemeten, en deze meetreeks laat de laatste 22 jaar nergens een stijging zien. Wél was er een opwarming tussen 1870 en 1940, toen er veel minder broeikasgassen waren dan nu. Dat deze feiten zo weinig bekend zijn komt puur en alleen doordat een zelfingenomen liefde voor 'het milieu' de nieuwe religie is geworden, compleet met eigen dogma's. Waarom trappen we zo makkelijk in deze leugens?[14]

Als de atmosfeer voornamelijk uit waterdamp zou bestaan, zouden we niet zonder kieuwen kunnen. Maar Melanie Phillips staat stevig in haar schoenen als het op atmosferische natuurkunde aankomt, en durft daarom het volgende te beweren:

> … de theorie die stelt dat de opwarming van de aarde geheel aan de mensheid te wijten is, is een gigantische zwendel,

> gebaseerd op verkeerde computermodellen, slechte wetenschap en een anti-westerse ideologie… In de westerse landen geloven welwillende mensen in meerderheid je reinste leugens en propaganda.[15]

In eerste instantie dacht ik dat dit gebazel een typisch Britse afwijking was, en dat is het ook vast wel een beetje. Maar toen ik een reeks andere beweringen onderzocht, drong het tot me door dat de verhalen in de kranten niet zomaar door de journalisten zelf waren bedacht.

In tegenstelling tot de meeste anderen die in de media blijven betogen dat er geen klimaatverandering plaatsvindt, is (of was) David Bellamy, voormalig hoofddocent aan de universiteit van Durham, een wetenschapper. Hij was ook milieuactivist en een bekende en geliefde Britse televisiepresentator. Maar ergens in de eerste jaren van de nieuwe eeuw heeft hij voor zichzelf besloten dat er geen klimaatverandering plaatsvindt, zoals blijkt uit het volgende citaat uit een artikel in de *Daily Mail* in 2004, onder de titel: 'Klimaatverandering? Klinkklare onzin!'

> Dat er een verband zou bestaan tussen het verbranden van fossiele brandstoffen en klimaatverandering is een mythe. Het is de hoogste tijd dat wereldleiders, hun wetenschappelijke adviseurs en alle milieulobbygroepen dit eindelijk gaan inzien.[16]

In april 2005 las ik in *New Scientist* een ingezonden brief van Bellamy.

> Naar aanleiding van uw rapportage over klimaatverandering en smeltend ijs in de Himalaya wil ik erop wijzen dat de gletsjers in veel andere delen van de wereld niet slinken maar juist groeien… In werkelijkheid, zo toont het bewijsmateriaal aan dat doorgaans door de Kyotisten wordt verzwegen, nemen 555 van de 625 gletsjers die door de World Glacier Monitoring Service in het Zwitserse Zürich worden gevolgd sinds 1980 in omvang toe.[17]

Ik was verbijsterd door deze claim. Het was volledig in tegenspraak met alles wat ik ooit had gelezen over de 'gletsjer massabalans': de mate van groei of krimp. Ik belde daarom de World Glacier Monitoring Service, WGMS, en citeerde de brief van Bellamy. 'Dit is pure *bullshit*,' was de reactie.[18] 'De meest recente studies laten ontegenzeggelijk zien dat het grootste deel van de gletsjers op aarde in omvang afneemt.'[19]

Maar Bellamy's cijfers waren vast niet uit de lucht komen vallen, dus ik mailde hem over zijn bronnen. Na herhaaldelijk aandringen verklaarde hij de cijfers van de website www.iceagenow.com te hebben gehaald. Ik raad iedereen van harte aan deze site te bezoeken: het is een wonderlijk geval. Inderdaad stond daar alles te lezen wat Bellamy in zijn ingezonden brief naar voren had gebracht, waaronder ook de geciteerde cijfers – of iets wat daarop leek.

> Sinds 1980 is meer dan 55 procent van de 625 gletsjers die door de World Glacier Monitoring Service in Zürich wordt gevolgd, in omvang toegenomen.*[21]

Een andere bron die Bellamy noemde in zijn e-mail, was 'het meest recente nummer van *21st Century Science and Technology*'.

Dit, zo ontdekte ik, is een uitgave van de Amerikaanse miljonair Lyndon Larouche. Deze Larouche beweert ondermeer dat de Britse koninklijke familie een internationaal drugskartel runt,[22,23,24] dat Henry Kissinger een communistische spion

---

* Het is u misschien opgevallen dat, hoewel volgens Bellamy's bron 55 procent van 625 gletsjers in omvang toeneemt, hij zelf een aantal van 555 noemt, oftewel 89 procent. Dit cijfer lijkt nergens anders voor te komen. Op een normaal Engelstalig toetsenboord zitten echter de '5' en de '%' onder dezelfde toets en als je de '%' wilt aanslaan maar daarbij de 'Shift'-toets niet goed indrukt, krijg je geen '55%' maar '555'. Dit is de enige verklaring die ik kan vinden voor dit getal. Toen ik Bellamy hierover aansprak, gaf hij toe dat er een 'probleem met de apparatuur' was geweest.[20]

is,[25] dat de Britse regering door joodse bankiers wordt gemanipuleerd,[26] en dat de moderne wetenschap een samenzwering is tegen het menselijk potentieel.[27] In 1989 werd hij wegens samenzwering, postfraude en belastingontduiking veroordeeld tot 15 jaar celstraf.[28,29]

In *21st Century Science and Technology* werd voor de geciteerde cijfers geen bron opgegeven; maar dezelfde gegevens waren overal op het internet te vinden. Ze werden voor het eerst online gepubliceerd door het Science and Environmental Policy Project (SEPP), dat door een milieu-wetenschapper met de naam Dr S. Fred Singer wordt gerund. Na verschijning op zijn website – www.sepp.org – werden ze door verschillende andere groepen overgenomen, waaronder het Competitive Research Institute,[30] het National Center for Public Policy Research[31] en de Advancement of Sound Science Coalition.[32] Ze hadden ook in een artikel in de *Washington Post* gestaan.[33] Maar waar kwamen de aangehaalde getallen oorspronkelijk vandaan? Fred Singer voerde een vage verwijzing op:

> een artikel dat in 1989 in *Science* is gepubliceerd.[34]

Ik heb alle nummers van *Science* van dat jaar nagekeken, handmatig en ook elektronisch. Daarin ontbrak niet alleen elk spoor van dergelijke cijfers; in 1989 verscheen in het blad zelfs geen enkel artikel over het aangroeien of slinken van gletsjers. Overtuigd dat de gegevens pure onzin waren, liet ik het daarbij.

Nadat ik mijn bevindingen in *The Guardian* had gepubliceerd,[35] werd Dr S. Fred Singer echter door een van mijn lezers daarop geattendeerd:

> Geachte professor Singer,
>
> Wat is uw reactie op de stelling van George Monbiot, in het dagblad *The Guardian* van afgelopen dinsdag, dat u een niet-bestaande bron in een verder ongespecificeerde editie van *Science* hebt aangehaald als enige basis voor uw bewering dat de meeste gletsjers op aarde in omvang groeien?[36]

Het antwoord van Singer was interessant, en onverwacht:

> Monbiot is in de war – of liegt gewoon… hij heeft een levendige verbeelding die grenst aan het lasterlijke… Ik weet niets van een artikel dat in 1989 in *Science* zou zijn gepubliceerd. Dit is dezelfde Monbiot die samen met andere 'klimaatactivisten' in *Nature* (31 maart 2005) jammerden dat enkelen onder ons de indruk proberen te doen postvatten dat 'klimaatwetenschappers het diepgaand oneens zijn', terwijl – volgens hem – er een 'stevige' consensus bestaat met betrekking tot door de mens veroorzaakte klimaatverandering. Hij heeft blijkbaar een of ander goedje zitten roken.[37]

Mijn correspondent schreef terug:

> Geachte professor Singer,
>
> Dank u voor uw prompte antwoord op mijn vraag. Uw uitspraken vond ik echter nogal raadselachtig… Toen ik met behulp van Google uw website www.sepp.org doorzocht, vond ik twee bladzijden waarop precies dezelfde bewering wordt gedaan als Monbiot aan u toeschrijft. Naar het schijnt, was hij noch in de war, noch loog hij… Kunt u alstublieft wat specifieker zijn met betrekking tot het *Science*-artikel uit 1989? Het lijkt erg onwaarschijnlijk dat de WGMS de door u aangehaalde uitspraak zou hebben gedaan.[38]

Deze keer antwoordde Singer op een wat minder agressieve toon: het betreffende bericht, zo schreef hij, was door zijn 'vroegere SEPP-medewerker Candace Crandall' op zijn website geplaatst en 'lijkt onjuist te zijn en is inmiddels aangepast.'[39] Dat hij met deze Candace Crandall getrouwd is, vertelde hij er niet bij. Bijna een jaar later, bij het schrijven van dit boek, bezocht ik opnieuw zijn website en vond daar de volgende alinea:

> De World Glacier Monitoring Service in Zürich berichtte, in een artikel dat in 1989 in *Science* werd gepubliceerd, dat tussen 1926 en 1980 meer dan helft van de 625 berggletsjers in

> de Verenigde Staten, de Sovjet-Unie, IJsland, Zwitserland, Oostenrijk en Italië is geslonken. Na 1980 nam 55 procent van deze gletsjers echter in omvang toe.[40]

Er was niets aan gewijzigd. Bovendien trof ik op de website van het SEPP – en andere sites waarop de cijfers over de zogenaamde toename van de gletsjers waren gepubliceerd – het overgrote deel van de belachelijke en misleidende aantijgingen aan die vervolgens in de pers werden geuit door David Bellamy, Peter Hitchens, Melanie Philipps, schrijver Michael Crichton en de meeste andere prominenten die bestrijden dat de huidige klimaatverandering aan menselijke activiteiten te wijten is. Het heeft er alle schijn van dat de door deze columnisten en schrijvers gebruikte 'feiten' en 'statistische gegevens' door de eerder aangehaalde groeperingen zijn verzameld en vervolgens verspreid. Deze groeperingen hebben daarnaast nóg iets gemeen: ze zijn allemaal gefinancierd door Exxon.*

ExxonMobil is het meest winstgevende concern ter wereld. In het derde kwartaal van 2005 haalde het bedrijf een kwartaalwinst van bijna 10 miljard dollar, het hoogste ooit geboekt.[41] Exxon verdient het grootste deel van dat geld met olie, en heeft er meer bij te verliezen dan welk ander bedrijf ook als de oorzaak van klimaatverandering wordt aangepakt. Het volgende citaat geeft inzicht in Exxons benadering van dit vraagstuk:

> Wanneer de bevolking zou geloven dat de wetenschappelijke discussie is gesloten, zou hun mening over mondiale opwarming navenant veranderen. In het klimaatdebat is het daarom essentieel dat u op het uitblijven van wetenschappelijke zekerheid blíjft hameren.

Dit zijn niet mijn woorden. Ze zijn ook niet van Exxon afkomstig. Ze zijn afkomstig van politiek adviseur Frank Luntz,

---

* Hiermee wil ik geenszins suggereren dat Bellamy, Hitchens, Philipps of Crichton zelf ooit geld van Exxon hebben aangenomen.

die het advies tijdens de eerste tussentijdse verkiezingscampagne onder het presidentschap van George W. Bush meegaf aan activisten van de Amerikaanse Republikeinse Partij.[42] Zoals we nog zullen zien zijn er vele plekken waar Exxon zich thuis voelt. Maar in andere opzichten heeft het bedrijf een probleem: het moet tegen een wetenschappelijk consensus opboksen die net zo sterk is als bij het algemeen geaccepteerd verband tussen roken en longanker, of HIV en AIDS.

Op de website www.exxonsecrets.org staat een lijst, samengesteld uit officiële gegevens uit Exxon-documenten, van 124 organisaties die geld van het bedrijf hebben aangenomen of die nauw samenwerken met organisaties die dat hebben gedaan. Met betrekking tot klimaatverandering zitten ze allemaal op dezelfde lijn: de resultaten van de klimaatwetenschap zijn tegenstrijdig, de wetenschappers verdeeld, en milieuactivisten oplichters, leugenaars of dwazen, en als regeringen het in hun hoofd zouden halen klimaatbeschermende maatregelen te nemen, brengen ze de wereldeconomie in gevaar voor niets anders dan een spookbeeld. Elke bevinding die deze organisaties niet zint, wordt door hen als '*junk science*', als pseudowetenschap, afgedaan. Elke bevinding die ze toejuichen noemen ze '*sound science*', ofwel solide wetenschap.

Onder de door Exxon gefinancierde organisaties is een aantal bekende websites en lobbygroepen, waaronder TechCentralStation, het Cato Institute en de Heritage Foundation. Op de lijst staan namen die de indruk wekken dat het om *grassroots*-burgerinitiatieven of academische instellingen zou gaan: bijvoorbeeld het Centre for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, of de National Wetlands Coalition, het National Environmental Policy Institute en de American Council on Science and Health.[43] Enkele daarvan zijn overigens inderdaad burgerinitiatieven of academische instellingen – het Congress of Racial Equality en het Law and Economics Center van de George Mason University, bijvoorbeeld – maar ten aanzien van klimaatverandering stellen ze zich ongeveer net zo op als de andere door Exxon gefinancierde organisaties. Hoewel deze groepen allemaal in de Verenigde Staten zijn

gevestigd, worden hun publicaties over de hele wereld gelezen en geciteerd, en hun medewerkers worden steeds opnieuw geïnterviewd en aangehaald.

Door een groot aantal organisaties financieel te ondersteunen, draagt Exxon bij aan de valse indruk dat de twijfel aan klimaatverandering wijdverspreid zou zijn. Voor mensen die niet vertrouwd zijn met de wetenschappelijke praktijk van door vakgenoten beoordeelde artikelen in vaktijdschriften (de zogenaamde *peer review*), wekken de namen van deze instellingen en 'instituten' al gauw de indruk dat vele serieuze wetenschappers de consensus over de opwarming van de aarde in twijfel trekken.

Hiermee wil ik geenszins beweren dat de wetenschappelijke standpunten en stellingen die door deze groepen worden uitgedragen allemaal vals zijn. Ze gaan eerder selectief dan inventief te werk. Ze sporen één afwijkende studie op – zoals de ontdekking van de afkoeling van de troposfeer, die ik in het vorige hoofdstuk heb aangehaald, en die in verdraaide vorm door Peter Hitchens wordt gebruikt – en promoten deze dan uit den treure. Daar blijven ze mee doorgaan, ook lang nadat een dergelijke bevinding door onderzoek is weerlegd. Ter illustratie: hoewel John Christy, de auteur van het artikel over de troposfeer, in augustus 2005 heeft toegegeven dat de cijfers niet klopten,[44] worden zijn oorspronkelijke bevindingen nog steeds door veel van deze groepen verspreid en voor het voetlicht gebracht, zoals een korte zoeksessie op het internet laat zien.

Hier blijft het echter niet bij. De voorzitter van Fred Singer's Science and Environmental Policy Project (Singer zelf is president) is ene Frederick Seitz. Seitz is een natuurkundige die in de jaren zestig president was van de Amerikaanse Academie van Wetenschappen. In 1998 heeft hij een document opgesteld dat bekend staat als de 'Oregonpetitie', een document waarnaar wordt verwezen door vrijwel iedere journalist die ooit heeft verkondigd dat klimaatverandering een mythe is.

Deze petitie luidt als volgt:

> Wij roepen de Verenigde Staten op het verdrag over mondiale opwarming, dat in december 1997 in Kyoto, Japan, is opgesteld, te verwerpen, alsmede vergelijkbare voorstellen. De voorgestelde beperking van broeikasgassen kan schade aan het milieu toebrengen, de vooruitgang van wetenschap en techniek in de weg staan, en het welzijn en de gezondheid van de mensheid schaden.
>
> Er zijn geen overtuigende wetenschappelijke bewijzen dat de door mensen veroorzaakte uitstoot van kooldioxide, methaan of enig ander broeikasgas verantwoordelijk is, of in de nabije toekomst verantwoordelijk zal zijn, voor een catastrofale opwarming van de aardse atmosfeer, noch voor een ontwrichting van het aardse klimaat. Er zijn bovendien solide wetenschappelijke aanwijzingen dat een stijging van de atmosferische concentratie kooldioxide veel heilzame gevolgen heeft voor de natuurlijke milieus van planten en dieren op aarde.[45]

Iedereen met een academische graad kon de petitie ondertekenen. Ze zat als bijlage bij een door Seitz geschreven brief met de kop 'Beoordeling van onderzoek betreffende aanwijzingen voor mondiale opwarming':

> Hierbij treft u een beoordelingsverslag aan van acht pagina's over het onderwerp 'mondiale opwarming' en een petitie in de vorm van een antwoordkaart. Wij vragen u dit materiaal rustig door te lezen.
>
> De Verenigde Staten staan op het punt een internationaal verdrag te accepteren dat grenzen zou stellen aan het gebruik van energie en technologieën die gebaseerd zijn op kolen, olie, aardgas en diverse andere organische verbindingen.
>
> Dit verdrag berust naar onze mening op een verkeerde voorstelling van zaken. Onderzoeksgegevens met betrekking tot klimaatverandering tonen niet aan dat het menselijke gebruik van koolwaterstoffen schadelijk is. In tegendeel: er zijn sterke aanwijzingen dat een verhoogde atmosferische concentratie van kooldioxide juist voordelig is voor het milieu.
> … Frederick Seitz, oud-president, Nationale Academie van Wetenschappen.[46]

Hoofdauteur van de in deze brief van Seitz genoemde 'beoordelingsverslag' is een christen-fundamentalist die Arthur B. Robinson heet. Hij is nooit ergens als klimaatwetenschapper in dienst geweest.[47] De medeauteurs van Robinsons verslag zijn afkomstig uit zijn eigen organisatie, het Oregon Institute of Science and Medicine, en het George C. Marshall Institute, een club die sinds 1998 630.000 dollar van ExxonMobil heeft ontvangen.[48] De drie medeauteurs zijn de 22-jarige zoon van Arthur Robinson[49] en twee mensen die bij het George C. Marshall Institute werkten.[50,51] De voorzitter van het George C. Marshall Institute was Frederick Seitz.[52]

In het document staat het volgende te lezen:

> Naarmate meer kolen, olie en aardgas worden gebruikt om grote aantallen mensen over de gehele aarde te voeden en uit de armoede te tillen, zal er meer kooldioxide in de atmosfeer terechtkomen. Dit zal de gezondheid, levensduur, welvaart en productiviteit van alle mensen helpen waarborgen en verbeteren… Door het stijgende kooldioxideniveau leven wij in een milieu dat steeds rijker is aan planten en dieren. Onze kinderen zullen kunnen genieten van een Aarde met weelderiger planten- en dierenleven dan die waarmee we nu zijn gezegend. Dit geweldige en onverwachte geschenk hebben we te danken aan de Industriële Revolutie.[53]

De tekst was in hetzelfde lettertype en formaat gedrukt als artikelen in de *Proceedings of the National Academy of Sciences*, het tijdschrift van de organisatie waarvan Frederick Seitz ooit president was – waar hij even daarvoor zijn lezer nog op had gewezen.

Kort na de lancering van de Oregonpetitie liet de Amerikaanse Nationale Academie van Wetenschappen de volgende verklaring uitgaan:

> De Raad van de Nationale Academie van Wetenschappen maakt zich zorgen over de verwarring die is ontstaan door een petitie die middels een brief van een oud-president van deze

> Academie wordt verspreid… Deze petitie is verspreid te samen met een opinieartikel uit *The Wall Street Journal* en een manuscript dat qua opmaak vrijwel identiek is aan de wetenschappelijke artikelen die in de *Proceedings of the National Academy of Sciences* worden gepubliceerd. De Raad van de NAW wil hierbij duidelijk stellen dat de Nationale Academie van Wetenschappen niets met deze petitie te maken heeft en dat het manuscript nooit in de *Proceedings of the National Academy of Sciences* of enig ander door vakgenoten beoordeeld wetenschappelijk tijdschrift is gepubliceerd. De petitie is niet in overeenstemming met de conclusies van door deskundigen van deze Academie opgestelde rapporten.[54]

Maar het was al te laat. Seitz, het Oregon Institute en het George C. Marshall Institute hadden inmiddels tienduizenden exemplaren van de petitie verspreid en zij was massaal op het internet overgenomen. Ongeveer 17.000 mensen met een academische graad ondertekenden de petitie, waarvan de overgrote meerderheid geen klimaatwetenschappelijke achtergrond heeft. Er is keer op keer naar verwezen – door David Bellamy, Melanie Phillips en de anderen – als een petitie 'van klimaatwetenschappers'. Op de door Exxon gefinancierde websites wordt het gepresenteerd als 'bewijs' dat er onder wetenschappers geen overeenstemming over klimaatverandering bestaat.

Onder klimaatwetenschappers en milieuactivisten is dit verhaal inmiddels al langer bekend, maar het meest opzienbarende dat uit mijn onderzoek naar deze zaak naar voren kwam, is dat de industriecampagne om antropogene klimaatverandering te ontkennen niet door Exxon is geïnitieerd, noch door enige andere onderneming die direct betrokken is bij de handel en productie van fossiele brandstoffen. Nee, daarvoor is tabaksfabrikant Philip Morris uiteindelijk verantwoordelijk.

In december 1992 heeft het Amerikaanse Milieubeschermingsagentschap, EPA, een 500 bladzijden tellend rapport uitgebracht met als titel: 'Gezondheidseffecten van passief roken met betrekking tot de luchtwegen'. Hierin werd gesteld dat:

> …wijdverbreide blootstelling aan omgevingstabaksrook (OTR) in de Verenigde Staten ernstige en omvangrijke gevolgen heeft voor de volksgezondheid.
>
> Bij volwassenen: het is bewezen dat OTR bij mensen longkanker veroorzaakt; in de VS leidt dit onder niet-rokers jaarlijks tot ongeveer 3.000 sterfgevallen aan deze ziekte.
>
> Bij kinderen: er is een oorzakelijk verband aangetoond tussen blootstelling aan OTR en een verhoogd risico op aandoeningen aan de lagere luchtwegen, zoals bronchitis en longontsteking. Het rapport schat het aantal baby's en peuters tot achttien maanden dat aan OTR gerelateerd aandoeningen heeft op 150.000 tot 300.000.[55]

Zonder het massale proces tegen de Amerikaanse tabaksfabrikanten om schadevergoeding te eisen, waren we nooit te weten gekomen wat hierop volgde. In 1998 werden de concerns echter gedwongen hun interne documentatie vrij te geven en op het internet te zetten.

Binnen twee maanden had Philip Morris, de grootste sigarettenfabrikant ter wereld, een strategie ontwikkeld om met het rapport over passief roken af te rekenen. In februari 1993 stuurde Ellen Merlo, vice-president voor concernzaken, een brief naar William I. Campbell, president-directeur van Philip Morris, waarin zij haar plan uiteenzette:

> Ons allerbelangrijkste doel is het EPA-rapport in diskrediet te brengen… Het is tevens ons doel te verhinderen dat een passief rookverbod door staten en steden, of door ondernemingen, wordt ingesteld.[56]

Hiertoe had zij het PR-bedrijf APCO ingehuurd. Het door hen uitgebrachte advies was door haar als bijlage aan de brief toegevoegd. Daarin waarschuwde APCO dat

> Hoe sterk hun argumentatie ook moge zijn, woordvoerders van de industrie zijn over het algemeen niet altijd de meest vertrouwenwekkende of geloofwaardige boodschappers.[57]

De strijd tegen een passief rookverbod moest dus in verband worden gebracht met andere mensen en andere kwesties. Volgens APCO moest Philip Morris de indruk wekken dat deze strijd werd gevoerd door een *grassroots*-beweging, die spontaan door verontruste burgers was opgericht om 'overregulering' tegen te gaan.[58] Daarbij zouden de gevaren van tabaksrook moeten worden afgeschilderd als de zoveelste 'ongegronde vrees', zoals verontrusting over pesticiden en mobiele telefoons.[59] APCO was daarom met een voorstel gekomen ter oprichting van

> een nationale coalitie die tot doel heeft de media, overheidsvertegenwoordigers en het algemene publiek te informeren over de gevaren van 'pseudo-wetenschap'. Deze coalitie zal zich richten op de betrouwbaarheid van door de overheid uitgevoerde wetenschappelijke studies, de risicoanalysemethoden die daarbij worden gebruikt, en misbruik van belastinggeld. Na oprichting van genoemde Coalitie zullen prominente leden de media direct benaderen via bezoeken aan redactieraden, het schrijven van opinieartikelen, en het informeren van welgekozen volksvertegenwoordigers in dito staten.[60]

APCO zou voor oprichting van de coalitie zorgen, de doelstellingen formuleren en 'de voorbereiding en plaatsing van opinieartikelen in sleutelmarkten ter hand nemen', Hiervoor had APCO 150.000 dollar nodig als eigen honorarium en 75.000 dollar ter bekostiging van de coalitie.[61]

Zoals blijkt uit een memo van APCO aan Philip Morris, had deze fake-basisbeweging in mei 1993 inmiddels een naam: *The Advancement for Sound Science Coalition*, afgekort TASSC.[62] Uit andere brieven bleek dat men erop hamerde 'ervoor te zorgen dat TASSC van diverse kanten input krijgt',[63] dat 'het tabaksvraagstuk met andere, meer "politiek correcte" producten wordt geassocieerd', en dat wetenschappelijke studies die het roken in een kwaad daglicht stellen in verband worden gebracht met 'ruimere vragen met betrekking tot overheidsonderzoek en -regulering', waaronder:

– mondiale opwarming
– opslag van kernafval
– biotechnologie.[64]

APCO zou beginnen met

> een intensieve wervingscampagne onder prominenten uit bedrijfsleven en industrie, wetenschappers, ambtenaren en andere individuen met belangstelling voor het bevorderen van het gebruik van solide wetenschap.[65]

In september 1993 had APCO al een 'Plan ter Publieke Lancering van TASSC' opgesteld.[66,67] Deze medialancering zou niet

> in Washington DC of de top-mediamarkten van de VS plaatsvinden. Wij stellen daarentegen voor een reeks agressieve, decentrale activiteiten te organiseren in enkele welgekozen locale en regionale markten verspreid door het land. Met deze aanpak: …
> – mijdt men cynische journalisten van de grote media: minder analyse c.q. aanvechting van TASSC-stellingen.[68]

Door alle media-aandacht, zo hoopte het PR-bedrijf, zou TASSC 'als nationale basisbeweging op de kaart worden gezet'.[69]

Voor het geval de media lastige vragen zouden stellen, stuurde APCO een door Philip Morris geconcipieerde lijst met antwoorden rond.[70] De eerste vraag luidde:

> Is het niet zo dat TASSC als een soort mantelorganisatie door Philip Morris is opgericht?
> A: Nee, helemaal niet. Als groot bedrijf is PM verbonden aan tal van zakelijke, wetgevende en beleidsorganisaties op nationaal, regionaal en statelijk niveau. PM heeft wel aan TASSC bijgedragen, net als allerlei andere groeperingen en bedrijven overal in het land.[71]

De vijfde vraag luidde:

> Op welke beleidsterreinen zou TASSC zich volgens u moeten richten?
> A: Het is niet aan ons om voorstellen te doen met betrekking tot de onderwerpen die TASSC wel of niet onderzoekt; het gaat om een onafhankelijke organisatie die ongetwijfeld naar eigen goeddunken te werk zal gaan.[72]

De overeenkomsten, qua taalgebruik en werkwijze, tussen dit initiatief van Philip Morris en de activiteiten van de organisaties die door Exxon worden gesponsord, zal u niet zijn ontgaan. Beide lobby's gebruiken dezelfde terminologie – die door de PR-adviseurs van Philip Morris blijkt te zijn bedacht. 'Pseudo-wetenschap', of *junk science*, stond voor onderzoek dat door vakgenoten is beoordeeld en waarin een verband is aangetoond tussen roken en kanker en andere ziektes, terwijl 'solide wetenschap', of *sound science*, de geijkte term moest worden voor door de tabaksindustrie gesponsorde studies die volhielden dat een dergelijk verband nog niet was bewezen.[73] Beide lobby's beseften dat het in twijfel trekken van de wetenschappelijke consensus de beste strategie was om de nieuwe wetgeving tegen te houden. Zo stond er in een memo van tabaksfabrikant Brown & Williamson te lezen:

> Ons product heet twijfel, omdat dit de beste manier is om de concurrentie aan te gaan met het 'feitenmateriaal' dat in de hoofden van het algemene publiek bestaat. Daarnaast is het de beste manier om een controverse tot stand te brengen.[74]

Beide bedrijfstakken deden hun best zich van hun eigen campagnes te distantiëren, daarbij de indruk wekkend dat het spontane bewegingen waren van goed opgeleiden of gewone burgers 'aan de basis'.

Maar er zijn nog verdergaande overeenkomsten. TASSC, de door Philip Morris opgerichte 'coalitie', was de eerste en ook de grootste door het bedrijfsleven gesponsorde organisatie die het bestaan van klimaatverandering ontkende. Ze heeft meer

schade berokkend aan de campagne om daaraan een halt toe te roepen dan welke andere instantie dan ook.

Precies volgens de aanbeveling van oprichters APCO, benaderde TASSC andere organisaties voor fondsen. Tussen 2000 en 2002 ontving ze 30.000 dollar van Exxon.[75] De door TASSC bekostigde website[76] – www.JunkScience.com – is het belangrijkste verspreidingspunt geweest voor vrijwel elke variant van ontkenning van klimaatverandering die een weg naar de reguliere media heeft gevonden. Hoewel de gletsjergegevens door Fred Singer op het web zijn geplaatst, zijn ze door JunkScience.com aan het grote publiek uitgedragen. Tot op de dag van vandaag staan ze er nog te lezen.[77] Hier worden milieuactivisten op één lijn gesteld met nazi's, communisten en terroristen. Er worden beschuldigingen in onze richting geslingerd die veel meer op deze groepering zelf van toepassing zijn: op de website wordt bijvoorbeeld gesteld dat zij de strijd aanbinden met 'foutieve onderzoeksgegevens en -analyses die ten dienste staan van bijzondere, vaak verborgen, agenda's'.[78] Ik ben de tel kwijtgeraakt van het aantal correspondenten dat mij, bij het in twijfel trekken van de menselijke bijdrage aan klimaatverandering, naar deze site verwezen.

De website wordt onderhouden door een zekere Steve Milloy, die in Washington DC als lobbyist voor diverse concerns heeft gewerkt.[79,80] Hij heeft de JunkScience-website in 1996 opgericht.[81] Volgens de eerder aangehaalde documentatie werd hij in maart 1997 tot hoofddirecteur van TASSC benoemd.[82] In 1998, zo legt hij in een memo aan zijn medebestuursleden uit, werd zijn website al door TASSC gesponsord.[83] Hij en zijn 'coalitie' ontvangen nog steeds geld van Philip Morris. Een intern document van februari 1998 laat zien dat TASSC in 1997 200.000 dollar van het tabaksconcern ontving.[84] Het budgetverslag van Philip Morris over 2001 maakt melding van een betaling van 90.000 dollar aan Steve Milloy.[85] Altria, het moederbedrijf van Philip Morris, geeft toe dat Milloy tot tenminste eind-2005 nog onder contract bij het bedrijf werkte.[86]

Deze Milloy heeft het ver geschopt. Onder brieven, bovenaan internet-artikelen, als ingang bij wetenschappelijke databestanden: overal waar studies over passief roken in diskrediet worden gebracht staat zijn naam te lezen. Het is hem zelfs gelukt tot het gerenommeerde *British Medical Journal* door te dringen: daar vond ik een ingezonden brief van zijn hand waarin hij beweert dat bepaalde door het tijdschrift besproken studies 'de hypothese niet staven dat het roken door moeders c.q. passief roken tot een verhoogd kankerrisico onder baby's leidt'.[87] In 2004 ontving hij van TASSC 126.000 dollar voor het werk van vijftien uur per week.[88] Op zijn adres staan nog twee andere organisaties ingeschreven: het Free Enterprise Education Institute en het Free Enterprise Action Institute,[89] die respectievelijk 10.000 en 50.000 dollar van Exxon hebben ontvangen.[90] De secretaris van het Free Enterprise Action Institute is een zekere Thomas Borelli.[91] Borelli was als directielid bij Philip Morris verantwoordelijk voor de betalingen aan TASSC.[92]

Milloy schrijft voor Fox News ook een wekelijkse column over 'pseudo-wetenschap'. Zonder zijn persoonlijke belangen erbij te vermelden, heeft hij deze column als platform gebruikt om studies die de medische gevolgen onderbouwen van andermans tabaksrook en het bestaan van klimaatverandering af te kraken.[93,94,95,96,97] Zelfs nadat Fox News op de hoogte was gebracht van het feit dat hij door Philip Morris en Exxon werd betaald,[98] bleef hij in dienst, zonder dat lezers over zijn belangen werden geïnformeerd. Nog steeds wordt hij door Fox als volgt omschreven:

> Steven Milloy is uitgever van JunkScience.com en CSRWatch.com. Hij is *junk science*-deskundige, een voorvechter van vrij ondernemerschap en als wetenschapper verbonden aan het Competitive Enterprise Institute.[99]

Het briefhoofd van TASSC maakt melding van een achtkoppig bestuur.[100] Drie van de leden daarvan werken volgens Exxonsecrets.org voor organisaties die geld van Exxon ontvangen.

Eén daarvan is Frederick Seitz, de man die de Oregonpetitie opstelde en de voorzitter van Fred Singers Science and Environmental Policy Project.

In 1979 werd Seitz door tabaksfabrikant RJ Reynolds als vaste adviseur aangesteld.[101] Daar werkte hij in elk geval tot 1987[102] tegen een jaarlijks honorarium van 65.000 dollar.[103] Hem werd de beslissing toevertrouwd welke medische onderzoeksprojecten door het bedrijf werden gesponsord[104] en hij keerde jaarlijks miljoenen dollars uit aan Amerikaanse universiteiten.[105] Deze financiering, zo laat een door de bestuursvoorzitter van RJ Reynolds verstuurd memo zien, diende om 'de kritiek tegen sigaretten te weerleggen'.[106] Uit een ongedateerde aantekening in het Philip Morris-archief blijkt dat het bedrijf met behulp van TASSC een 'Seitz-symposium' plande waar Frederick Seitz een lezing zou houden voor '40 tot 60 wetgevers'.[107,108]

Ook S. Fred Singer had connecties met de tabaksindustrie. In maart 1993 stuurde APCO een memo aan Ellen Merlo, de vice-president van Philip Morris, die het PR-bedrijf vlak daarvóór opdracht had gegeven de strijd met het Amerikaanse Milieuagentschap EPA aan te gaan.

> Zoals u weet, werken we samen met Dr Fred Singer en Dr Dwight Lee, schrijvers van artikelen over respectievelijk pseudo-wetenschap en luchtkwaliteit binnenshuis. Als bijlage vindt u kopieën van betreffende artikelen die door de heren Singer en Lee zijn goedgekeurd… Met Dr Singer hebben we het voorstel van Ellen besproken om aan het artikel over pseudowetenschap een meer persoonlijk getinte inleiding te geven, maar hij blijft erbij dat dit niet bij zijn stijl zou passen. Wij zouden het op prijs stellen als u deze artikelen zou willen beoordelen en ons zo snel mogelijk wil laten weten of u daarover opmerkingen of vragen hebt.[109]

In zijn artikel, met als titel 'Pseudo-wetenschap bij het EPA', stelde Singer dat

> De meest recente 'crisis' – omgevingstabaksrook – is van alle kanten bekritiseerd als zijnde de meest stuitende verdraaiing van wetenschappelijke bewijsvoering tot nu toe.[110]

Volgens Singer had het Milieuagentschap in haar rapport over passief roken, zich genoodzaakt gezien 'met de gegevens te sjoemelen'. Dit was hetzelfde rapport waarvan Philip Morris en APCO hadden besloten dat het in diskrediet moest worden gebracht, een maand voor Singer zijn artikel schreef.

In een andere memo onthulde APCO dat het met Fred Singer de mogelijkheden heeft besproken een internationale beweging te organiseren die de doelstellingen van TASSC onderschrijft.[111]

Ik heb er geen aanwijzingen voor gevonden dat Fred Singer of zijn organisaties geld van Philip Morris hebben aangenomen. Maar veel van de andere clubs die door Exxon zijn gesponsord en die hebben geprobeerd het bestaan van klimaatverandering te ontkennen hebben wél geld van dit tabaksconcern ontvangen.[112] Daaronder bevindt zich een aantal van de bekendste 'denktanks' ter wereld: het Competitive Enterprise Institute, het Cato Institute, de Heritage Foundation, het Hudson Institute, het Frontiers of Freedom Institute, de Reason Foundation en het Independent Institute, alsmede het George Mason University's Law and Economic Center.[113] Ik vraag me automatisch af of het 'conservatieve' gedachtegoed in de Verenigde Staten ook elementen bevat die *niet* door de concerns zijn bedacht en gefinancierd.

Voordat ik met deze materie werd geconfronteerd, dacht ik dat alle verwijten, beledigingen en hoongelach die dergelijke lieden over milieuactivisten uitstortten uit persoonlijke motieven waren ontstaan: dat ze echt een hekel aan ons hadden en dat ze een geldschieter hadden gevonden die hen hielp hun gevoelens te uiten. Nu besef ik dat ze hun talenten gewoon hebben uitverkocht.

Toch worden ze overal in de Engelstalige media serieus genomen. In juli 2004 organiseerde de BBC bijvoorbeeld een internetdebat dat als volgt werd aangekondigd:

> Vraag het aan de deskundigen: hoe ziet de toekomst van klimaatverandering eruit? … Uw vragen worden beantwoord door Michael Meacher, ex-milieuminister, en Dr S. Fred Singer, specialist op het gebied van mondiale klimaatverandering.[114]

In het BBC-debat werd een niet-wetenschapper tegenover een wetenschapper geplaatst, waardoor de 'specialist op het gebied van mondiale klimaatverandering', Dr Singer, vanzelf meer gezag kreeg, ook al heeft hij de laatste twintig jaar nauwelijks publicaties op zijn naam staan. De BBC verkoos hem boven duizenden andere milieuwetenschappers met betere geloofsbrieven omdat haar redactieraad meende dat het debat zich vooral afspeelt tussen mensen die beweren dat klimaatverandering plaatsvindt en mensen die beweren dat het niet zo is. Het publiek werd in zijn overtuiging gesterkt, ondanks diverse pogingen van de Royal Society om hen van het tegenovergestelde te overtuigen, omdat Fred Singer en Steve Milloy samen met anderen deze indruk hadden gewekt door hun veelvuldige verschijning in de mediaspotlights. Het hele verhaal hield zichzelf in stand.

Tot het midden van 2005 leek het dat de BBC geen debat over klimaatverandering kon organiseren of er werd een van de door Exxon gesponsorde ontkenners bij gehaald om te beweren dat klimaatverandering niet plaatsvindt. Bij slechts één gelegenheid vertelde de BBC dat de door haar uitgenodigde 'deskundige' door een oliemaatschappij werd betaald.[115] Je zou met recht kunnen stellen dat, door hun belangen onvermeld te laten, de BBC het concern stiekum gratis zendtijd heeft verschaft. De BBC lijkt inmiddels te beseffen hoe zeer ze 'door deze mensen bij de neus is genomen' (zoals één van de leidinggevende mensen aldaar mij vertelde). Maar in de Verenigde Staten en Australië worden de Exxon-deskundigen nog steeds als serieuze wetenschappers gepresenteerd. Zo is Steve Milloy bijvoorbeeld op CNN, ABC, MSNBC, de Amerikaanse National Public Radio en de meeste grote programma's van het Fox News-netwerk verschenen.[116]

Ook door politici worden ze serieus genomen. In 2003 heeft James Inhofe, de Republikeinse senator voor Oklahoma, in de Senaat een toespraak gehouden met als titel 'De wetenschappelijke onderbouwing van klimaatverandering'. Hier enkele citaten:

> De bewering dat klimaatverandering door menselijke uitstoot zou worden veroorzaakt, is gewoon niet waar en heeft geen solide wetenschappelijke onderbouwing.
>
> Kooldioxide veroorzaakt geen catastrofale rampen – het zal voor ons milieu en onze economie zelfs gunstig zijn.
>
> …Als je alle hysterie en angst en pseudo-wetenschap van dit moment beziet, bekruipt me het gevoel dat 'antropogene klimaatverandering' het grootste volksbedrog is in de geschiedenis van de Verenigde Staten.[117]

Hoe kwam hij daarbij? Omdat hij naar eigen zeggen met 'de topwetenschappers in dit land' had gesproken, die hij vervolgens opnoemde. Bovenaan de lijst stond Dr S. Fred Singer. Verder werden Frederick Seitz opgevoerd, de twee medewerkers van het George C. Marshall Institute die het door Seitz verspreide 'bedoordelingsverslag' hadden geschreven, en acht anderen die voor organisaties werkten die door Exxon werden gesponsord.[118] Inhofe bleef tot 2007 voorzitter van het Senaatscommissie voor Milieu en Openbare Werken.

In 2004 heeft het tijdschrift *Harpers* een uitgelekte memo gepubliceerd van Myron Ebell, van het Competitive Enterprise Institute, gericht aan Phil Cooney, stafchef van de Raad voor Milieukwaliteit van het Witte Huis. Het Competitive Enterprise Institute heeft in totaal meer dan 2 miljoen dollar van Exxon ontvangen.[119] In 1997, het enige jaar waarover ik documentatie heb kunnen vinden, heeft het instituut van Philip Morris 125.000 dollar ontvangen.[120] Uit de memo van Ebell bleek dat het Witte Huis en het instituut de handen ineen hadden geslagen om een door het Milieuagentschap opgesteld rapport over klimaatverandering in diskrediet te

brengen. Aan het hoofd van het EPA stond toen Christine Todd Whitman.

> Beste Phil,
>
> Bedankt voor je telefoontje waarin je om assistentie vroeg… Zoals ik je vertelde, hebben we vanochtend besloten alles in het werk te stellen om kritiek te pareren, door het EPA ervan te beschuldigen een wel érg onafhankelijke koers te hebben gevaren. Mij dunkt dat de lui van EPA de meest voor de hand liggende zondebok zijn, en we kunnen alleen maar hopen dat de betreffende zondebok (of -geit) een zo hoog mogelijke functie heeft. Ik heb diverse interviews gegeven en daarin met klem gesteld dat de President alle neuzen in dezelfde richting moet zien te krijgen. Misschien dat we morgen aanbevelen dat Whitman ontslagen moet worden.[121]

Later kwam *The New York Times* erachter dat Phil Cooney, een advocaat zonder wetenschappelijke opleiding, het Witte Huis was binnengeloodst vanuit het American Petroleum Institute, om de informatievoorziening over alles wat met klimaatwetenschap te maken had onder zijn hoede te nemen.[122] Hij heeft aan een reeks wetenschappelijke rapporten gesleuteld, alle verwijzingen naar slinkende gletsjers eruit gehaald en zinnen toegevoegd die suggereerden dat er sprake van was dat wetenschappers 'serieuze twijfels' zouden hebben over klimaatverandering.[123] Toen deze onthullingen in de media verschenen, heeft hij ontslag genomen en een aanstelling bij Exxon aangenomen.[124]

Dit olieconcern heeft directe toegang tot het Witte Huis. Op 6 februari 2001, zeventien dagen nadat George W. Bush de eed had afgelegd, stuurde A.G. (Randy) Rondol, senior-milieu-adviseur bij ExxonMobil, een fax aan John Howard, milieuambtenaar bij het Witte Huis.[125] Het eerste item was de rol van Robert Watson, hoofd van het Intergovernmental Panel on Climate Change, het IPCC. Er werd gesuggereerd dat deze een 'persoonlijke agenda' had, en de vraag werd gesteld:

Kan Watson thans op verzoek van de VS worden vervangen?[126]

Het Witte Huis werd vervolgens gevraagd ervoor te zorgen dat de Verenigde Staten voortaan bij de discussies van het IPCC door ene Dr Harlan Watson zouden worden vertegenwoordigd.[127] Beide verzoeken werden gehonoreerd. De ene Watson werd ingeruild voor de andere, en tot op de dag van vandaag zorgt de laatste ervoor dat internationale klimaatconferenties steevast op de klippen lopen.

De door Exxon en Philip Morris gesponsorde ontkenners van klimaatverandering zijn vooral in de Verenigde Staten succesvol gebleken. Maar hun invloed is ook buiten de VS doorgedrongen – tot in Australië, Canada, India, Rusland en het Verenigd Koninkrijk toe worden hun argumenten eindeloos herhaald. In de zeven of acht jaar waarin urgente internationale besprekingen over klimaatverandering hadden moeten plaatsvinden, hebben ze het mediadebat gekaapt en de bestaande wetenschappelijke consensus voortdurend in twijfel getrokken, precies op het moment dat deze de grootste overtuigingskracht zou hebben gehad. Ze hebben hiermee meer dan genoeg waar geleverd voor het sponsorgeld. Je kunt mijns inziens zonder overdrijving stellen dat dankzij de inspanningen van deze bedrijfsmatige ontkenningsindustrie effectieve wereldwijde actie om klimaatverandering aan te pakken met enkele jaren is vertraagd.

Met dit betoog wil ik absoluut niet beweren dat de wetenschappelijke onderbouwing van klimaatverandering niet continu aan twijfel en kritiek onderhevig mag zijn, en evenmin dat milieuactivisten niet ter verantwoording mogen worden geroepen. Sterker nog, vooruitgang in de wetenschap komt alleen tot stand doordat de heersende opvattingen steeds opnieuw worden aangevallen. Mensen die campagne tegen klimaatverandering voeren hebben natuurlijk niet méér recht dan anderen om de fout in te gaan: als we het publiek misleiden, moeten we er niet vreemd van opkijken wanneer we ontmaskerd worden. Er is natuurlijk ook de menselijke behoefte

om te weten dat je je tijd niet aan het verspillen bent: je hebt er weinig aan je leven te besteden aan het bestrijden van een spookbeeld dat niet bestaat.

Maar de mensen die door Exxon zijn betaald zijn geen 'klimaatsceptici', zoals zij zelf beweren. Ze voldoen niet aan de gangbare definitie van een 'scepticus':

> Een zoeker naar de waarheid; een onderzoeker die zich nog geen definitief oordeel heeft gevormd.[128]

Zij maken deel uit van een PR-machine die begint met een conclusie en vervolgens de argumenten erbij zoekt.

Evenmin wil ik de indruk wekken dat de politieke weerstand tegen het voeren van een klimaatbeleid zuiver en alleen door toedoen van deze mensen komt. De Amerikaanse regering bijvoorbeeld is ook zonder de hulp van Exxon in staat de internationale gesprekken over klimaatverandering te saboteren. Een van de redenen dat het de beroeps-klimaatontkenners zo goed is gelukt het mediadebat te beheersen, is dat het verhaal dat ze vertellen precies past bij wat mensen willen horen.

In één opzicht zit vrijwel iedereen, milieuvrienden en klimaatactivisten incluis, in de ontkenningsfase met betrekking tot klimaatverandering. We hebben ervoor gekozen te geloven we dat de doelstellingen die door enkele meer vooruitstrevende regeringen zijn geformuleerd een realistische strategie zijn om met het probleem om te gaan. Zo wil men bijvoorbeeld in Groot-Brittannië de CO_2-uitstoot vóór het jaar 2050 met 60 procent verminderen. Dit geldt als een van de meest ambitieuze doelstellingen ter wereld.* Maar ook die doelstelling is, zoals ik in hoofdstuk 1 hopelijk heb duidelijk gemaakt, volstrekt ontoereikend. Toch doen de grote Britse milieuor-

---

* Nederland heeft nog geen doelstellingen geformuleerd voor het jaar 2050. Extrapolatie van de doelstellingen voor 2020 – 30% reductie – zou in de buurt kunnen komen van de doelen van Groot-Brittannië (nvdv = noot van de vertaler).

ganisaties hun uiterste best, in de meeste van hun rapporten over klimaatverandering, aan te tonen dat deze doelstelling zonder enige wezenlijke economische achteruitgang kan worden gehaald. Maar of deze kan worden gehaald doet er niet toe – het is gewoon de verkeerde doelstelling. Niet één van deze organisaties heeft tot nu toe haar nek uitgestoken met het standpunt dat we onze uitstoot net zoveel moeten beperken als de wetenschap eist.

Sir David King, aangesteld als voornaamste wetenschappelijke adviseur aan de Britse regering, heeft op soms heldhaftige wijze mensen op de gevaren van klimaatverandering gewezen, en heeft daarvoor veel kritiek over zich heen gekregen. In een toespraak in oktober 2004 zei hij het volgende:

> Waar ligt dan het punt waarop de Groenlandse ijskap gaat smelten? Volgens de laatste berekeningen zal dat zijn wanneer de temperatuur rondom de Groenlandse landmassa tot 2,7 graden Celsius boven het pre-industriële niveau is gestegen... Wat is dan het maximale CO_2-niveau dat we ons kunnen veroorloven zonder dat we deze theorie over het smelten van de Groenlandse ijskap op de proef hoeven te stellen? ... Vroeger zei ik 550 ppm, maar nu denk ik dat we hiermee het lot een beetje aan het tarten zijn. Dan gaat het om een concentratie van misschien 500 delen per miljoen waar we niet bovenuit mogen komen.[129]

In september 2005 woonde ik in Londen een conferentie bij waar Sir David één van de sprekers was. Daar vertelde hij dat 550 delen CO_2 per miljoen een 'redelijke' doelstelling was om de atmosferische concentratie van dit broeikasgas te stabiliseren. Laat dat nu toevallig precies dezelfde doelstelling zijn als de Britse regering zich heeft gesteld. Het zou 'politiek onrealistisch' zijn, zo zei hij, om een grotere reductie te eisen.[130] Simon Retallack van het Institute for Public Policy Research nam het woord en herinnerde Sir David eraan dat het zijn plicht was, als hoofdregeringsadviseur inzake wetenschappelijke aangelegenheden, voor de wetenschappelijke werkelijkheid in te staan

en niet de politieke. Volgens berekeningen van Retallack is bij 550 delen CO_2 per miljoen de kans dat we de mondiale temperatuurstijging tot 2° kunnen beperken hooguit 10-20%.[131] Het antwoord van Sir David was simpel: als hij een lager plafond zou aanbevelen, zou hij bij de regering een deel van zijn geloofwaardigheid verspelen.

Ik denk dat veel mensen met hem meevoelen, in die zin dat als ze hun standpunt zouden laten bepalen door de wetenschap in plaats van de politiek, ze door niemand meer serieus zouden worden genomen.

Ik maak me echter het meest zorgen om het volgende. Wanneer de mensen in de rijke landen – inclusief de beter opgeleiden – langzamerhand de reikwijdte gaan inzien van wat de wetenschap ons probeert te vertellen, zal de ontkenning van klimaatverandering net zo achterlijk lijken als ontkenning van de Holocaust, of de bewering dat AIDS door rode bieten wordt genezen. Maar onze reactie is dat we van onze regeringen zullen eisen dat ze in actie komen, terwijl we gelijktijdig hopen dat ze dat *niet* doen. Wij willen, kortom, dat de overheid doet *alsof* zij handelt, waarmee we onszelf het morele genoegen verschaffen te *zeggen* waarop het staat, zonder dat we daadwerkelijk iets *doen*.

Waar ik vooral bang voor ben is dat dit in de meeste rijke landen tot de politieke partijen reeds is doorgedrongen. Dat ze inmiddels inzien dat we vergaande doelstellingen willen, maar dat we tegelijkertijd hopen dat deze niet worden gehaald. Dat ze weten dat we zullen morren over het falende beleid, maar net zo goed dat we niet in opstand zullen komen om versobering af te dwingen.

Dit is een deprimerende gedachte. Maar het sterkt mijn overtuiging dat we de noodzakelijke veranderingen zo pijnloos mogelijk moeten maken.

3 De verdeling van de vrijheid

Beròuw gerust, en duivels rijten U aan stukken.
Doctor Faustus, Tweede Bedrijf, Derde Scène[1]

Om de noodzakelijke veranderingen zo pijnloos mogelijk te maken, moeten ze zo eerlijk mogelijk worden verdeeld. Nog los van morele overwegingen, zijn er goede politieke redenen om eerlijkheid na te streven. Mensen zijn eerder bereid in actie te komen als ze zien dat iedereen dat doet. In zijn boek *Waarom zijn we niet gelukkig?* schrijft professor Richard Layard:

> De enige situatie waarin we bereid zouden zijn een eventuele loonsverlaging te aanvaarden is wanneer anderen dat ook doen. Vandaar dat er in de tweede wereldoorlog zo weinig economisch onrust was.[2]

In zijn in december 1940 gepubliceerde essay *The Lion and the Unicorn* kwam George Orwell tot een soortgelijk punt:

> De dame in haar Rolls Royce is een grotere aanslag op het moreel dan een heel eskader Duitse bommenwerpers.[3]

Met andere woorden: een van de voorwaarden voor het welslagen van de verlaging van onze uitstoot van broeikasgassen met 90 procent, is dat deze in gelijke mate voor iedereen geldt. Dat voorkomt dat ik bij aanschaf van een spaarlamp door het enorme gevoel van zinloosheid wordt getroffen, omdat meneer Meikle uit Coalburn zijn huis nog steeds met een miljoen kerstlampjes verlicht.

Als we ervoor zouden kiezen klimaatverandering aan te pakken puur en alleen door een belastingheffing op (fossiele) energie, zoals door sommigen voorgesteld, zou er twee dingen gebeuren. Het arme deel van de bevolking zou veel harder worden getroffen dan het rijke deel, doordat de gestegen uitgaven een relatief groter beslag op hun inkomen zouden leggen. En de rijken zouden net zoveel brandstof kunnen blijven gebruiken als hun ruimere beurs toelaat. Je zou zo'n belasting in principe met diverse teruggave-regelingen kunnen uitbreiden, dusdanig dat geld van rijk naar arm stroomt, en de heffingen voortdurend bijstellen om een blijvend consistent plafond te stellen aan de totale CO_2-uitstoot van het land in kwestie. Qua uitvoering zou het heffen van een dergelijke belasting niet moeilijker hoeven zijn dan een systeem waarbij iedereen precies evenveel mag uitstoten. Maar door het ingewikkelde stelsel van aanslagen en teruggaven zou zo'n energiebelasting moeilijker aan mensen uit te leggen zijn. Ingewikkelde ideeën doen het in de politiek zelden goed, omdat mensen de tijd noch het geduld kunnen opbrengen om ze te begrijpen. Voordat we de volle strekking ervan doorgronden, zijn we meestal over een of ander detail gevallen.

Een andere benadering is dat we nieuwe wetten invoeren om al onze activiteiten tot in detail aan regels te onderwerpen, waarbij iedereen in principe dezelfde rechten heeft. We zouden bij wet kunnen bepalen wanneer we de lichten mogen aandoen en hoe ver we mogen reizen. Ik geloof echter dat mensen dit, evenmin als een belasting op fossiele brandstoffen, een aantrekkelijk vooruitzicht vinden. Maar het kan ook anders, en we kunnen daarvoor teruggrijpen op een historisch precedent. Toen tijdens de Tweede Wereldoorlog de nood aan de man was, aanvaardde iedereen in Groot-Brittannië zonder morren de rantsoenering, een gelijke verdeling onder iedereen.

Vertrekpunt van rantsoenering is een (internationale) beslissing over hoeveel broeikasgassen de wereldbevolking jaarlijks mag uitstoten. Noem het de mondiale emissieruimte. Als het inderdaad klopt dat onze huidige uitstoot van 7 miljard ton koolstof in het jaar 2030 tot 2,7 miljard ton moet zijn

teruggebracht, en ervan uitgaand dat hoe eerder we beginnen met forse beperkingen hoe beter, zouden we kunnen besluiten dat de wereld in 2012 niet meer dan 5,5 miljard ton mag uitstoten. Om te weten hoeveel koolstof ieder mens op aarde dan mag produceren, moeten we die hoeveelheid delen door de geschatte wereldbevolking van dat moment. Uit deze berekening volgt dat iedereen dan zo'n 0,8 ton per jaar krijgt toegewezen.* Het nationale deel van de mondiale emissieruimte, het klimaatbudget van ieder afzonderlijk land, bedraagt het persoonlijke budget van iedere wereldburger vermenigvuldigd met het aantal inwoners van dat land.

Voor bepaalde, vooral armere, landen zou dit betekenen dat hun uitstoot mag stijgen. Bij een ongewijzigd aantal inwoners zou een land als Ethiopië in 2030 zelfs vijfeneenhalf keer meer mogen uitstoten dan nu. Maar over de hele wereld genomen zou de totale uitstoot jaar op jaar steeds verder afnemen waarbij de verschillende landen naar dezelfde uitstoot per inwoner toegroeien.[4] Deze benadering staat in de Engelssprekende wereld bekend als '*contraction and convergence*', dat in het Nederlands kan worden vertaald als 'verminderen van emissies en verschillen'. Het is bedacht door de altviolist Aubrey Meyers, een van die zeldzame figuren bij wie een gebrek aan relevante opleiding sterk in zijn voordeel uitpakt. Het is Meyers gelukt ver over de geforceerde voorstellen van de beroepsonderhandelaars te springen en een idee te lanceren dat schittert in zijn eenvoud, wetenschappelijk onderbouwd is en bovenal rechtvaardig.

Na toewijzing van een klimaatbudget op nationaal niveau kan ieder land vervolgens beslissen hoe het dit over zijn bevolking verdeelt. Zo zou je in principe iedereen gewoon zijn of haar deel in de mondiale emissies direct kunnen toekennen: bijvoorbeeld 0,8 ton koolstof, zoals boven berekend. Maar, hoewel dit op het eerste gezicht een eenvoudige aanpak lijkt,

---

* Het gaat hier om koolstof. Een budget van 0,8 ton koolstof komt overeen met ongeveer 3 ton CO_2 per jaar per persoon.

zou het in de praktijk een enorm ingewikkeld systeem opleveren, want alles wat je koopt zou dan twee prijzen moeten hebben: een geldprijs en een 'klimaatprijs'. Als je langs de weg stopt om een bakje aardbeien te kopen, zou je daarvoor bijvoorbeeld 1 euro moeten betalen plus 0,01588 van je individueel klimaatbudget – ervan uitgaand dat men al had berekend dat het telen, vervoeren en verpakken van deze aardbeien tot een uitstoot van 127 gram koolstof leidt. Zo'n systeem werkt gewoon niet.

Een veel eenvoudiger systeem is door Mayer Hillman bedacht en verder verfijnd door David Fleming, alweer zo'n onafhankelijke denker. Daarin hoeven zowel burgers als bedrijven hun individuele klimaatbudget slechts te gebruiken bij aankoop van twee zaken: brandstof en elektriciteit.[5] Als in een bepaald land 40 procent van de landelijke uitstoot veroorzaakt wordt door de brandstoffen en de stroom die de bevolking direct verbruikt, dan krijgen de burgers van dat land 40 procent van het nationale klimaatbudget toegewezen. Iedere inwoner ontvangt precies hetzelfde budget, zonder dat hij daarvoor hoeft te betalen. We hoeven ons budget alleen te gebruiken bij het betalen van onze stroom- en gasrekening en bij het tanken van autobrandstof. (Het systeem van Flemings zou met een kleine uitbreiding ook trein- en vliegreizen kunnen omvatten.[6])

Stel nu dat in het jaar 2012 het jaarlijkse klimaatbudget van iedere wereldbewoner 0,8 ton koolstof bedraagt, oftewel 800 kilo. Dan zou ieder van ons een soort 'debetkaart' krijgen die ons het recht geeft 40 procent van deze hoeveelheid uit te stoten: 320 kilo koolstof dus.

De resterende 60 procent van het nationale klimaatbudget valt toe aan de overheid. Deze houdt een bepaald deel voor zichzelf en verkoopt de rest op een veiling, hetzij direct aan bedrijven die brandstof of stroom willen inkopen, hetzij aan tussenhandelaren die deze 'CO_2-rechten' op hun beurt kunnen verkopen aan andere bedrijven of aan mensen die niet binnen hun budget kunnen blijven. Net als bij andere verhandelbare waren, wordt de prijs door de marktvraag bepaald, die op zijn beurt weer een functie is van zijn schaarste. Voor ons als

individu zou het betekenen dat voor dat bakje aardbeien dat we langs de weg kopen de hoeveelheid koolstof die nodig is voor productie, vervoer, et cetera, reeds in de prijs is verwerkt, of 'geïnternaliseerd'. Betaling geschiedt dan eenvoudig in euro's. Hoe klimaatintensiever een product is, hoe duurder het zal zijn.

Met het opzetten van een samenhangend systeem van klimaatbudgetten creëren we in wezen een nieuwe valuta. De 'CO_2-rechten' zullen worden gespaard, uitgegeven, ingekocht en in de boeken bijgehouden, ongeveer zoals het huidige geld. Voor zover ik heb kunnen nagaan is tot nu toe de enige naam die hiervoor is verzonnen het oersaaie 'koolstofeenheid' (in het Engels 'carbon unit'). Bij gebrek aan iets beters zou ik willen voorstellen deze nieuwe valuta *klimaatdukaten* te noemen.*

De klimaatdukaten die iedereen krijgt toegedeeld kunnen verhandeld worden. Als je tegen het einde van het jaar merkt dat je nog niet door je budget heen bent, kun je het resterende gedeelte aan iemand anders verkopen. Als je daarentegen teveel hebt gebruikt, moet je klimaatdukaten bijkopen. Ongebruikte klimaatdukaten kunnen bij postkantoor of bank, of bij stroomleverancier, tankstation of reisbureau worden ingekocht en verkocht. Bezoekers uit andere landen, die van de plaatselijke overheid geen emissierechten hebben gekregen, kunnen op dezelfde wijze aan klimaatdukaten komen.[7] Het spreekt vanzelf dat als iedereen tegelijk gaat inkopen, de prijs enorm zal stijgen.

Als gevolg hiervan zal onze dame misschien nog steeds in haar Rolls Royce worden rondgereden, maar pas nadat ze een behoorlijke som geld heeft overgeheveld naar mensen die armer of zuiniger zijn dan zij. In het systeem zit de economische rechtvaardigheid ingebouwd.

---

* Monbiot stelt het Engelse woord 'icecaps' voor, met het woord *cap* of plafond erin, een woord dat 'mensen er steeds aan herinnert waarvoor het systeem bedacht is: om een plafond aan onze uitstoot te stellen, zodat we de planeet koel kunnen houden'.

Het is een veel eerlijker plan dan het CO_2-emissiehandelssysteem dat begin 2005 door de Europese Unie is ingevoerd. Bij de aanvang van dit systeem zijn CO_2-emissierechten gratis uitgedeeld aan grote Europese bedrijven. Over het algemeen kregen bedrijven met de hoogste CO_2-uitstoot daarbij ook de meeste emissierechten: de vervuiler *wordt* betaald.[8] Deze financiële uitkering was zo gul dat, zoals in mei 2006 door adviseurs van de Britse regering is berekend, elektriciteitsmaatschappijen hiermee een additionele winst van rond de 1 miljard pond* in hun schoot geworpen kregen, zonder ook maar iéts te hoeven ondernemen om hun uitstoot te beperken.[9] Het Europese emissiehandelssysteem is een klassiek voorbeeld van het toe-eigenen van iets wat aan de hele bevolking zou moeten toebehoren – het recht om binnen het gekozen bestel een bepaalde hoeveelheid CO_2 uit te stoten – en het weggeven ervan aan de bedrijven.

Het leven met een klimaatbudget zal ongetwijfeld een zekere ontbering en zelfbeteugeling met zich meebrengen. Toch laat het iedereen vrijer dan wanneer gekozen zou worden voor andere oplossingen om onze broeikasgasemissies terug te dringen. Als de centrale overheid onze uitstoot via allerlei regels en wetten zou beperken, zoals ik hierboven als een van de mogelijkheden suggereerde, zou ze ons gedrag continu in de gaten moeten houden. Als we bij het naar bed gaan de tv op standby laten staan, of het licht onverhoopt aan laten, zouden er straffen volgen. Bepaalde apparaten zouden helemaal verboden moeten worden. Maar het budgetsysteem dat ik hier uiteen heb gezet laat iedereen vrij in zijn handelen, zolang hij of zij maar binnen het toegewezen klimaatbudget blijft, of be-

---

* Met de koersen van najaar 2007 is dit gelijk aan 1,43 miljard euro. In dit boek worden zowel Britse ponden en Amerikaanse dollars als euro's gebruikt. Waar het om concrete bedragen gaat is de munteenheid gekozen die in beleidsnota's gehanteerd zijn of die daadwerkelijk werd betaald. Verder is zoveel mogelijk omgerekend naar euro's. Hierbij hebben we als omrekeningsfactoren de koers van oktober 2007 gehanteerd (1 dollar = 0,70 euro; 1 pond = 1,43 euro) (nvdv).

reid is extra klimaatdukaten te kopen. Als je beurs het toelaat, kun je je hele budget in één grote CO_2-orgie opmaken en je behoefte voor de rest van het jaar vervolgens bij anderen inkopen. Je kunt de hele dag tv kijken en het stroomverbruik compenseren door je oude ijskast te vervangen door een superzuinig model. Het maakt niet uit – wat telt is dat elk land als geheel zijn toegewezen uitstoot niet overschrijdt.

De markt die door het invoeren van klimaatbudgetten ontstaat zal automatisch leiden tot een grotere vraag naar 'klimaatvriendelijke' producten en diensten, zoals openbaar vervoer en duurzame energie. Als gevolg hiervan zal dit voorstel in alle opzichten minder overheidsbemoeienis met zich meebrengen dan de alternatieve strategieën.

De zaak is echter wel iets ingewikkelder dan ik tot nu toe heb voorgesteld. Hoewel er in algemene zin een rechtstreeks verband is tussen welvaart en energieverbruik, geldt dat niet in gelijke mate voor iedereen in een bepaalde samenleving. Van de allerarmsten in Groot-Brittannië (de armste 20 procent van de huishoudens) gebruikt 30 procent bijvoorbeeld meer energie dan het landelijke gemiddelde.[10] Dit is vooral te wijten aan hun erbarmelijk slechte huisvesting: sommige mensen moeten zoveel stoken om warm te blijven dat ze net zo goed in de openlucht zouden kunnen bivakkeren. Een beleid op basis van klimaatbudgetten zou, met andere woorden, niet eerlijk functioneren als het niet wordt ondersteund door een versneld ingevoerd overheidsprogramma om de huisvesting van de allerarmsten fors te verbeteren.

Veel mensen met een smalle beurs wonen op plaatsen met slecht openbaar vervoer en gaan daarom met een tweedehands auto naar het werk of naar de winkels. Om te voorkomen dat de allerarmsten moeten kiezen tussen voedsel en energie, dienen ze ook hierin te worden ondersteund – onder andere door een ingrijpende verbetering van het openbaar vervoer. Met andere woorden, door alleen een markt voor klimaatdukaten te creëren en te verwachten dat dat het hele klimaatprobleem in één klap oplost, zou net zoiets zijn als de inwoners van Manchester in de jaren 1840 vragen hun eigen sanitaire om-

standigheden op orde te brengen. Bepaalde zaken konden ze individueel regelen, als ze er het geld voor hadden: het drinkwater koken, zich met zeep wassen, zich vaker verschonen. Maar ze konden op eigen houtje geen riolering bouwen, of een leidingnet voor schoon water aanleggen, en omdat ze arm waren had niemand er financieel belang bij zulke projecten uit te voeren. De grote investeringen in nieuwe diensten die onder een stelsel van klimaatbudgetten nodig zijn, moeten op sommige plaatsen door de overheid financieel of met gerichte sturing worden ondersteund.

De centrale overheid kan wellicht een deel van het landelijke klimaatbudget achter de hand houden, om daarmee gedurende strenge winters het individuele budget van mensen met een laag inkomen aan te vullen. Dit zou ongeveer op dezelfde manier in zijn werk kunnen gaan als de 'vorst'-uitkeringen die de Noord-Europese landen momenteel uitbetalen. Als daar de temperatuur onder een bepaald punt daalt, ontvangen de armere huishoudens een bijdrage in de extra stookkosten.[11]

Het spreekt vanzelf dat hoe meer energie we mogen gebruiken binnen ons klimaatbudget, hoe politiek aanvaardbaarder een dergelijk systeem wordt. Als een vermindering van onze uitstoot van broeikasgassen met 90 procent betekent dat we ook 90 procent minder energie moeten gaan gebruiken, is moeilijk voor te stellen hoe een democratisch gekozen regering dat ooit voor elkaar gaat krijgen. We moeten daarom proberen de koppeling tussen CO_2-uitstoot en energiegebruik zoveel als mogelijk is te doorbreken. Als bijvoorbeeld het hele elektriciteitsnet op de een of andere manier volledig met 'groene' stroom zou worden gevoed, zouden we geen klimaatdukaten meer hoeven in te leveren om het licht te laten branden. In dit boek wil ik zoeken naar de politiek meest effectieve wijzen om zowel ons energiegebruik als het koolstofgehalte ervan te verminderen.

Door dit alles wordt het politieke probleem niet automatisch opgelost. Omdat regeringen er altijd op uit zijn hun burgers zo weinig mogelijk beperkingen op te leggen, is er tot nu toe een grote kloof geweest tussen hetgeen op tafel komt bij de internationale klimaatonderhandelingen en wat de klimaatweten-

schap ons zegt. Er is nog steeds geen mondiale doelstelling voor de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer. De onder het Kyoto-verdrag overeengekomen verminderingen – 5,2 procent in het jaar 2012 – staan in geen enkele verhouding tot de beperkingen die het probleem vereist. Het Kyoto-verdrag lijkt in zekere zin op het emissiehandelssysteem van de Europese Unie: de hoeveelheid broeikasgassen die een land mag uitstoten wordt vooral bepaald door de hoeveelheid die het nu al produceert. Hoe meer je vervuilt, hoe meer je krijgt toegewezen.

Een keuze om vermindering van emissies en verschillen (*contraction and convergence*) als principe te volgen zal de politieke discussies natuurlijk niet in één keer doen verstommen. Maar deze discussies zouden in moreel en intellectueel opzicht niet meer in het luchtledige plaatsvinden. De onderhandelaars zouden een doelstelling hebben – gelijke verdeling van de CO_2-opnamecapaciteit van de aarde – die zowel feitelijk onderbouwd als rechtvaardig is. De accuratesse van de schatting van wat deze capaciteit in 2030 zal zijn, zal met nieuwe wetenschappelijke inzichten wellicht veranderen, maar de doelstelling kan dan meeveranderen. Als de 'emissieruimte' gelijk wordt verdeeld, kan geen enkel land nog volhouden dat het niets kan ondernemen omdat andere landen onder de verplichtingen uitkomen. Misschien dat ze dit voorstel niet graag zien, maar ze kunnen niet ontkennen dat het eerlijk is.

Het meest gehoorde bezwaar tegen een dergelijke mondiale strategie om de uitstoot van broeikasgassen aan banden te leggen, of deze nu gebaseerd is op klimaatbudgetten of op iets anders, luidt dat het middel erger is dan de kwaal. Net als Dokter Faustus te horen kreeg dat hij door duivels aan stukken zou worden gereten zodra hij berouw zou tonen, wordt ons verteld dat de potentiële schade door klimaatverandering niet in verhouding staat tot de economische achteruitgang die alle maatregelen zouden kosten.

De meest bekende vertolker van dit standpunt is de Deense statisticus Bjørn Lomborg, wiens werk de media aan beide zijden van de Atlantische Oceaan in een lichte staat van verruk-

king brengt. In zijn grondige en van veel bronvermeldingen voorziene boek *The Skeptical Environmentalist* beargumenteert Lomborg dat als we niets aan klimaatverandering doen – als we de natuur gewoon haar gang laten gaan – het ons 3.422 miljard euro zal kosten. Een beperking van de mondiale temperatuurstijging tot 2,5° boven het niveau van 1990 zou 6.073 miljard euro kosten, terwijl een beperking tot maximaal 1,5° boven dat niveau (ongeveer wat ik in dit boek beoog) 26.719 miljard euro zou kosten – bijna 27 *biljoen* euro.[12] Lomborg waarschuwt zijn lezers dat:

> Door met de beste bedoelingen iets aan de mondiale opwarming te doen, zouden we de wereldgemeenschap wel eens kunnen opzadelen met kosten die tot twee keer hoger zijn dan die van de opwarming zelf.

Volgens hem zouden we ons geld beter kunnen investeren in meer winstgevende activiteiten, zodat we 'toekomstige generaties arme mensen van aanzienlijk meer middelen' voorzien.*[13]

Ik zou Lomborg op zelfde manier van repliek kunnen dienen als veel economen dat vóór mij hebben gedaan (onder hen ook de Britse regeringsadviseur Sir Nicholas Stern), door te stellen dat hij, en de economen op wiens cijfers hij zich baseert, het bij het verkeerde eind heeft: dat de economische kosten van een 'laat-maar-waaien-beleid' ten aanzien van klimaatverandering vele malen hoger zijn dan de economische kosten die het aanpakken ervan met zich meebrengt. Ik weiger die weg echter te bewandelen, omdat deze vergelijkingsbasis gespeend is van elke moraal.

We kunnen bijvoorbeeld becijferen dat de orkaan Katrina, die wellicht door klimaatverandering aan kracht heeft gewonnen, in totaal ongeveer 75 miljard dollar aan schade heeft ver-

---

* In zijn in september 2007 verschenen boek *Cool it, The Skeptical Environmentalist's Guide to Global Warming* handhaaft Lomborg dit standpunt (nvdv).

oorzaakt[14] en dit bedrag vervolgens, naaste andere, gebruiken om de 'prijs' van klimaatemissies te bepalen. Maar omvat die prijs ook het lijden van de mensen die huis en haard hebben verloren? Of de gedeeltelijke vernietiging, in New Orleans, van een van de meest eigenzinnige en creatieve gemeenschappen ter wereld? En vooral: omvat het ook de waarde van de mensen die daarbij zijn verdronken?

Is het met andere woorden mogelijk de prijs van een mensenleven te bepalen? Of van een ecosysteem, of het klimaat? Zou het écht zo kunnen zijn dat als je op deze wijze de kosten voor de hele wereld optelt, je dan op een bedrag van 3.422 miljard plus of min een paar euro uitkomt? Als uw antwoord hierop 'ja' is, ben ik bang dat u teveel tijd met uw rekenmachine doorbrengt en te weinig met mensen van vlees en bloed.

Telkens wanneer economen dergelijke kosten probeerden te berekenen, legden ze de grenzen van hun eigen wetenschap op pijnlijke wijze bloot. In een in 1996 gepubliceerd rapport heeft het internationale klimaatpanel IPCC bijvoorbeeld berekend dat je voor een verloren mensenleven in de arme landen een prijs van 150.000 dollar mocht rekenen, terwijl dat in de rijke landen 1,5 miljoen dollar bedroeg.[15] Deze bedragen werden verkregen door in te schatten hoeveel geld mensen ervoor over zouden hebben om voor beschermingsmaatregelen te betalen die in geval van nood hun leven zouden redden. Dat ze op deze manier ontdekten dat het leven van een rijke westerling meer waard is dan het leven van een arme Malinees zal niemand verrassen. Hun berekeningen waren niet alleen fout; ze waren betekenisloos.

Tegenwoordig zijn economen er minder happig op, zich aan hoongelach bloot te stellen. Daarom wordt nu alles wat niet in cijfers te vatten is gewoon uit de berekeningen weggelaten. Hierdoor wordt het verlies van alles van échte waarde – een functionerend ecosysteem, menselijke samenlevingen, mensenlevens – domweg buiten beschouwing gelaten. Omdat het niet wordt meegeteld, telt dit alles niet mee.

Het zou een misvatting zijn de schuld voor het bewandelen van dit cijfermatige pad louter te leggen bij Bjørn Lomborg en

de economen wiens werk hij uitdraagt. Zelfs degenen die zeggen iets aan klimaatverandering te willen doen kunnen deze verleiding moeilijk weerstaan en voelen zich verplicht een prijskaartje te hangen aan de wereldwijde catastrofe die ons boven het hoofd hangt. Zo heeft de Britse overheid bepaald dat de aan broeikasgasemissies gerelateerde 'schadekosten' ergens tussen 35 en 140 pond per ton liggen (50 à 200 euro), met een middenwaarde van 70 pond (100 euro).[16] Maar wat betekent dit in hemelsnaam? Gelooft de overheid of regering nu écht dat ze aan het Amazonegebied een prijskaartje kan hangen? Aan Bangladesh? Dit kan met andere woorden niet anders dan een *morele* beslissing zijn, geen economische. Óf we vinden het een goede zaak veel geld uit te geven om catastrofale klimaatverandering af te wenden, óf we vinden van niet, maar die beslissing moeten we nemen op basis van hoe waardevol we mensen en plaatsen vinden *als mensen en plaatsen*, en niet als posten in een boekhouding.

Dit ontslaat me echter niet van de plicht te berekenen hoeveel de voorstellen in dit boek ongeveer gaan kosten.

Als ik zeg dat dit niet makkelijk zal zijn, is dat een *understatement* in het kwadraat. Op geen enkel ander gebied ben ik zulke uiteenlopende cijfers tegengekomen als hier. Aan het ene uiterste staat Bjørn Lomborg met zijn buitengewoon nauwkeurig becijferde 26.719 miljard euro, aan het andere mensen die beweren dat het terugdringen van broeikasgasemissies ons zelfs geld zal *opleveren*, doordat de behoefte aan investeringen in nieuwe technieken de economische groei zal stimuleren en doordat grotere energie-efficiëntie tot grotere financiële efficiëntie zal leiden. Zo heeft de Britse overheid berekend dat als er door huishoudens 37 procent minder energie wordt gebruikt, deze daarmee zo'n 5 miljard pond (ruim 7 miljard euro) zouden besparen.[17]

Tussen deze uitersten in kun je min of meer vrijuit kiezen. De Europese Commissie kiest voor studies waarin wordt berekend dat het de wereldgemeenschap tussen de 0,7 en 5,7 biljoen euro zou kosten om de atmosferische CO_2-concentratie in het jaar 2100 op 550 delen per miljoen (ppm) te stabilise-

ren.[18] Om deze beneden 450 ppm te houden zou tussen 1,8 en 12,8 biljoen euro kosten. Econoom Christian Azar en bioloog Stephen Schneider komen uit op eenzelfde soort bedrag bij een veel scherpere doelstelling: volgens hen zou het ongeveer 12,8 biljoen euro kosten om de atmosferische CO_2-concentratie op 350 ppm te stabiliseren.*[19]

Dit zijn allemaal overweldigende bedragen. Hoewel ze over het algemeen wat lager zijn dan de door Bjørn Lomborg berekende kosten, was mijn eerste reactie toen ik ze tegenkwam: absoluut onbetaalbaar! Maar, zoals Azar en Schneider terecht opmerken, zou dit slechts opgaan wanneer deze kosten allemaal in één keer moesten worden opgebracht. Als ze over de periode tussen nu en de gekozen streefdatum worden uitgespreid, wordt de pijn een stuk minder. De rekenaars die ons met deze gigantische bedragen schrik aanjagen, voorspellen tegelijkertijd dat de wereldeconomie in de 21ste eeuw jaarlijks met 2 à 3 procent zal blijven groeien, waardoor de waarde ervan in 2100 ongeveer tien keer groter is dan in 2000. Het uitgeven van een paar biljoen of zelfs tientallen biljoenen euro's om onze broeikasgasemissies te beteugelen zou slechts betekenen dat het jaar waarin we tien keer rijker zijn dan vandaag met enkele jaren wordt uitgesteld. 'Dat we pas in het jaar 2102 in plaats van 2100 tien keer rijker zijn,' stellen Azar en Schneider, 'zal nauwelijks worden opgemerkt'.[20] De streefdatum voor de voorstellen in dit boek (2030) is evenwel een stuk dichterbij, en daarom zullen de economische gevolgen wat harder aankomen.

Ik zou kunnen beweren dat mijn voorstellen in totaal 7 biljoen euro zullen gaan kosten, of 15 of 20, of ik zou de indruk kunnen wekken dat ik precies weet hoe het allemaal in zijn werk zal gaan, door u te vertellen dat het precies 10,464

---

* Al deze cijfers hebben betrekking op CO_2 alleen. Als er ook met de andere broeikasgassen rekening wordt gehouden, vallen de betreffende concentraties ongeveer 15 procent hoger uit.
Stephen Schneider kiest een lagere concentratie (350 ppm) dan er in 2002 heerste (nvdv).

biljoen dollar zal kosten. Maar welke schatting ik u ook zou voorleggen, u zult deze alleen kunnen vertrouwen voor zover u vertrouwen kunt hebben in de achterliggende aannamen – met betrekking tot economische groei, discontovoeten, energieprijzen, nieuwe technologieën, overheidsbeleid, enzovoort. Omdat deze aannamen zo ver uiteenliggen dat ze elkaar bijna elke betekenis ontnemen, zou elk bedrag dat ik aan u voorleg volkomen willekeurig zijn. Wat ik wel kan doen is u een idee proberen te geven van de economische ontberingen waartoe het allemaal zou kunnen leiden.

Eén manier om dit te doen is door een vergelijking te maken tussen de manier waarop prijsveranderingen die door de voorstellen in dit boek zouden kunnen plaatsvinden en prijsfluctuaties uit het verleden. Ook dit is een lastige opgave – zoals straks in de hoofdstukken 5 tot en met 7 zal blijken – omdat de kosten van verschillende wijzen van energieopwekking zo verschillend worden ingeschat. Maar op de keper beschouwd zullen mijn voorstellen er waarschijnlijk voor zorgen dat de grootverbruikerprijs van elektriciteit en warmte in het jaar 2030 in reële termen met ongeveer 100 procent zal zijn gestegen ten opzichte van nu. Dat lijkt in eerste instantie veel, tot je het van een context voorziet. Tussen november 2004 en november 2005 is in Groot-Brittannië de gemiddelde grootverbruikerprijs van stroom gestegen van 3,0 tot 5,1 eurocent per MegaJoule, dat wil zeggen met 71 procent. In de twaalf maanden voorafgaand aan maart 2006 steeg de grootverbruikerprijs van aardgas met 75 procent.[21] In de drie jaar daaraan voorafgaand ging deze omhoog van 0,27 tot 0,93 eurocent per MegaJoule – een stijging van 350 procent.[22] Het tempo waarin de gasprijs is gestegen is dus ongeveer achtentwintig keer hoger dan het tempo waarin de energieprijzen in mijn scenario zouden stijgen. De nieuwe gasprijzen zijn voor sommige mensen ongetwijfeld vervelend geweest, maar ze hebben de economie niet ineen doen storten.

De grootste impact zal zaken betreffen die we niet wezenlijk zullen voelen. Het gaat om de consequenties voor wat we misschien hadden kunnen doen als de beperkingen die ik

voorsta *niet* worden doorgevoerd. Het geld dat aan het bestrijden van klimaatverandering moet worden besteed, wordt vaak verward met de economische kansen die daarmee verloren zullen gaan – soms bewust, denk ik – door degenen die ons van actie willen weerhouden. Op het moment lijden wij Britten allemaal onder de economische beperkingen die voortvloeien uit het feit dat we geen psychedelische drugs mogen kopen. Als de handel hierin was toegelaten, zouden we iets meer economische groei hebben gehad, met als gevolg dat we vandaag gemiddeld iets rijker zouden zijn geweest dan thans het geval is. Maar uitgezonderd diegenen die hun zinnen hebben gezet op een betrekking in deze sector, loopt niemand te mopperen over het feit dat het geld dat we anders in onze beurs hadden gehad ons nu wordt ontzegd. Deze beperking heeft een reëel effect, maar het wordt door niemand van ons als zodanig beleefd. Van wat er had *kunnen* zijn loopt niemands bankrekening leeg.

De budgetbenadering die ik voor ogen heb zal onvermijdelijk economisch pijn doen, maar heeft ook een belangrijk voordeel: het is zelfbegrenzend. Er is een uitruil tussen de prijs van energie en de prijs van klimaatdukaten. Als we veel geld steken in duurzame energie, bijvoorbeeld, om daarmee de huidige koppeling tussen energiegebruik en broeikasgasemissies af te bouwen, zal een kilowatt-uur stroom meer gaan kosten. Dit komt omdat duurzame energiebronnen meestal duurder zijn dan aardgas of steenkool – zoals de zaken er *nu* voorstaan, tenminste. Daartegenover staat dat we dan meer stroom zullen kunnen verbruiken zonder boven ons klimaatbudget uit te komen. Omdat minder mensen extra klimaatdukaten zullen hoeven in te kopen, zal de prijs ervan dalen. Naarmate deze prijsdaling in de economie doorwerkt, zal dit een rem zetten op de inflatie die uit de hogere stroomprijzen voortvloeit. Hoewel er uiteindelijk meer aan energie zal worden uitgegeven dan vandaag het geval is, zal de energieprijs zichzelf voor een deel drukken.

Dit betekent overigens niet dat ik willekeurig te werk kan gaan in het voorstellen van maatregelen om klimaatverandering te lijf te gaan. In tegendeel: de taak die ik me bij elk on-

derdeel heb gesteld is de *goedkoopste* manier te vinden om de uitstoot te beperken, want elke dollar, pond of euro die aan een inefficiënt proces wordt besteed, is er één minder voor een efficiënte besteding.

Er is nog een andere vraag die van belang is voordat we verder gaan met onze berekeningen. Als deze veranderingen allemaal geld gaan kosten, waar of bij wie zullen die lasten dan terecht komen?

Een van de argumenten die in stelling worden gebracht door degenen die volhouden dat we niets moeten ondernemen, is dat we meer levens zouden redden als we hetzelfde bedrag zouden gebruiken om honger te voorkomen, mensen van schoon drinkwater te voorzien, of AIDS, tuberculose en malaria te bestrijden.[23] Wat de vertolkers van deze zienswijze meestal vergeten is dat klimaatverandering waarschijnlijk tot meer honger, waterschaarste en besmettelijke ziektes zal leiden, waardoor er sowieso meer geld nodig zal zijn om deze problemen aan te pakken. Maar dit is niet het belangrijkste argument tegen dit standpunt, dat uitgaat van de curieuze aanname dat geld dat aan het bestrijden van klimaatverandering wordt besteed in mindering zal komen op de beschikbare fondsen voor ontwikkelingshulp. De Europese regeringen hebben afgesproken dat ze in 2015 – slechts vijfendertig jaar later dan ze in een eerdere afspraak hadden beloofd – 0,7 procent van hun bruto nationaal product aan ontwikkelingshulp zullen besteden. De Verenigde Staten geven momenteel 0,17 procent van hun BNP hieraan uit: iets meer dan 19 miljard dollar.[24] Groot-Brittannië besteed er 0,36 procent aan, oftewel 4,3 miljard pond.*[25]

Op andere gebieden zijn deze regeringen heel wat vrijgeviger. Zo is in Groot-Brittannië 3,6 miljard pond begroot voor het verbreden van de M1-autoweg.[26] Dit is ongeveer zeven keer zoveel als de Britse regering per jaar uitgeeft aan de be-

---

* Gemiddeld besteden de rijke landen 0,35% van hun BNP aan ontwikkelingshulp. Nederland is met een percentage van 0,8 een positieve uitzondering (nvdv).

strijding van klimaatverandering.* Alles bij elkaar is er 11,4 miljard pond gereserveerd voor het aanleggen en verbreden van wegen. Tegen de achtergrond van het aangekondigde – en inmiddels blijkbaar ingeslikte – regeringsvoornemen het wegverkeer terug te dringen, valt moeilijk in te zien hoe deze uitgaven te rechtvaardigen zijn.

In zijn in 2001 verschenen boek *Perverse Subsidies* telt de Britse professor Norman Myers alle directe overheidssubsidies aan Amerikaanse bedrijven bij elkaar op en voegt daaraan de bredere kosten toe waarvoor deze bedrijven de hele maatschappij laten opdraaien. Hij komt daarbij uit op een totaal van 2,6 biljoen dollar.[28] Dit is ongeveer vijf keer zoveel als de winsten die deze bedrijven boekten ten tijde van het schrijven van dit boek. Naast de 362 miljard dollar die de dertig rijkste landen in het jaar dat *Perverse Subsidies* verscheen aan hun boeren uitkeerden, gaven ze ook nog ongeveer 71 miljard dollar uit aan fossiele brandstoffen en kernenergie en het duizelingwekkend bedrag van 1,1 biljoen dollar aan het wegverkeer. Over de hele wereld geven regeringen jaarlijks 25 miljard dollar uit aan het vernielen van visserijgronden en 14 miljard dollar aan het kappen van wouden.[29]

Naar aanleiding van de nieuwe energiewet die de regering-Bush in 2005 door het Amerikaanse Congres duwde, is er inmiddels nog eens 2,9 miljard dollar uitgekeerd aan de kolen-

---

* Het is opvallend moeilijk gebleken hierover harde cijfers los te krijgen. In antwoord op kamervragen heeft regeringswoordvoerder Lord McKenzie in het Britse Lagerhuis gezegd dat 'er jaarlijks minimaal 545 miljoen pond wordt uitgegeven aan bestedingsbeleid ter bestrijding van klimaatverandering',[27] maar het is me tot nu toe niet gelukt – ondanks drie verzoeken daartoe – om openheid te krijgen over de manier waarop dit bedrag tot stand is gekomen. De formulering 'bestedingsbeleid ter bestrijding van klimaatverandering' vertrouw ik niet, want het kan net zo goed slaan op uitgaven die slechts toevallig gevolgen voor het klimaat hebben, of uitgaven aan beleid dat naast het klimaat ook andere doelen dient. Waarom heeft hij niet gewoon gezegd dat 'er jaarlijks minimaal 545 miljoen pond wordt uitgegeven aan het bestrijden van klimaatverandering'?

industrie en 1,5 miljard dollar aan de olie- en gasbedrijven.[30] Volgens het Democratische Congreslid Henry Waxman is deze subsidie aan de olieconcerns 'op mysterieuze wijze in de definitieve wettekst geslopen nadat de termijn voor wijzigingen was afgesloten'.[31] Het overgrote deel van deze fondsen, zo ontdekte hij, zal worden beheerd door

> een particulier consortium dat in het kiesdistrict van meerderheidsleider Tom DeLay staat ingeschreven. … De meest kansrijke gegadigde voor dit contract lijkt het consortium Research Partnerhip to Secure Energy for America (RPSEA) … Halliburton is lid van RPSEA en zit ook in het bestuur, net als de Marathon Oil Company …
>
> Kortom… belastingbetalers huren een particulier consortium in dat door de olie- en gasindustrie wordt beheerd om een bedrag van meer dan 1 miljard dollar aan de olie- en gasmaatschappijen uit te keren. Voor deze uitzonderlijke gulheid kan ik geen enkele geldige reden bedenken. De olie- en gasindustrie boekt momenteel recordomzetten en dito winsten. Volgens de berekeningen van een financieel analist zullen de totale nettoinkomsten van de grootste oliemaatschappijen dit jaar 230 miljard dollar bedragen.[32]

Volgens het Europees Milieuagentschap keerde de Europese Unie in 2001 in totaal 13 miljard euro in de vorm van directe en indirecte subsidies uit aan de kolenindustrie en 8,7 miljard euro aan de olie- en gasindustrie.*[33] In dat jaar heeft Duitsland meer dan 4 miljard euro aan directe subsidies betaald aan zijn kwijnende kolenindustrie, hetgeen neerkomt op 82.000 euro per arbeidsplaats in de mijnen die hiermee werd gered.[34] Groot-Brittannië ondersteunt zijn olie- en gasindustrie door de BTW op haar producten laag te houden, wat het Ministerie van Financiën jaarlijks ongeveer 1,4 miljard euro kost.[35]

---

* Directe subsidies zijn rechtstreekse overheidsbetalingen aan de industrie. Indirecte subsidies zijn belastingvoordelen en andere tegemoetkomingen.

In het begin van 2006 berekenden Joseph Stiglitz, voormalige hoofdeconoom bij de Wereldbank, en Linda Bilmes, econome bij Harvard University, in wat ze een 'zeer conservatieve' schatting noemden, dat de oorlog in Irak de Verenigde Staten tot dusver tussen de 1 en 2 biljoen dollar heeft gekost.[36]

Als we in herinnering brengen dat er maar een betrekkelijk klein deel van de kosten van het aanpakken van klimaatverandering door overheden zal worden gedragen, blijkt duidelijk dat dit geen keuze is tussen overheidsbestedingen aan klimaatbeleid en overheidsbestedingen aan ontwikkelingshulp en essentiële openbare voorzieningen. Het is een keuze tussen bestedingen aan klimaatbeleid en bestedingen aan steenkool, olie, wegen, landbouwsubsidies, milieuvernietiging en onverantwoorde oorlogen. We zouden ons moeten afvragen waarom het voor onze regeringen blijkbaar zo gemakkelijk is het geld bij elkaar te krijgen om de biosfeer te vernielen, en zo moeilijk om het geld te vinden om deze te redden.

Toch zal het grootste deel van de kosten niet door overheden maar door bedrijven en burgers worden gedragen. Dit betekent dat we een deel van het geld dat we anders aan andere goederen en diensten hadden kunnen uitgeven nu aan duurder geworden energie zullen moeten besteden. Hoewel de berekeningen uiteenlopen, zal dit waarschijnlijk een deel van de grotere werkgelegenheid teniet doen die anders door hogere economische groei zou zijn ontstaan.[37] Daarbij ga ik er gemakshalve vanuit dat onze regeringen gelijk hebben in hun voorspelling dat we de komende eeuw ononderbroken economische groei zullen kennen wanneer we op de huidige voet verder gaan. Maar deze veronderstelling lijkt steeds onzekerder te worden.

Het wordt langzamerhand steeds duidelijker dat nog tijdens het leven van degenen die nu rond de vijftig zijn, de mondiale aanvoer van olie een piek zal bereiken, om vervolgens af te nemen. Over het precieze moment daarvan, ergens in de komende dertig jaar, zijn de meningen sterk verdeeld. Op het moment van schrijven stellen sommige financiële analisten dat we deze piek nu al hebben bereikt en dat hij alleen achteraf te duiden zal zijn, doordat de olieprijzen bijna exponentieel gin-

gen stijgen.[38] Anderen, die er net zoveel verstand van lijken te hebben, houden vol dat dit waarschijnlijk niet eerder dan het jaar 2037 zal gebeuren.[39] Maar dát het zal gebeuren, daarover is vrijwel iedereen het eens.

In 2005 heeft het Amerikaanse Ministerie van Energie het rapport *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation and Management* gepubliceerd.[40] Daarin stellen de ministeriële adviseurs, onder leiding van energiedeskundige Robert L. Hirsch, dat

> wanneer tijdige beheersmaatregelen uitblijven, dit tot ongekend hoge economische, maatschappelijke en politieke kosten zal leiden.[41]

Het is mogelijk, zo zeggen ze, om de vraag naar olie te drukken en alternatieve energiebronnen te ontwikkelen, maar dit zal zeker '10 tot 20 jaar' vergen.

> Als we wachten tot de mondiale olieproductie piekt voordat een noodprogramma in werking wordt gesteld, zal de wereld meer dan twintig jaar lang worden opgezadeld met een substantieel tekort aan vloeibare brandstoffen … het probleem van het pieken van de wereldwijde conventionele olieproductie is van een heel andere orde dan alle andere problemen waarvoor de moderne industriële samenleving tot nu toe heeft gestaan.[42]

Volgens een schatting van het Internationaal Energie Agentschap gaat bij elke stijging van de olieprijs met 10 dollar per vat, het bruto nationaal product van de rijke landen met 0,4 procent achteruit.*[43] Azië gaat er 0,8 procent op achteruit, Afrika ten zuiden van de Sahara 3 procent.[44] Wanneer de piek komt, kan de prijs van een vat olie stijgen met 100 dollar, of

---

* De olieprijs lijkt eind 2007 de honderd dollar grens te doorbreken. Doordat de dollarkoers ten opzichte van veel andere valuta flink is gedaald, raken de hogere oliekosten de Amerikanen harder dan de Europeanen (nvdv).

200 dollar, of vrijwel elk ander denkbaar bedrag. Het zou, zoals Hirsch suggereert, de ergste economische depressie kunnen ontketenen die de moderne samenleving ooit heeft gekend. Een aantal van de maatregelen die ik in dit boek voorstel zouden we ook zonder klimaatverandering moeten invoeren, om het pieken van de mondiale olieproductie uit te stellen én, wanneer deze piek optreedt, de economische gevolgen ervan te verzachten. Met zo'n oliepiek in ons achterhoofd, lijkt me dat doordachte uitgaven om klimaatverandering te temperen een recessie evengoed kunnen helpen voorkómen als veroorzaken.

Maar zelfs zonder het olieprobleem kan er toch maar één antwoord zijn op de vraag of we het ervoor over hebben, af te zien van een deel – zelfs een groot deel – van de voorspelde economische groei in de vierentwintig jaar tussen nu en 2030 om catastrofale klimaatverandering te voorkomen.* Als wij, inwoners van de rijke landen, niets ondernemen om een dergelijke catastrofe te voorkomen, zullen we de komende jaren waarschijnlijk meer geld in onze portemonnee overhouden dan als we er wél iets aan doen. Dat geld zouden we dan kunnen uitgeven aan – tja, waaraan eigenlijk? Meer auto's, meer vliegreizen, meer Barbiepoppen, meer scampi's? Meer wegen, meer landbouwsubsidies, meer oorlogen? In beide gevallen valt moeilijk in te zien hoe deze geneugten de blijvende ontwrichting van ons leven zullen compenseren die klimaatverandering teweeg zal brengen. Ik zou het nog anders kunnen stellen, maar iemand is mij al vóór geweest.

> Om vierentwintig jaar ijdel vermaak heeft Faustus zijn eeuwige vreugde verloren.[45]

---

* Bij Faust is sprake van vierentwintig jaar ijdel vermaak. Bij het schrijven van de eerste editie van *Heat* was er nog precies vierentwintig jaar te gaan tot 2030; nu niet meer (nvdv).

4 Onze tochtige woningen

Wie heeft zo slecht met schop en spa
Het laatste huis gewroet?
Faust, Deel II, Vijfde Bedrijf[1]

In gesprek met de directeuren van een willekeurig bedrijf dat zijn CO_2-uitstoot niet kan beteugelen, zul je steeds hetzelfde te horen krijgen: het is niet erg, we kunnen anderen betalen om het namens ons te doen. Zo werkt het Europese Emissiehandelssysteem en zo werken de koolstofbudgetten die ik in hoofdstuk 3 heb beschreven trouwens ook. Het is waar dat emissiehandel goedkoper en efficiënter is dan een systeem waarbij iedereen in zijn eigen bedrijf eenzelfde reductie moet realiseren.

Zolang de algehele emissiedoelstelling niet te hoog ligt, zal de overdracht van verantwoordelijkheid goed werken – in theorie althans. Maar naarmate de doelstelling wordt aangescherpt, zullen steeds meer bedrijven hun eigen uitstoot daadwerkelijk moeten beperken in plaats van hun geweten te sussen door deze af te kopen. Een beperking van de broeikasgasuitstoot met 90 procent in de hele economie, betekent dat iedere sector zijn eigen uitstoot met ongeveer datzelfde percentage moet verminderen. Als de uitstoot van bijvoorbeeld het weg- en spoorvervoer, momenteel goed voor 22 procent van de totale Britse uitstoot, slechts gehalveerd wordt, moeten de emissies van de overige sectoren met 98,2 procent worden teruggebracht. Nu denk ik dat ik kan aantonen dat 90 procent nog nét haalbaar is, maar 98,2 procent is duidelijk een brug te ver. Om met reële voorstellen te komen, moet ik kunnen aantonen dat een vermindering met 90 procent niet alleen in

bepaalde sectoren haalbaar is, maar in álle sectoren die ik onder de loep neem.

Ik heb deze opgave voor mezelf iets gemakkelijker gemaakt, door alleen bepaalde delen van de economie door te lichten. Kantoren, overheidsdiensten en de horeca heb ik bijvoorbeeld niet onderzocht, omdat de oplossingen in deze sectoren niet wezenlijk verschillen van wat ik in de volgende vier hoofdstukken ga behandelen, en ik hoop uw aandacht beter vast te houden door niet in herhaling te vervallen. Ik heb de uitstootbeperkende mogelijkheden van slechts een paar van de vele bedrijfstakken in de rijke landen bekeken: als ik een totaaloverzicht had proberen te geven, zou dit een zeer omvangrijk boek zijn geworden. Ik heb me beperkt tot de activiteiten die verantwoordelijk zijn voor 60 procent van de Britse uitstoot, waaronder ook een aantal sectoren die tot de allergrootste uitdagingen behoren.

Het weglaten van het militaire 'bedrijf' in mijn zoektocht is misschien wel mijn ernstigste misser. Het brandstofverbruik hiervan is óf heel moeilijk te beteugelen, óf (op papier) juist heel gemakkelijk, afhankelijk van hoe je er tegenaan kijkt. De supersonische straaljager behoort bijvoorbeeld tot de meest vervuilende technologieën die ooit door de mens is bedacht en een milieuvriendelijke F-35 Joint Strike Fighter zal er nooit komen. Zolang men dit soort vliegtuigen blijft inzetten, zullen zij het klimaat net zo effectief vernielen als hun doelwit. Ik schaar me bij degenen die geloven dat onze strijdkrachten aanzienlijk moeten worden afgeslankt. De meeste troepen hebben geen verdedigingstaak in de ware zin van het woord. Bij gebrek aan overtuigende vijanden – in de vorm van goed bewapende en agressieve buurlanden – ben ik van mening dat landen als Groot-Brittannië hun overzeese militaire operaties tot vredesmissies zouden moeten beperken, net zo goed uit milieuoogpunt als omwille van de overheidsfinanciën en de internationale vrede. Maar ik ontsla mezelf van het op deze plaats verder onderzoeken van deze kwestie, en wel om de reden dat ik daarvoor een tweede boek nodig zou hebben.

In dit hoofdstuk neem ik onze woningvoorraad onder de loep en probeer erachter te komen in hoeverre we onze huishoudelijke broeikasgasemissies omlaag kunnen brengen door efficiënter met energie om te gaan. Gaandeweg ontdek ik dat de haalbare rendementen lager zijn dan ik aanvankelijk had gehoopt en daarom onderzoek ik in de volgende drie hoofdstukken hoe de warmte en elektriciteit die we in onze huizen en in de rest van de economie gebruiken klimaatvriendelijker kunnen worden geproduceerd. Mijn doel hierbij is aan te tonen dat we door een combinatie van efficiënter energiegebruik en nieuwe manieren van elektriciteitsopwekking een uitstootbeperking van 90 procent kunnen bereiken zonder dat de lampen of centrale verwarming uitvallen. In hoofdstuk 8 kijk ik hoe we de uitstoot van het weg- en spoorvervoer met 90 procent kunnen verminderen, en in hoofdstuk 9 doe ik hetzelfde voor de luchtvaart. In hoofdstuk 10 verken ik de mogelijkheden om een vermindering van 90 procent te bereiken in de emissies van twee bedrijfstakken die verhoudingsgewijs veel CO_2 uitstoten: de detailhandel en de cementindustrie. Maar eerst wil ik u het curieuze probleem van de energie-efficiëntie voorleggen.

Mensen die het probleem van de CO_2-uitstoot voor het eerst ter harte nemen maken heel vaak, en ook heel begrijpelijk, dezelfde denkfout: ze verwarren energie-efficiëntie met energiebesparing. Ze gaan ervan uit dat als een bepaald apparaat 30 procent minder energie gebruikt dan het model dat het vervangt, men daarmee 30 procent energie heeft bespaard. Dat dacht ik zelf ook – tot ik de pech had het Khazzoom-Brookes-postulaat tegen te komen.

Dit postulaat stelt het volgende. Naarmate energie efficiënter wordt gebruikt, kunnen burgers en bedrijven met dezelfde hoeveelheid energie méér doen, dat wil zeggen relatief meer 'diensten' leveren, aan zichzelf of aan anderen, waardoor de energiekosten per geleverde eenheid dalen. Dit heeft twee consequenties. De eerste is dat geld dat je anders aan energie had uitgegeven nu aan andere dingen kan worden besteed. Het tweede effect is dat door het efficiënter worden van energie-

verslindende processen deze financieel aantrekkelijker ogen dan eerst. Bij een beslissing over hoe je het vrijgekomen geld gaat besteden, zul je daarom in processen investeren die energie-intensiever zijn dan je anders zou hebben gedaan. Het opmerkelijke resultaat van dit alles is dat, in een vrije markt, toegenomen energie-efficiëntie juist tot een *hoger* energieverbruik kan leiden.

Het klinkt absurd, ik weet het, en toen ik er voor het eerst mee werd geconfronteerd was mijn instinctieve reactie om het weg te rationaliseren. Maar helaas: de feiten beslisten anders.

Het postulaat is genoemd naar twee economen, Daniel Khazzoom en Len Brookes, die hun theorie in 1979 en 1980 ontwikkelden.[2] Het door hen beschreven effect is echter al veel eerder opgemerkt. In zijn boek *The Coal Question* uit 1865 zet Stanley Jevons uiteen hoe een besparing van meer dan tweederde op de hoeveelheid steenkool die nodig was om een ton ijzer te produceren 'tussen 1830 en 1863 in Schotland werd gevolgd door een vertienvoudiging van het totale [steenkool]verbruik'[3] In de jaren sinds het verschijnen van Jevons boek is over de hele wereld de energie-efficiëntie met gemiddeld één procent per jaar toegenomen.[4] Dat is op zich geen verrassing. De stoommachine die Thomas Newcomen in 1712 bouwde had een rendement van 0,5 procent,[5] terwijl een goede dieselmotor tegenwoordig zo'n 45 procent van zijn brandstof in bruikbare arbeid omzet.[6] Maar in al die tijd, met uitzondering van enkele kortstondige terugvallen toen de prijs door een energiecrisis werd opgestuwd, heeft het mondiale energieverbruik steeds een stijgende lijn vertoond. Tussen 1980 en 2002 is het verbruik in de dertig rijkste landen met 23 procent toegenomen[7] – terwijl deze landen in dezelfde periode hun meest energie-intensieve bedrijfstakken juist naar armere landen hebben geëxporteerd. Er zijn aanwijzingen dat dit is gebeurd omdat de energiekosten per geleverde dienst zijn gezakt.[8] Het Khazzoom-Brookes-postulaat lijkt aldus te verklaren waarom het de grote concerns door het najagen van eigen kostenbesparingen nog niet is gelukt de planeet te redden.

Ik moet erop wijzen dat dit nog altijd een 'postulaat' is, een onbewezen stelling, die door sommige energiedeskundigen hevig wordt aangevochten. Maar omdat ik mijn voorstellen zo sluitend mogelijk probeer te maken, zal ik ervan uitgaan dat Khazzoom en Brookes gelijk hebben. Als dat niet het geval is, kan dat voor mijn voorstellen geen kwaad. Maar als ze het wel bij het rechte eind hebben en we hun ideeën negeren, lopen we het risico een klimaatprogramma te ontwikkelen dat niet werkt.

Dit postulaat is verwant aan, maar niet helemaal hetzelfde als, de andere grote paradox van energie-efficiëntie: het zogeheten 'rebound'-effect. Terwijl het Khazzoom-Brookes-postulaat betrekking heeft op de economie als geheel (het macro-economisch niveau), werkt het rebound-effect in je eigen portemonnee (het micro-economisch niveau). Het werkt als volgt. Als je in een goed geïsoleerd huis woont, hoef je minder gas te stoken om de kamers op een bepaalde temperatuur te houden. Maar omdat je gasrekening dan lager uitvalt, kun je in de verleiding komen je thermostaat hoger te zetten. Moderne automotoren zijn veel efficiënter dan vroeger, maar de hoeveelheid brandstof die ze verbruiken is de laatste twintig jaar amper verminderd. Naarmate de autobezitter minder aan brandstof uitgaf, konden de autofabrikanten hun voertuigen groter, zwaarder en sneller maken en ze bovendien uitrusten met zaken als stuurbekrachtiging, airco en raamverwarming.

Het rebound-effect werkt over het algemeen niet zo sterk als het Khazzoom-Brookes-postulaat op macro-economisch niveau doet. Terwijl het tweede stelt dat het energiegebruik *stijgt* als gevolg van efficiëntieverbeteringen, zorgt het rebound-effect er slechts voor dat het gebruik niet zoveel daalt als anders het geval zou zijn.[9] Het is minder omstreden dan het postulaat.

Door de meeste mensen van de milieubeweging worden deze paradoxen vrolijk genegeerd. In hun boek *Natural Capitalism* schrijven Paul Hawken en Amory en Hunter Lovins – in andere opzichten innovatieve en overtuigende denkers – bijvoorbeeld dat ze

> het lang gekoesterde misverstand uit de wereld willen helpen dat *core business values* niet samen kunnen gaan met verantwoordelijkheid voor het milieu, of dat deze aan elkaar tegengesteld zijn.[10]

Een van de voorbeelden die ze aanhalen om aan te tonen dat energie-efficiëntie in zowel zakelijk als milieuopzicht voordelig kan uitpakken, betreft de afhandeling van het luchtverkeer. Om 'luchthaven- en landingsrechten te monopoliseren', dwingen veel luchtvaartmaatschappijen hun passagiers momenteel eerst naar grote luchthavens te vliegen (de zogenaamde 'hubs') en pas van daaruit een lijnvlucht naar hun eindbestemming te nemen. Als ze gebruik zouden maken van 'kleinere en frequentere vliegtuigen die rechtstreeks van vertrekpunt naar eindbestemming gaan', zou 'het vliegtuigvervoer minder kosten, minder brandstof gebruiken, minder geluidsbelasting veroorzaken en *point-to-point* ongeveer twee keer zo snel zijn'.[11]

Dit is natuurlijk wel waar. Maar als het vliegen goedkoper en sneller wordt, zullen meer mensen zich zo gaan verplaatsen, met als gevolg uiteindelijk waarschijnlijk juist *meer* uitstoot. Dit wordt uitstekend geïllustreerd door het door de schrijvers zelf aangehaalde voorbeeld van Southwest Airlines, die zijn winsten heeft weten te vergroten door zijn passagiers sneller in en uit het vliegtuig te krijgen.[12] Dat zijn winsten zijn gestegen komt juist door het feit dat de doorgevoerde efficiëntieverbeteringen het nu mogelijk maken meer klanten af te handelen. Deze consequentie zien de schrijvers op de een of andere manier over het hoofd.

Met dit alles wil ik geenszins stellen dat we niet moeten proberen efficiënter met energie om te gaan. Maar wat deze paradoxen lijken aan te tonen is dat een dergelijk streven zonder fatsoenlijk overheidsbeleid niet alleen verspilde moeite is, maar zelfs contraproductief werkt. Zo gaven de regeringen van Australië, de Verenigde Staten, China, India, Japan en Zuid-Korea in januari 2006 het startsein voor wat ze de 'Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate' hebben genoemd. Dit samenwerkingsverband, door Austra-

lië en de vs bedacht als alternatief voor het Kyoto-verdrag, verschilt daarvan doordat het géén bindende doelstellingen kent voor het terugdringen van broeikasgasemissies. In plaats daarvan steunt het volledig op het ontwikkelen en uitwisselen van nieuwe energiebesparende en klimaatvriendelijke technologieën.[13] Als we het Khazzoom-Brookes-postulaat mogen geloven, heeft het initiatief geen enkele kans van slagen.

Hier hebben we dus opnieuw een sterk argument voor het invoeren van klimaatbudgetten. Om efficiëntieverbeteringen in ons voordeel te laten werken, in plaats van juist daartegenin, moet er een limiet worden gesteld aan de wereldwijde broeikasgasuitstoot. En de enige eerlijke manier om zo'n limiet te stellen, is door iedereen hetzelfde budget te geven. Alleen dan wordt efficiëntieverbetering zinvol.

In de context van woningen, het onderwerp van dit hoofdstuk, meen ik een derde paradox te hebben ontdekt: dat regulering tot een netto-toename van de menselijke vrijheid leidt. Dit was geen gezochte vondst. Ik stuitte er bij toeval op, bij het ontdekken van iets anders: dat mijn woning een ecologische ramp is.

In de twee jaar sinds de aankoop van ons huis ben ik er langzaam achtergekomen dat er nauwelijks een euvel is waar deze woning *niet* aan lijdt. De muren en vloeren zijn niet geïsoleerd, de ramen rammelen in de kozijnen, de dakisolatie heeft twintig centimeter brede kieren en de lampen zijn in het plafond ingebouwd – waardoor veel van ons stroomverbruik louter ter verlichting van de onderkant van de vloerplanken dient.

De man van wie we de woning hebben gekocht is vastgoedontwikkelaar. Toen hij het huis kocht van de zoon van de oude vrouw die er tot het eind van haar leven woonde, was het een bouwval. Aan het opknappen van het pand zal hij zo'n 60.000 pond hebben uitgegeven. Als hij er duizend pond bij had gedaan, had hij mijn gasrekening in één klap gehalveerd. De dakisolatie fatsoenlijk aanleggen had hem nauwelijks iets gekost. Effectieve spouwmuurisolatie zou wat duurder zijn

geweest, maar een deel van deze kosten had hij kunnen compenseren door normale verlichtingsarmaturen te gebruiken in plaats van de ingebouwde plafonnières. Aangezien hij de vloerplanken toch aan het slopen was, was het weinig extra moeite geweest een paar isolatiedekens uit te rollen.

Zouden we dat nu moeten doen, dan moet het huis volledig binnenste buiten worden gekeerd. De plafonds zouden eruit moeten, de vloeren opengebroken, de ingebouwde planken en muurkasten losgehaald, en wijzelf naar een andere woning tot de werkzaamheden achter de rug zijn. Het zou ons ongeveer 20.000 pond kosten om het allemaal in orde te maken, terwijl het huis amper in waarde zou stijgen. Als we er het geld voor hadden, zou het verstandiger zijn om een windturbine op een berg te laten zetten.

Ironisch genoeg hadden we het huis juist deels om milieuredenen gekocht. Het ligt dichtbij het stadscentrum en er zijn goede fietspaden en openbaar vervoersvoorzieningen, waardoor we geen auto nodig hebben. Er is in het huis veel natuurlijk licht en de dichtstbijzijnde volkstuinen zijn er maar honderd meter vandaan, waardoor ik klimaatneutrale groenten kan telen. Maar omdat de vastgoedontwikkelaar aan geen enkele energienorm hoefde te voldoen, werden *wij* in onze mogelijkheden beperkt. In mijn stad, waar de oudste huizen juist het dichtst bij het centrum liggen, is er vrijwel geen enkele energiezuinige woning waar je een klimaatvriendelijk leven zou kunnen leiden.

De bouwvoorschriften voor renovatie, in tegenstelling tot nieuwbouw, zijn uiterst karig en weinig dwingend.[14] Bovendien kwamen we er achter dat de voorschriften waaraan de ontwikkelaar wél had moeten voldoen, niet zijn nageleefd.

Wanneer een pand op fatsoenlijke wijze wordt gerenoveerd, moet het twintig of dertig jaar mee kunnen. In Groot-Brittannië wisselt een huis gemiddeld eens per zeven jaar van bewoners,[15] en dus zullen er gedurende die periode drie of vier huishoudens wonen. Door het invoeren van strengere bouwvoorschriften zou één groep mensen worden gedwongen hun werk goed uit te voeren, zodat drie of vier 'generaties'

bewoners worden gevrijwaard van hoge energielasten. Zelfs binnen een in andere opzichten licht gereguleerd systeem van het soort dat klimaatbudgetten toelaat, zouden strenge bouwvoorschriften tot een netto-uitbreiding van de menselijke vrijheid leiden.

Maar de Britse regering houdt vol dat strengere regels 'een onnodige ingreep in de markt' zouden zijn,[16] die mensen zou beperken in hun dagelijkse levenskeuzen. Toen men er bij de Minister van Huisvesting en Ruimtelijke Ordening, Yves Cooper, op aandrong dat ze fatsoenlijke energienormen voor woningrenovatie moest invoeren, zei ze dat dit zou neerkomen op 'overbodige regelgeving'.[17] Iedere keer dat ik mijn gasrekening betaal, hoor ik het haar zeggen.

Dat onze woningen verantwoordelijk zijn voor zo'n groot deel van ons energiegebruik, is deels te wijten aan het ernstige tekortschieten van de overheid op dit gebied. Terwijl de totale vraag naar energie in Groot-Brittannië tussen 1990 en 2003 met 7,3 procent steeg, was de stijging van het huishoudelijk energieverbruik ongeveer 19 procent.[18] Al met al zijn onze woningen, en alles wat we erin doen, momenteel verantwoordelijk voor 31 procent van het landelijk energieverbruik,[19] waarvan 82 procent voor water- en ruimteverwarming.[20] Dit laatste is sinds 1970 met 36 procent gestegen.[21]

Dat we meer energie zijn gaan gebruiken om onze woningen te verwarmen, komt deels omdat de gemiddelde luchttemperatuur in huis is toegenomen: tussen 1991 en 2003 van 15,5 tot 19 graden.[22] Daar is op zich niets mis mee: veel mensen, vooral ouderen, hebben hun leven lang in woningen doorgebracht die zó koud waren dat ze gerust levensbedreigend te noemen zijn. Maar dit verhoogde comfort had ook makkelijk kunnen worden bereikt *zonder* een stijging van de hoeveelheid energie die voor verwarming wordt gebruikt. Er zijn zelfs huizen – ik kom er later in dit hoofdstuk nog op terug – waar de gemiddelde temperatuur boven de 19 graden ligt zonder dat er enige vorm van verwarming aan te pas komt. Maar helaas, de gemiddelde Britse woning is niet veel meer dan een soort verwarmde tunnel: ze houdt ons bijna bij toeval warm

doordat hete lucht langs ons heen stroomt op weg naar de buitenwereld.

Er zijn in Groot-Brittannië 17 miljoen woningen met spouwmuren, maar slechts 6 miljoen met spouwmuurisolatie.[23] Aangezien het inspuiten van minerale vezels zichzelf binnen twee tot vijf jaar terugverdient,[24] moeten de 65 procent van huizenbezitters die ervoor hebben gekozen dit niet te doen óf zo arm zijn dat ze zich zo'n investering niet kunnen permitteren, óf zo slecht geïnformeerd dat ze nooit van deze ingreep hebben gehoord, óf zich ervan bewust zijn dat iemand anders voor de verwarmingskosten opdraait (de huurder), dan wel een pervers genoegen scheppen in het gooien met geld. In 2002 had 10 procent van onze woningen nog geen enkele vorm van isolatie – noch onder het dak, noch tussen de muren, noch onder de vloeren.*[25]

In 2004 kondigde de Britse regering aan, iedereen die een woning wilde uitbouwen te gaan verplichten de isolatiewaarde van het hele pand te verbeteren.[26] De achterliggende gedachte was vrij duidelijk: hoe groter het huis, hoe meer warmteverlies. Door de rest van het huis beter te isoleren zou je het effect van de uitbreiding dus compenseren. Maar toen de nieuwe bouwvoorschriften in september 2005 verschenen, bleek dit plan op het laatste moment te zijn ingetrokken, samen met enkele andere vooruitstrevende maatregelen. In de woorden van Andrew Warren, directeur van de Association for the Conservation of Energy:

> de bouwvoorschriften zullen verlaat in werking treden en zijn met opzet sterk afgezwakt.[27]

Zelfs de voorschiften voor nieuwe woningen, waarbij toezicht op handhaving veel minder politieke hoofdbrekens zou ver-

---

* De situatie die Monbiot hier beschrijft heeft betrekking op de Britse woningsituatie. De kwaliteit van het Nederlandse woningbestand is aanzienlijk beter, hoewel ook hier met de zelfde principes nog veel verbetering en klimaatwinst mogelijk is (nvdv).

oorzaken, zijn aanzienlijk zwakker dan oorspronkelijk door de regering aangekondigd. Hoewel het aanvankelijk de bedoeling was dat het energieverbruik onder de nieuwe voorschiften met 25 procent zou dalen, zal nu hooguit 18 procent worden behaald, zelfs als de voorschriften worden nageleefd.[28] Maar beide doelstellingen raken kant noch wal.

Een huis dat in Noorwegen en Zweden aan de landelijke bouwvoorschriften voldoet, heeft ongeveer één kwart van het energieverbruik van een goedgekeurde woning in Engeland en Wales.[29] Het gaat zelfs zover dat de Zweedse bouwvoorschriften al in 1978 strenger waren dan de huidige Britse regels.[30] In Nederland en Duitsland is de norm voor luchtdichtheid – de mate waarin een gebouw mag 'lekken' – drie keer strenger dan in Groot-Brittannië.[31]

Zelfs op de uiterst zwakke regels die hier wél gelden wordt amper toezicht uitgeoefend. Normen voor energie-efficiëntie zijn voor het eerst in 1985 ingevoerd, maar sindsdien is er nooit iemand veroordeeld voor het niet naleven daarvan.[32] Dit komt heus niet omdat de bouwfirma's zich zo strikt aan de regels houden. Bij een onderzoek naar nieuwe gebouwen die stuk voor stuk voorzien waren van een certificaat dat verklaarde dat ze aan de voorschriften voldeden, stelde het Britse Building Research Establishment vast dat 43 procent ervan eigenlijk had moeten worden afgekeurd.[33] Het hoofd van deze organisatie, Professor David Strong, heeft eens gezegd dat er genoeg nieuwe woningen zijn met de voorgeschreven hoeveelheid isolatiemateriaal op zolder – nog helemaal in de verpakking, omdat de bouwploeg heel goed wist dat er toch niemand naar zou kijken en daarom niet eens de moeite nam het spul uit te rollen.[34]

Een van de redenen dat het zover heeft kunnen komen, is dat de regering aannemers toestaat hun certificaten voortaan bij de particuliere sector mogen halen. In het verleden was het toezicht op naleving van de bouwvoorschriften een zaak van de lokale overheid, maar tegenwoordig kun je bij een 'officiële inspecteur' aankloppen om een pand te laten keuren. Deze inspecteurs beconcurreren elkaar voor opdrachten en gaan volgens Strong bij de beoordeling van de energiezuinigheid van

een pand 'volledig subjectief' te werk.[35] Het onvermijdelijke gevolg is dat ze hun best doen geen al te strenge reputatie op te bouwen, omdat anders geen aannemer meer bij ze aanklopt.[36] Deze opzet is niet alleen in Groot-Brittannië rampzalig gebleken. Ook in Zweden is sinds het overdragen van de inspectiebevoegdheid aan de particuliere sector de kwaliteit van de woningen achteruitgegaan.[37]

Er zijn volgens mij *überhaupt* geen prikkels voor aannemers om de energie-efficiëntieregels na te leven. Je loopt weinig kans betrapt te worden, en als dat onverhoopt toch gebeurt blijft vervolging uit. Terwijl kopers van een nieuwbouwwoning tegen het niet naleven van diverse voorschriften verzekerd zijn, wordt er in het geval van de energievoorschriften géén dekking gegeven, waardoor aannemers ook van de kant van de verzekeraars niets te vrezen hebben.[38] Het is goedkoper om slechte huizen te bouwen dan goede.

Groot-Brittannië wordt op het moment van schrijven door de Europese Unie aangeklaagd voor het niet uitvoeren van de nieuwe Europese richtlijn over de 'energieprestatie van gebouwen'.[39] Een van de zinnige ideeën die in deze richtlijn staan is een 'energielabel' voor woningen: als je een huis koopt, moet je kunnen zien hoe energiezuinig het wel of niet is. Toch hebben we in dit land wel een soortgelijk systeem,* waaraan men zich volgens de bouwvoorschriften dient te houden. Onderzoekers van de De Montfort University hebben vastgesteld dat 98 procent van Britse aannemers aan huizenkopers niet de informatie geven waarop ze recht hebben.[40]

Dat het allemaal zo hopeloos verloopt heeft een simpele reden. David Strong zegt dat de slechte kwaliteit

> voortvloeit uit zeer effectieve lobbyinspanningen in Groot-Brittannië door organisaties … die nauwelijks animo hebben verandering te brengen in hun arbeidsroutines of in de kwaliteit van de gebouwen die ze afleveren.[41]

---

* De zogenaamde Standard Assessment Procedure, of SAP.

Er zijn hier natuurlijk ook goede aannemers, maar de overheid heeft de kant van de slechte gekozen. Daardoor heeft ze het bouwen van fatsoenlijke woningen vrijwel onmogelijk gemaakt. Dit komt omdat de huidige bouwvoorschriften geen ondergrens aan energieprestaties stellen, maar wel impliciet een bovengrens: geen bouwbedrijf zal een woning bouwen die beter is dan de voorschriften vereisen, tenzij de klant daar specifiek om vraagt.

Wat dit allemaal zo frustrerend maakt is dat, terwijl de regering zich beraadde over welke energievoorschriften van kracht moesten worden, er nieuwe gebouwen verrezen die concreet laten zien hoe verbluffend veel mogelijkheden er zijn om het energiegebruik te beteugelen. Het prototype hiervan is het zogenaamde passiefhuis, dat eind jaren '80 in Duitsland is ontwikkeld.

Passiefhuizen worden niet gebouwd volgens één standaardrecept: van buitenaf ziet zo'n woning er niet veel anders uit dan een willekeurige nieuwbouwwoning. Maar eenmaal binnen merk je al gauw iets vreemds: er is geen actief koel- of verwarmingssysteem.[42] Deze huizen hebben geen radiatoren en geen airco, en er is zelfs geen houtkachel nodig. Alle vereiste warmte is afkomstig van het zonlicht dat door de ramen schijnt en van de lichaamswarmte van de bewoners.

Je zou zeggen: dit is vragen om moeilijkheden, maar onderzoek bij meer dan 100 passiefhuizen heeft uitgewezen dat de kamertemperatuur gedurende de koude Duitse winter gemiddeld 21,4 graden bedroeg:[43] hoger dan de doorsnee temperatuur in een Britse woning. Uit het onderzoek bleek dat zelfs de onbewoonde huizen op 17 graden bleven. In de zomer steeg de temperatuur zelden boven 25 graden.[44]

Er is niets mysterieus aan deze woningen en ze maken beperkt gebruik van nieuwe technologieën. Het enige waar de bouwers voor moeten zorgen is dat het gebouw aan de buitenkant zo luchtdicht mogelijk is en geen koudebruggen bevat. Een koudebrug is materiaal dat warmte gemakkelijk geleidt van binnen de woning naar buiten. Op elk punt – zelfs

waar de muren de grond of het dak raken – moet elke verbinding met de buitentemperatuur door isolatiemateriaal worden onderbroken.

Dit betekent niet dat de woning een afgesloten kist moet zijn. De langzame maar zekere vooruitgang die we boeken bij het dichten van kieren, wordt aangemerkt als een van de mogelijke redenen voor het groeiend aantal mensen dat aan astma lijdt. Passiefhuizen hebben automatische ventilatiesystemen die ervoor zorgen dat alle lucht in de woning iedere drie à vier uur wordt vervangen.[45] Ze maken gebruik van warmtewisselaars, waarbij de koude lucht die het huis binnenstroomt eerst wordt geleid langs de warme lucht die het verlaat, waardoor zo'n 80 procent van deze warmte alsnog wordt benut. (Hiervoor is ook energie nodig, maar veel minder dan bij een traditioneel verwarmingssysteem.) Als je het geheel nog effectiever wilt maken, kun je de verse lucht eerst door een buizenstelsel in de bodem sturen,[46] die 's winters warmer is dan de buitenlucht en 's zomers koeler. Cruciaal is dat de lucht *alleen* door de warmtewisselaars de woning in- en uitstroomt.

De ramen zijn ook belangrijk. In het noordelijke halfrond moeten de meeste ramen op het zuiden gericht zijn. Ze moeten bovendien precies de juiste maat hebben in verhouding tot de grootte van het huis. Zijn ze te klein, dan wordt het huis te koud; te groot, en het wordt te warm. Ze moeten ongeveer eenderde van de benodigde warmte leveren.[47] Om ervoor te zorgen dat ze meer warmte tegenhouden dan doorlaten, moeten ze driedubbele beglazing hebben en super-isolerend zijn. De huizen moeten ook een grote 'warmtemassa' hebben: het materiaal waaruit ze zijn opgetrokken houdt de warmte goed vast, zodat de overdag geabsorbeerde zonnewarmte tot aan de volgende ochtend wordt afgegeven.

Als de bewoners van een passiefhuis ook nog efficiënte apparatuur gebruiken, kan in vergelijking met een conventionele moderne woning van dezelfde grootte ongeveer driekwart op het energieverbruik worden bespaard.[48] Opvallend is dat deze woningen niet eens veel duurder zijn. De additionele bouwkos-

ten bedragen zo'n 10 procent van de totale bouwsom, soms zelfs minder.[49] Een project in het Duitse Freiburg met twintig woningen en een bereikte energiebesparing van 79 procent, kostte bijvoorbeeld slechts 7 procent meer dan een gemiddeld gebouw van hetzelfde type.[50] Sommige ontwerpers van passiefhuizen zeggen dat ze de meerkosten inmiddels tot nul hebben teruggebracht.[51] Dat de kosten zo laag blijven, ondanks de betere bouwkwaliteit en de hogere prijs van sommige materialen, zoals ramen en isolatie, komt doordat er geen koel- of verwarmingssysteem hoeft te worden geïnstalleerd.

Als alle huizen in Groot-Brittannië op miraculeuze wijze vóór het jaar 2030 in passiefhuizen zouden worden veranderd, zouden we al dicht in de buurt komen van onze doelstelling van een vermindering met 90 procent van het huishoudelijk energieverbruik, zelfs voordat we iets hebben gedaan aan de energiebronnen die worden gebruikt om in de resterende behoefte te voorzien. Dit is natuurlijk onhaalbaar, tenzij we in de tussentijd de hele nationale woningvoorraad zouden afbreken en opnieuw opbouwen – dat zou op zichzelf al tot een enorme CO_2-uitstoot leiden. Maar het is schokkend te moeten constateren hoe langzaam dit soort bouwconcepten doordringt, zelfs in de nieuwbouw.

Er zijn nu rond de 4.000 passiefhuizen in Duitsland, 1.000 in Oostenrijk[52] en enkele honderden elders in de wereld.* In Groot-Brittannië zijn ze, enkele uitzonderingen misschien daargelaten, geconcentreerd in een woningbouwproject in het zuiden van Londen dat bedacht is door Bill Dunster, de man die ik er in de inleiding van langs gaf. Gelukkig is zijn architectonische expertise betrouwbaarder dan zijn beweringen over windturbines. De door hem ontworpen Beddington Zero Energy Development (BedZed) heeft wel een verwarmingssysteem, maar gebruikt slechts 10 procent van de energie die een normaal gebouw van dezelfde grootte nodig heeft.[53] De energie wordt bovendien geleverd door houtsnippers afkom-

* In Nederland staan momenteel slechts 14 passiefhuizen (nvdv).

stig van het gemeentelijke snoeihout[54] (bij het stoken van deze snippers wordt ook een deel van de elektriciteit voor het project opgewekt).

Dunster heeft een aantal slimme voorzieningen bedacht. Het isolatiemateriaal voor de warmwatertank zit bijvoorbeeld niet om de tank zelf, maar is aangebracht tegen de wanden van een muurkast waarin deze is geplaatst. De kasten kunnen daarom worden gebruikt om kleren te drogen, waarbij amper warmteverlies optreedt. Bewoners die bij thuiskomst hun woning snel willen opwarmen, kunnen de schuiven in de kastdeur een paar uur open zetten.[55] Hij heeft ook gezocht naar manieren om zuinig met water om te gaan (door op het dak een deel van het regenwater op te vangen) en spoort mensen aan de auto zo weinig mogelijk te gebruiken. Het project omvat kantoorruimte (eveneens als passiefgebouw uitgevoerd), gemeenschappelijk autogebruik, en wandel- en fietsvoorzieningen. Hoewel elke woning een eigen tuin heeft, is BedZed, met 99 woningen en kantoorruimte voor ongeveer 100 mensen, net zo compact gebouwd als woningbouwprojecten in het midden van Londen. Huizen als deze zouden overal gebouwd kunnen worden.

Net als in veel andere rijke landen, wil ook de Britse regering dat er gigantisch veel nieuwe woningen worden gebouwd – 1,2 miljoen tussen nu en 2016 – om alle mensen onder te brengen die hun gezin of familie zo nodig willen ontvluchten. Ik zie niet in waarom al deze nieuwe woningen niet als passiefhuis kunnen worden gebouwd, des te meer omdat als dat *niet* gebeurt de bijdrage van de woningsector aan klimaatverandering in 2030 waarschijnlijk een heel stuk hoger zal zijn dan nu het geval is.[56] Over het algemeen geldt immers: hoe meer woningen, hoe groter het energieverbruik. Maar het enige dat de grootschalige bouw van energiezuinige woningen zou kunnen stimuleren is een set bouwvoorschriften dat *eist* dat het moet gebeuren. Dit betekent dat er een datum moet worden afgesproken voor algehele invoering van passiefhuis-normen – in het jaar 2012, zou ik zeggen – en dat de bouwvoorschriften in de tussentijd stapsgewijs worden

aangescherpt. Dit zou de bouwindustrie een geweldige prikkel geven eindelijk wat meer in onderzoek en ontwikkeling te investeren en haar arbeidskrachten fatsoenlijk op te leiden. In dit land komen aannemers momenteel weg met praktijken die nauwelijks onderdoen voor de toestand rond 1900, het bouwjaar van mijn huis.

Zolang onze regeringen niets aan de bestaande bouwvoorschriften doen, wordt elk stelsel van klimaatbudgetten bij voorbaat ondergraven en is het stellen van een limiet aan onze CO_2-uitstoot gedoemd te mislukken. Mensen die zodanig zijn gehuisvest dat ze zich onmogelijk een klimaatvriendelijke levensstijl kunnen aanmeten, zullen het nooit accepteren dat ze hun algehele uitstoot met 30 procent moeten beperken, laat staan met 90 procent. Het instellen van een emissieplafond zonder degelijke bouwvoorschriften komt er écht op neer dat er van mensen wordt verlangd dat ze, om warm te blijven, rond een stuk smeulende turf moeten samen kruipen.

Vergeleken bij de vraag wat we met de bestaande woningvoorraad aan moeten, is het probleem van de nieuwbouw echter een peulenschil.

Van alle huizen die in Groot-Brittannië worden gebouwd, zijn er maar weinig die in de plaats komen van bestaande woningen. Er worden jaarlijks zo'n 160.000 nieuwe huizen gebouwd, terwijl slechts 15.000 worden gesloopt: 0,06 procent van de totale woningvoorraad van 25,5 miljoen.[57] In dit tempo zal het bijna 1.700 jaar duren voordat alle oude woningen zijn vervangen. In 2005 heeft het Environmental Change Institute van de Universiteit van Oxford geopperd dat dit tempo verviervoudigd zou moeten worden, willen we enige kans maken op het halen van de bescheiden regeringsdoelstelling van 60 procent vermindering van onze totale broeikasgasuitstoot vóór het jaar 2050.[58] Dit voorstel bleek toen bij sommigen verkeerd te vallen, niet in het minst bij die mensen die beweerden dat de klimaatgevolgen van het slopen en vervangen van deze oude woningen groter zouden zijn dan de aldus bereikte besparingen. Maar er moet wel íets gebeuren, want bij ongeveer 2 miljoen van deze wo-

ningen lijkt kosteneffectieve verbouwing domweg onhaalbaar.*[59]

Er is nauwelijks een overtuigender bewijs voor de lage prioriteit die energie-efficiënt wonen geniet, dan het volledig gebrek aan onderzoeksgegevens over de energiekosten van het slopen van inefficiënte woningen in vergelijking met de energiekosten van het laten staan ervan. Het rapport van het Environmental Change Institute haalt twee artikelen aan om zijn bewering te staven dat

> als een oud inefficiënt gebouw door een nieuw, efficiënt gebouw wordt vervangen, het … energieverbruik van het bouwproces binnen een paar jaar zal zijn terugverdiend.[60]

Maar in deze twee artikelen is dat niet terug te vinden.**[61,62]

Hoe het ook zij, we zullen ervan uit moeten gaan dat verreweg de meeste huizen die er nu staan er in 2030 nóg zullen staan, zodat het grootste gedeelte van de beoogde besparingen binnen de bestaande woningvoorraad zal moeten plaatsvinden – hoe zeer dat onze taak ook bemoeilijkt. Hoe dit kan worden bereikt, heb ik al aangegeven: via bouwvoorschriften die scherpere regels aan renovaties en verbouwingen stellen. Het zou bijvoorbeeld verplicht moeten worden om, elke keer als een vloer wordt gelicht, een muur gestukadoord of een dak vervangen, de werkzaamheden te combineren met het aanbrengen van isolatie, het dichten van kieren en het opheffen van koudebruggen. Hoewel renovatie er nooit voor kan zorgen dat onze bestaande woningen op passiefhuis-niveau komen, wordt door de Britse regering ingeschat dat het 'technisch potentieel' voor energiebesparing binnen de woningvoorraad als geheel tussen 40 en 42 procent ligt.[63] Het Hogerhuis, dat

---

* Op de eerder aangehaalde SAP-schaal halen ze een score van 30 uit een maximum van 120.

** Eén artikel geeft slechts een vergelijking voor 'houten materialen'; de andere bekijkt alleen de energiekosten van isolatie.

een onderzoek naar deze materie instelde, noemde deze schatting 'betrekkelijk conservatief'.[64]

Een aanscherping van de regels rond woningrenovatie kan natuurlijk ook de onbedoelde consequentie hebben dat het een dusdanige rem op verbouwingen zet dat woningen minder energie-efficiënt blijven dan anders het geval zou kunnen zijn. Het instellen van klimaatbudgetten zal woningrenovatie sterk stimuleren, maar vanwege de kostenfactor zal dat waarschijnlijk met andere maatregelen moeten worden aangevuld. Zo zouden lokale overheden een regeling kunnen instellen waarbij de overdrachtsbelasting die mensen moeten betalen bij woningverkoop gedeeltelijk wordt teruggegeven om een deel van de verbouwingskosten te dekken.[65]

Net als in een aantal andere landen zijn in Groot-Brittannië gas- en stroomleveranciers verplicht een deel van hun inkomsten te besteden aan activiteiten die huishoudens helpen hun energierekening omlaag te brengen.*[66] Hoewel het onduidelijk is of dit tot belangrijke besparingen leidt,** is het een goed voorbeeld van een stimuleringsmaatregel die de regering helemaal niets kost. Maar onze regelingen zijn hopeloos ontoereikend, als we ze vergelijken met de programma's in andere landen. Vlak nadat Angela Merkel in november 2005 aantrad als Bondskanselier, kondigde ze aan dat haar regering jaarlijks omgerekend bijna anderhalf miljard euro zou investeren om te bereiken dat 5 procent van de vóór 1978 gebouwde woningen dusdanig zullen worden gerenoveerd dat ze aan hoge energieprestatienormen voldoen: binnen twintig

---

* Dit staat in Groot-Brittannië bekend als de Energie-Efficiëntie-Verplichting.

** In theorie leidt dit tot een verminderde uitstoot van 0,7 miljoen ton koolstof per jaar – op een totaal van 40 miljoen ton dat met ons huishoudelijk energieverbruik samenhangt.[67] Helaas is dit slechts de helft van de uitstoot afkomstig uit de nieuwe gebouwen die elk jaar worden opgetrokken. Maar ook deze besparing zou een schijnbesparing kunnen zijn, want de regering kan met geen mogelijkheid weten hoeveel hiervan door het rebound-effect verloren gaat.[68]

jaar moet iedere Duitse woning luchtdicht en goed geïsoleerd zijn.*

Een bijzonder probleem vormt de problematische relatie tussen (vooral particuliere) verhuurders en huurders. Omdat de gas- en elektriciteitsrekeningen doorgaans door de laatsten worden betaald, bestaat er voor de eerste geen stimulans de energieprestatie van de woning en de daarin geïnstalleerde apparatuur te verbeteren. Een beleid op basis van klimaatbudgetten zou daarom voor huurders heel nadelig kunnen uitpakken: ze kunnen nog zo'n sterke motivatie hebben om de energieprestatie van hun woning te verbeteren, het ontbreekt ze aan mogelijkheden om dat te bereiken.

Er zijn verschillende instrumenten voorgesteld om verhuurders te bewegen hun panden in dit opzicht te verbeteren, en de Britse regering heeft zelfs speciaal voor hen een belastingmaatregel ingevoerd (de kosten van isolatie kunnen bij de inkomstenbelasting worden afgetrokken[69]). Maar we hoeven wat mij betreft niet al teveel medelijden met ze te hebben. Particuliere verhuurders zijn nu al verplicht diverse veiligheidsvoorzieningen (zoals branddeuren en -trappen) in een pand te installeren voordat ze het mogen verhuren, en iedereen vindt het volstrekt logisch dat zij de kosten hiervan behoren te dragen. In het verlengde hiervan lijkt mij dat elke woning die verhuurd wordt eerst aan een reeks energiecriteria moet voldoen en dat het aan de verhuurder is de benodigde verbeteringen te betalen.

Hoezeer we de kwaliteit van onze woningen ook weten te verbeteren, daarmee hebben we het dreigende gevaar van een almaar stijgend huishoudelijk energieverbruik nog niet afgewend. Dit wordt mede veroorzaakt door de explosieve groei van het aantal elektronische apparaten.

---

* In Nederland heeft de overheid met de bouwsector afgesproken jaarlijks 300.000 woningen uit de bestaande voorraad te renoveren met extra aandacht voor de energiekwaliteit (nvdv).

In eenendertig jaar tussen 1974 en 2005 steeg het Britse huishoudelijk stroomverbruik voor verlichting en apparatuur jaarlijks met 2 procent.[70] Woningen zijn nu verantwoordelijk voor een kwart van het landelijke elektriciteitsverbruik. Dit komt deels doordat we steeds méér apparaten in huis hebben (tussen 1990 en 2003 steeg bijvoorbeeld het aantal huishoudens met een videorecorder van 59 tot 88 procent[71]), deels omdat onze tv's, koelkasten en wasmachines almaar groter zijn worden, en deels omdat er steeds weer nieuwe apparatuur op de markt komt. Hoewel sommige apparaten, zoals koelkasten en vriezers, tegenwoordig veel efficiënter zijn, geldt dat voor andere hoegenaamd niet. Zo gebruikt een grote plasma-tv bijna vijf keer meer stroom dan een normaal beeldbuismodel.[72] Tot voor kort kreeg een telefoon alle benodigde stroom via de paar milliampère die de telefoonmaatschappijen door de telefoonkabel stuurden, maar tegenwoordig is een exemplaar zonder batterij en stekker nauwelijks meer verkrijgbaar.

Het idiootste van alles is de stroom die we zomaar weggooien, wanneer we onze apparatuur niet gebruiken. Volgens de Britse regering veroorzaakt apparatuur die op standby staat – wel ingeplugd maar niet aangezet – jaarlijks ongeveer 1 miljoen ton emissie van koolstof.[73] Hiermee is de standby-stand verantwoordelijk voor ongeveer 2 procent van het landelijke stroomverbruik.*[74] Dit probleem zou wel eens erger kunnen worden, want de digitale decoders die in rap tempo overal verschijnen, hébben niet eens een aan/uit-knop.[75]

De enige activiteit waarbij het energieverbruik substantieel is gedaald (met 15 procent tussen 1990 en 2003[76]) is koken, maar dat is een schijnbesparing. Dat we nu minder energie gebruiken voor het bereiden van maaltijden komt puur en alleen omdat deze al elders, door anderen, zijn bereid.

---

* In 2004 bedroeg de totale broeikasgasuitstoot van de Britse elektriciteitscentrales 47 miljoen ton koolstof.

De volgende tabel toont het aandeel van de verschillende categorieën apparatuur in het totale huishoudelijke stroomverbruik in Groot-Brittannië.

Type apparaat	*Elektriciteitsverbruik (terawatt-uur [i] per jaar)*
consumentenelektronica (tv's, computers, telefoons, etc.)	10,4
wasmachines, drogers en afwasmachines	11,8
fornuizen, waterkokers en magnetrons	11,9
verlichting	17,4
koelkasten en vriezers	17,5
totaal	73,0

i Een terawatt-uur is gelijk aan 1 miljard kilowattuur
Bron: Environmental Change Institute, Universiteit van Oxford.[77]

De mate van energieverspilling is bij al deze categorieën haast onvoorstelbaar. De compacte fluorescentielampen die we tegenwoordig 'spaarlampen' noemen zijn al meer dan twintig jaar op de markt en verbruiken ongeveer driekwart minder energie dan een ouderwetse gloeilamp. Maar vooralsnog hangen er in de gemiddelde Britse woning welgeteld 0,9 stuks.[78] Aan LED-verlichting (op basis van zogenaamde lichtemitterende dioden) is nog moeilijk te komen, hoewel dit type lamp nog efficiënter is dan een spaarlamp. Een koelkast of vriezer met vacuüm-geïsoleerde wanden (zoals bij een thermosfles) verbruikt ongeveer 12 procent minder stroom dan het gemiddelde conventionele model,[79] maar is via de normale kanalen in dit land nergens te koop. Zo lang de elektriciteit zo goedkoop blijft en de prikkels om te besparen zo minimaal, zijn we vooral bezig het grote potentieel van de nieuwe technologieën te verspelen.

Een beleid op basis van klimaatbudgetten zou mensen permanent stimuleren zuiniger apparatuur te zoeken. De fabrikanten van hun kant zouden dan proberen zulke producten aan te bieden, zelfs als dit niet door regels werd verplicht. Maar om verstandige keuzes te maken, moeten mensen wel weten wát ze

kopen. Hoewel de verplichte Europese energielabels inmiddels zijn verbeterd, heeft het er alle schijn van dat de fabrikanten hun best doen deze zo verwarrend mogelijk te maken.

Een bedrijf dat in de EU koelkasten of vriezers wil verkopen, is bijvoorbeeld verplicht deze van een label te voorzien waarop het stroomverbruik van het apparaat staat vermeld. Oorspronkelijk liepen de categorieën van A tot en met G, met A als meest efficiënte, en de verwachting was dat de norm voor iedere categorie stapsgewijs zou worden aangescherpt. Maar in plaats hiervan heeft de Europese Commissie, onder 'politieke druk van de fabrikanten',[80] eenvoudig twee nieuwe categorieën in het leven geroepen: A+ en A++. De apparaten die als klasse 'A' worden verkocht zouden bijgevolg eigenlijk als 'C' moeten worden aangeboden, terwijl de echte A-merken (A++) nergens te vinden zijn. Energiebewuste mensen, vaak onwetend van deze dubbelzinnigheid, kopen daarom de nep A-merken in de veronderstelling dat deze apparaten de allerzuinigste zijn. Voor apparaten als tv's en computers bestaan er hoegenaamd geen officiële energielabels.

Maar zelfs de zwakke richtlijnen die we wél hebben, zouden wel eens onder druk kunnen komen te staan. In oktober 2005 heeft een groep landen waar veel van dit soort apparaten wordt geproduceerd, waaronder de Verenigde Staten, China en Zuid-Korea, de Wereldhandelsorganisatie ervan proberen te overtuigen dat energielabels een 'belemmering voor de vrije handel' vormen en daarom verboden zouden moeten worden.[81] De onderhandelingen duren nog voort.

Naast deze labels stelt de Europese Unie een aantal minimumeisen aan apparaten als koelkasten en vriezers. Hoe hopeloos zwak deze zijn, blijkt al uit het feit dat apparaten die aan de eisen voldoen nog steeds in prijs blijven dalen, in weerwil van de sombere voorspellingen van de fabrikanten.[82] Het heeft de betrokken bedrijven geen enkele moeite gekost om aan de nieuwe normen te voldoen, waaruit blijkt dat de markt veel strengere eisen had aangekund.

In Japan en Australië gaat het anders. Daar gaat de overheid na welk model het meest efficiënt is en stelt vervolgens

dat alle andere modellen vóór een bepaalde datum ook aan dat niveau moeten voldoen. Door de zwakke regelgeving op dit punt wordt Europa volgens het Britse Hogerhuis 'een dumpplaats voor minder efficiënte goederen'.[83]

Ik zie bovendien niet in waarom we thuis niet mogen aflezen hoeveel stroom onze apparatuur verbruikt. Het zou fabrikanten bijna niets kosten om hun producten van een display te voorzien – zoiets als de digitale thermometer in een koelkast – dat aangeeft hoeveel stroom het gebruikt. Een onderzoek onder Britse huishoudens waar het elektrisch fornuis met een meter was uitgerust, heeft uitgewezen dat er hierdoor gemiddeld 15 procent minder energie voor het koken werd gebruikt.[84]

Uit twee studies is gebleken dat een 'slimme' meter, die het totale elektriciteitsgebruik van de hele woning bijhoudt, het verbruik met ongeveer 12 procent omlaag brengt.[85] Een slimme meter is een klein paneeltje dat op een goed zichtbare plaats hangt – bijvoorbeeld naast de voordeur – en dat een duidelijke digitale display heeft, het liefst in een voor iedereen begrijpelijke meeteenheid, zoals centen per uur. Sommige uitvoeringen laten ook zien hoeveel stroom ieder afzonderlijke apparaat verbruikt. De elektriciteitsmeters die er nu hangen dienen vooral de stroomleverancier. Ze zitten doorgaans op een moeilijk bereikbare plaats en als je je eenmaal een weg door je rommel hebt gebaand blijken ze nagenoeg onbegrijpelijk. Britse onderzoekers stelden vast dat meer dan 50 procent van de volwassenen de gas- en elektriciteitsmeter niet wist te vinden en dat 45 procent ze bovendien niet kan aflezen.[86]

Zoals winkeliers meer geld zouden verdienen wanneer er geen prijskaartje aan de producten zou hangen, zo heeft de stroomleverancier er alle belang bij ons in het ongewisse te laten over ons elektriciteitsverbruik. Dat het anders kan bewijst de Canadese staat Ontario, waar de overheid heeft bepaald dat iedere woning vóór het einde van 2010 een slimme meter moet hebben.[87] De prijs: rond de 250 Canadese dollars per stuk, zo'n 175 euro. In Groot-Brittannië daarentegen heeft de regering – wellicht onder druk van de elektriciteitsmaatschappijen – een poging van de Europese Unie om deze

meters overal te introduceren gedwarsboomd.[88] Een in juli 2006 verschenen energierapport suggereert echter dat zij haar standpunt inmiddels heeft gewijzigd.

Het bedrijf More Associates heeft het idee op een hoger plan getild. Een meter bij de voordeur laat niet alleen zien hoeveel stroom je woning momenteel gebruikt, maar heeft ook een aan/uit-knop: wanneer je de voordeur uitgaat, kun je het hele huis in één keer uitzetten, met uitzondering van specifieke apparatuur die altijd aan moet blijven.[89]

En als we het er toch over hebben, waarom zouden we niet mogen weten hoeveel kooldioxide we hebben geproduceerd? Van voedselfabrikanten krijgen we tegenwoordig te horen hoeveel calorieën hun producten bevatten. Voor gas- en stroomleveranciers zou het toch een kleine moeite zijn bij de maandelijkse afrekening ons CO_2-verbruik te vermelden.

Alles overziend: wat is de maximale besparing op het fossiele brandstofgebruik die we in onze woningen kunnen behalen, en op welk termijn is die te realiseren? Het Environmental Change Institute wilde achterhalen of de klimaatdoelstelling van de Britse regering – een vermindering van 60 procent in de broeikasgasuitstoot vóór 2050 – reëel haalbaar is. Het instituut concludeert dat dit inderdaad kan, zelfs bij een betere verwarming en een lichte stijging van het aantal apparaten, maar ook maar nét.

> Met deze doelstellingen loopt de regering in werkelijkheid tegen beleidsgrenzen op: het zou haast ondenkbaar zijn om … op dit soort termijn … strengere normen te plannen.[90]

En dit was *inclusief* de veronderstelling, door het instituut, dat vrijwel iedere woning met twee 'klimaatvriendelijke of klimaatneutrale technologieën' zou zijn uitgerust, dat wil zeggen zonnecellen, zonneboiler, warmtepomp, houtverbrander, windturbine of micro-warmtekrachtkoppeling.*

---

* In hoofdstuk 6 leg ik dit allemaal uit.

Mij lijkt dit wat te pessimistisch. Het rapport gaat bijvoorbeeld uit van de veronderstelling dat er aan de groei van het aantal huishoudens niets te doen valt. Maar, zoals door klimaatactivist George Marshall naar voren is gebracht, zou een regeling die het voor alleenstaande ouderen gemakkelijker maakt uit hun vaak grote, tochtige woning naar een kleiner, warmer appartement te verhuizen, de behoefte aan nieuwbouw enigszins terugbrengen en tevens tot minder sterfte in de wintermaanden leiden.[91] Toch moeten de door het instituut genoemde obstakels serieus worden genomen: er zijn fysieke grenzen aan de mogelijkheden de bestaande woningvoorraad te verbeteren. Zelfs met de juiste prikkels zouden er dankzij de zoveelste tekortkoming van onze regering – in dit geval een gebrek aan voldoende goed opgeleide installateurs[92] – te weinig mensen zijn om het benodigde werk uit te voeren. Hoe goed de nieuwe inzichten op het gebied van energiebesparing ook worden uitgelegd, sommige mensen blijven hardleers.

Het is niet anders: zelfs na invoering van klimaatbudgetten en een reëel emissieplafond zijn er grenzen aan de energie-efficiëntie. De cijfers van het Environmental Change Institute lijken aan te tonen dat de maximaal haalbare vermindering van het huishoudelijk energieverbruik vóór het jaar 2030 iets meer dan 30 procent bedraagt: ongeveer eenderde van het doel dat ik mij heb gesteld.

Dit betekent dat het grootste gedeelte van mijn bezuinigingen zal moeten komen van een wijziging in de energie*bronnen* die we in onze woningen gebruiken, door een grootscheepse overschakeling naar brandstoffen en elektriciteit die zo weinig mogelijk CO_2-uitstoot veroorzaken. Deze taakstelling, die een heel stuk lastiger is dan veel mensen – vooral voorstanders van hernieuwbare energie – ons willen doen geloven, is het onderwerp van de volgende drie hoofdstukken.

5 Het licht laten branden

Daar heerst de zee, bezield door woeste kracht,
Trekt zich terug en… niets is er volbracht.
Tot wanhoop toe zou 't mij kunnen benauwen,
Zulk doelloos werken der Natuur te aanschouwen.
Faust, Deel II, Vierde Bedrijf[1]

Elektriciteit is net als zuurstof: je merkt het pas als het er niet meer is. We beseffen vaag dat veel van wat we doen zonder elektriciteit onmogelijk zou zijn, maar hoeven ons maar zelden af te vragen waar het vandaan komt, hoe het werkt, of wat we zouden doen als het er ineens niet meer is. Toch zou Mefistofeles versteld hebben gestaan van haar ononderbroken aanvoer.

In tegenstelling tot bijna alle andere goederen, die opgeslagen en vervolgens op elk gewenst tijdstip geleverd kunnen worden, moet elektriciteit gelijktijdig met de vraag worden opgewekt. Dit komt omdat de opslag ervan zowel duur als problematisch is.[2] Daar komt nog bij dat, als er te veel of te weinig wordt geproduceerd, de wisselende spanningen en frequenties onze computers kunnen laten crashen. Als het stroomaanbod beneden een bepaald peil zakt, stort het hele net in elkaar. Elektriciteit moet dus niet alleen worden opgewekt op het moment dat we het nodig hebben, maar ook in precies de vereiste hoeveelheid.

Als de vraag naar stroom in de tijd constant zou blijven, zou dit niet zo problematisch zijn. Maar zij schommelt enorm. Op een zomerse nacht in Groot-Brittannië hebben we bijvoorbeeld minder dan 20 GW aan opwekkingsvermogen nodig (GW staat voor gigawatt, oftewel één miljoen kilowatt). Op een

koude winteravond daarentegen, wanneer ruwweg de helft van de bevolking op hetzelfde moment van het werk thuiskomt en de lampen, elektrische waterkoker, tv, power-douche en straalverwarming aanzet, moet er meer dan 60 GW ergens vandaan komen. Bij bijzondere gebeurtenissen, waardoor ons gedrag nog meer wordt gesynchroniseerd, kan dit nog verder stijgen. Tijdens de halve finale van het wereldkampioenschap voetbal in 1990, om een voorbeeld te noemen, steeg de vraag tijdens de pauze en na het eindsignaal binnen luttele minuten met 1,6 GW, en na de tweede verlenging met strafschoppen met 2,8 GW.[3] Waarom? Zodra de pauze begon, ging een groot deel van de bevolking een kopje thee zetten.

2,8 GW is meer dan twee keer het vermogen van de grootste Britse elektriciteitscentrale.[4] Omdat onze tv's en lampen al aan waren, stond het systeem sowieso onder druk, nog voor deze extra vraag erbij kwam. De extra stroom moest worden gevonden precies op het moment dat we het nodig hadden – niet gewoon *wat* extra stroom, maar exact de hoeveelheid die op dat moment nodig was.

Om dit allemaal in goede banen te leiden, moeten de stroomleveranciers het gedrag van hun klanten kennen, het historische verloop van hun elektriciteitsgebruik bijhouden, bij feestdagen en landelijke evenementen vooruit plannen, de weersberichten volgen, de tv-gidsen lezen, de kijkcijfers bijhouden en soms een wedstrijd tot aan de strafschoppen uitzitten om te kunnen beoordelen wanneer het land collectief met zijn achterste van de bank afkomt.

Om deze schommelingen in de vraag op te vangen, moeten er doorlopend centrales in en uit productie worden genomen. In Groot-Brittannië wordt de zogenaamde basislast – de 20 GW die we altijd gebruiken – geleverd door kerncentrales en grote gasgestookte centrales. Naarmate de vraag stijgt, worden kolencentrales en kleinere opwekkingseenheden in bedrijf gesteld. Sommige centrales worden de hele zomer lang buiten bedrijf gehouden en pas 's winters aangesproken, wanneer de vraag stijgt. Andere worden stand-by gehouden: ze draaien op deellast, onder hun maximale vermogen, Dit is weliswaar

inefficiënt, maar ze kunnen daardoor binnen enkele seconden op volle kracht worden gebracht. Wanneer we alsnog tekortkomen, kunnen we via een kabel vanuit Frankrijk nog 2 GW importeren. Sommige fabrieken sluiten met de stroomfabrikanten speciale contracten af: in ruil voor een bepaalde korting stemmen ze ermee in dat hun stroomleverantie wordt teruggeschroefd zodra het net onder druk komt te staan.[5]

Groot-Brittannië heeft drie indrukwekkende 'pompaccumulatie-centrales' die onze enige kosteneffectieve manier zijn om stroom op te slaan. Ze bestaan elk uit twee waterreservoirs: één bovenop een berg, het andere bijna aan de voet ervan. In de uren dat elektriciteit goedkoop is, wanneer de vraag met andere woorden laag is, wordt deze gebruikt om water van het onderste reservoir naar het bovenste te pompen. Wanneer er een plotselinge stijging van de productie nodig is, worden de sluizen van het bovenste reservoir geopend en stroomt het water door turbines weer naar beneden. De installatie bij Dinorwig in het noorden van Wales kan vijf uur lang 1,7 GW stroom leveren[6] en kan binnen vijftien seconden in werking worden gesteld.[7] Ik schep er genoegen in me voor te stellen hoe een man in zijn kantoor naar de tv zit te kijken. De wedstrijd loopt ten einde en de telefoon gaat over. 'De laatste strafschop komt eraan: de sluizen kunnen open.' Hij trekt aan een enorme rode hendel en precies op het moment dat de bal in het hoekje van het net vliegt, dendert het water naar beneden. Het zal in het echt natuurlijk niet zo gaan, maar volledig automatisch.

Nu ik begrijp hoe het systeem werkt, besef ik ineens hoe begrijpelijk het is dat de elektriciteitsmaatschappijen niet zo happig zijn om in wind-, golfslag- en andere onzekere vormen van energie te investeren. Het systeem luistert zo nauw dat de beheerders ervan instinctief ertoe neigen, het niet ingewikkelder te maken dan het nu al is. Toch moet er íets gebeuren, want deze wonderlijke en ononderbroken aanvoer bestaat alleen dankzij het verstoken van gigantische hoeveelheden fossiele brandstof.

In Groot-Brittannië wordt onze stroom opgewekt op basis van de in onderstaande tabel aangegeven bronnen. Het En-

vironmental Change Institute van de Universiteit van Oxford heeft berekend dat we de CO_2-uitstoot die samenhangt met de *energie* die we thuis gebruiken, vóór 2050 met 60 procent kunnen verminderen, maar dat we in dezelfde periode ons verbruik van *elektriciteit* met slechts 16 procent kunnen beperken.[8] Hiervan wordt een mens mismoedig, want de onderzoekers keken 20 jaar verder in de toekomst dan ik in dit boek doe. Maar ze zijn ervan uitgegaan dat er niets wordt gedaan om de stijgende vraag naar nieuwe en vaak grotere elektrische apparaten te beteugelen. Ik ben ervan overtuigd – en hopelijk ben ik hiermee niet al te optimistisch – dat een beleid op basis van klimaatbudgetten, ondersteund door een bepaalde mate van regulering of door een effectieve voorlichtingscampagne (waarin mensen bijvoorbeeld wordt verteld dat een grote plasma-tv vijf keer zoveel stroom verbruikt als andere modellen), kan bijdragen tot het ombuigen van de huidige trend. Ik zal daarom veronderstellen dat onze vraag naar stroom in het jaar 2030 met 25 procent is gedaald. Dit betekent dat ik de broeikasgasuitstoot die met deze stroom samenhangt met meer dan 80 procent moet zien te verminderen.

Energiebron	*Aandeel in landelijke stroomvoorziening (in procenten)*
gas	41
steenkool	33
kernenergie	19
duurzame bronnen	3
import	2
olie	1
andere energiebronnen	1

Bron: Brits Ministerie van Handel en Industrie.[9]

Per gigajoule energie-inhoud bevat steenkool gemiddeld 24,1 kilogram koolstof en aardgas slechts 14,6 kilo.[10] Op het eerste gezicht zou je daarom verwachten met aardgas ongeveer 40 procent minder CO_2-uitstoot per kilowatt opgewekte energie te krijgen dan met steenkool. Maar steenkool is nog erger

dan de vergelijking met gas doet vermoeden. Een moderne gasgestookte centrale zet ongeveer 52 procent van de energie-inhoud van zijn brandstof om in elektriciteit,[11] terwijl de efficiëntste kolengestookte centrale niet verder komt dan 40 procent.[12] Omdat we nog altijd steenkool gebruiken, en omdat enkele van de gasturbines die in gebruik zijn van een tamelijk verouderd type zijn, was in 2004 het gemiddelde rendement van Britse elektriciteitscentrales slechts 38,5 procent.[13]

Het spreekt vanzelf dat het overschakelen van de ene op de andere brandstof een belangrijke stap is in de richting van een meer klimaatvriendelijke economie. In Groot-Brittannië is dit voor een groot deel al gebeurd, maar niet uit milieuoverwegingen. In 1970 verbruikten we 160 miljoen (metrische) ton steenkool en in 2003 slechts 63 miljoen ton.[14] De overschakeling op gas is een van de belangrijkste redenen dat de landelijke CO_2-uitstoot is verminderd: als we dit niet hadden gedaan, hadden we weinig kans gemaakt onze verplichtingen onder het Kyoto-verdrag na te komen. Daarin beloofden we om in het jaar 2012 onze uitstoot ten opzichte van 1990 met 12,5 procent te verminderen.

Helaas: na een paar decennia waarin de rijke landen steeds meer op aardgas zijn overgestapt, ziet het er nu naar uit dat we de andere kant opgaan. Volgens de Energy Information Administration van de Amerikaanse regering zal het steenkoolverbruik van de VS in 2025 met 40 procent zijn gestegen.[15] China wil in het jaar 2020 drie keer meer elektriciteit uit kolencentrales halen.[16] De Britse regering gaat ervan uit dat als de markt zijn zin krijgt er na 2020 aanzienlijk meer steenkool gestookt zal worden.*[17]

---

* In Nederland zijn er ook plannen om de inzet van steenkool te verhogen. Er zijn inmiddels vier aanvragen voor een vergunning ingediend en de overheid zal deze naar alle waarschijnlijkheid verlenen. Hierbij geldt wel de voorwaarde dat deze nieuwe centrales geschikt zijn om CO_2 af te vangen en ondergronds op te slaan zodra de infrastructuur hiervoor gereed is (nvdv).

Dat de wereld terugkeert naar het Steenkooltijdperk valt niet zo moeilijk te begrijpen. In Noord-Amerika is de productie van aardgas al over zijn piek heen en loopt nu geleidelijk terug.[18] In Europa is de prijs die de industrie voor aardgas betaalt tussen 2003 en 2006 verdrievoudigd.[19] Dit komt deels omdat ook in de Noordzee de gasvoorraad in omvang afneemt, en deels omdat de Russische regering de aanvoer naar bepaalde Oost-Europese landen tijdelijk heeft beperkt,[20] terwijl de gasmaatschappijen die de pijpleidingen beheren de aanvoer naar West-Europa hebben afgeknepen.*[21]

Sommige mensen maken zich zorgen dat het met de wereldwijde productie van aardgas binnenkort net zo gesteld zou kunnen zijn als met de Amerikaanse. Het Britse Parliamentary Office of Science and Technology voorspelt bijvoorbeeld dat 'de mondiale piek in de gasproductie tussen 2020 en 2030 zal optreden'[22], zich daarbij baserend op een organisatie met de naam Association for the Study of Peak Oil and Gas. Dit lijkt mij onwaarschijnlijk.

De Royal Commission on Environmental Pollution verwacht dat 'de mondiale productie niet vóór 2090 zal pieken'.[23] Maar professor Peter Odell, de expert die ze daarbij aanhalen, heeft al eerder voorspellingen over de olieprijzen gedaan die achteraf te optimistisch bleken.[24] Volgens Shell zullen er in 2020 veel meer gasreserves zijn gelokaliseerd dan thans het geval is,[25] maar ik heb inmiddels geleerd dat je de voorspellingen van de oliemaatschappijen niet altijd moet vertrouwen. Misschien zijn de voorspellingen van de London Geological Society wel betrouwbaarder. Binnen vijftig jaar, zo stelt deze vereniging,

---

* De Britse toezichthoudende instantie voor energiezaken, Ofgen, beweert dat de gasmaatschappijen de aanvoer door de *Interconnector* – de grote pijpleiding onder de Noordzee – in de wintermaanden tot 60 procent van de volle capaciteit hebben beperkt, precies wanneer we het gas het hardst nodig hebben. In het begin van 2006 heeft Rusland de gasaanvoer naar Oekraïne tijdelijk afgesloten om een aanpassing van het contract af te dwingen. Vanuit Oekraïne wordt een groot deel van Europa van gas voorzien.

> zal de productie van olie waarschijnlijk pieken … maar niet die van aardgas … hoewel het doortrekken van historische groeicijfers erop lijkt te wijzen dat productiebeperkingen ergens in het midden van de eeuw kunnen gaan spelen.[26]

Bij steenkool, daarentegen, spelen dit soort beperkingen niet. Volgens het Internationaal Energie Agentschap heeft de wereld momenteel zo'n 1 biljoen ton aan winbare steenkoolvoorraden – bij het huidige productiepeil genoeg voor 200 jaar.[27] De genoemde vereniging wijst erop dat een prijsstijging van slechts 10 dollar per ton tot een effectieve verdubbeling van de economisch winbare steenkoolreserves zou leiden.[28] De Noorse oliemaatschappij Statoil heeft berekend dat alleen al onder de Noorse zeebodem er zo'n 3 miljard ton steenkool ligt, hoewel deze op dit moment op geen enkele manier gewonnen kunnen worden.[29] Negentig procent van de nog resterende energiereserves in de Verenigde Staten bestaat uit steenkool.[30]

Er zijn diverse opties om de voorzieningszekerheid, en bijgevolg de economische levensduur, van onze gasvoorraden te verbeteren. De meest effectieve manier is om de opgeslagen reserves uit te breiden. In Groot-Brittannië hebben we gasreserves voor veertien dagen, op het vaste land van Europa voor gemiddeld tweeënvijftig dagen.[31] Dit betekent dat de Britse aanvoer van gas minder betrouwbaar is dan die van andere landen, waardoor de druk om op andere energiebronnen over te schakelen alleen maar toeneemt – die druk komt met name vanuit organisaties als de Confederation of British Industry (de Britste tegenhanger van de werkgeversorganisatie VNO-NCW, vert.). Toch hebben we genoeg potentiële opslagcapaciteit, in de vorm van ondergrondse zoutbekkens en uitgeputte gasvelden onder de Noordzee. Je kunt gas gemakkelijk opbergen door het weer de bodem in te pompen. In het Rough-gasveld in de zuidelijke Noordzee wordt dit al op kleine schaal gedaan;[32] in Ohio, West Virginia, Pennsylvania en de staat New York al op grotere schaal.[33,34]

Ik betoog hier niet dat we door het stoken van aardgas de biosfeer zullen redden, wel dat een terugkeer van gas naar steenkool de vernietiging daarvan enorm zal doen versnellen.

Maar zelfs als we het grootste gedeelte van onze stroom uit fossiele brandstoffen blijven halen, kunnen we onze CO_2-uitstoot met 80[35] of 85[36] procent terugdringen, in ieder geval op papier. Daartoe bestaat een technologie die bekend staat als 'CO_2-afvang en opslag'. Dit houdt in dat de CO_2 vóór of na het verbrandingsproces uit de brandstof of uitlaatgassen wordt gehaald en vervolgens in een ondergronds reservoir opgeborgen, in de hoop dat het daar blijft. Zoals zoveel zaken in de wondere wereld der elektriciteit klinkt het absurd. Maar er zijn plaatsen waar het nu al gebeurt.

Zo verwijdert Statoil jaarlijks 1 miljoen ton CO_2 uit het aardgas dat het bedrijf uit het Sleipner-veld in de Noordzee wint en pompt deze vervolgens in een zout water bevattende laag onder de zeebodem.[37] In Algerije doet BP iets soortgelijks.[38] (De CO_2 zit als verontreiniging in het aardgas, dat daardoor minder waard wordt.) Sinds 1954 heeft het Canadese bedrijf EnCana CO_2 gebruikt om de laatste restjes olie uit een uitgeput veld in Saskatchewan te persen. Hoewel het EnCana daar in eerste instantie niet om te doen was, bleek ongeveer driekwart van de CO_2 ondergronds te blijven.[39]

Er zijn diverse manieren voorhanden om CO_2 uit de uitlaatgassen van een elektriciteitscentrale te halen. De technologie die momenteel de meeste kans maakt te worden toegepast, wordt al meer dan zestig jaar gebruikt.[40] Hierbij worden de gassen 'gewassen' door ze door een chemisch bad van ethanol-amine te leiden waar tussen 82 en 99 procent van de CO_2 wordt weggevangen.[41] Dit chemische mengsel wordt dan verhit om de CO_2 er vervolgens weer uit te halen,[42] dat dan voor ondergrondse opslag wordt weggepompt, terwijl de chemicaliën opnieuw kunnen worden gebruikt.

Eenmaal afgevangen, wordt het gas gecomprimeerd en door een pijpleiding naar een ondergronds opslagreservoir gepompt. Er zijn verschillende geologische formaties die geschikt lijken om het CO_2 tot in lengte van dagen vast te houden. De

volgende tabel toont een lijst van potentiële reservoirs, met de hoeveelheid CO_2 die ze zouden kunnen bergen.

Type reservoir	*Mondiale capaciteit (miljarden tonnen)*
oude olievelden	125
onwinbare steenkoollagen	148
oude gasvelden	800
zoutwatervoerende lagen	400 - 10.000

Bron: Britse Ministerie van Handel en Industrie.[43]

De grote bandbreedte in geschatte capaciteit van de zout water bevattende lagen maakt me enigszins ongerust. De totale uitstoot van alle elektriciteitscentrales op aarde bedraagt jaarlijks ongeveer 10,5 miljard ton CO_2.[44] Als de hoogste schattingen juist zijn, zou je in principe de komende vierentwintig jaar deze hele CO_2-uitstoot hierin meerdere keren kwijt kunnen (zie noot op p. 110). Maar zoals ik straks zal uitleggen, is één keer al problematisch.

Er zijn goede redenen te veronderstellen dat als de CO_2 eenmaal op de juiste wijze en op de juiste plaats is opgeslagen, het daar ook zal blijven. De meeste aardgasvoorraden die we momenteel exploiteren zijn al miljoenen jaren stabiel gebleven. Als de CO_2 in geschikte ondergrondse reservoirs is opgeslagen, is er volgens het IPCC in de eerste 1.000 jaar weinig kans op ontsnapping van meer dan 1 procent ervan.[45]

Kooldioxide heeft de prettige eigenschap dat het diep ondergronds op zijn plaats blijft: onder de 800 meter wordt het door de heersende druk 'superkritisch', waardoor het zich eerder als vloeistof gedraagt dan als gas.[46] Volgens het Internationaal Energie Agentschap ligt ongeveer 80 procent van de olievelden die voor opslag in aanmerking komen op een diepte van meer dan 800 meter.[47]

Het afvangen en opslaan van CO_2 kost tussen de 17 en 230 euro per ton, afhankelijk van wiens schatting je aanneemt.[48] Omdat steenkool per ton meer koolstof bevat, is dit proces bij een kolengestookte centrale duurder dan bij een gasgestookte.

Samen produceren de elektriciteitscentrales in Groot-Brittannië jaarlijks 172 miljoen ton CO_2, waardoor deze oplossing ruwweg tussen de 3 en 40 miljard euro per jaar zou gaan kosten.[55] In een tabel in hoofdstuk 7 staat een vergelijking van de kosten van de verschillende methoden die ik bespreek om de CO2-uitstoot te beperken.

Toen ik voor het eerst van deze technologie hoorde, reageerde ik afwijzend. Mijn eerste gedachte was dat het onmogelijk kon lukken: het gas zou toch zeker uit de ondergrondse reservoirs ontsnappen? Deze vrees blijkt nu ongegrond. Vervolgens bedacht ik me dat het meer energie – en daarmee ook CO_2-uitstoot – zou kosten om het gas af te vangen, te comprimeren, te transporteren en op te slaan dan de besparingen die het oplevert. Maar het IPCC houdt vol dat, hoewel een centrale tussen 10 en 40 procent meer brandstof zou moeten stoken om deze energie te leveren, de netto-besparing op CO_2-uitstoot nog altijd 80-90 procent is,[56] terwijl de CO_2 die ontstaat bij het verbranden van de extra fossiele brandstoffen, eveneens ondergronds kan worden opgeslagen.

Vervolgens heb ik mijn zorg uitgesproken dat de belofte van CO_2-afvang of -opslag voor de fossiele brandstofproducenten als excuus zou dienen om op oude voet verder te gaan. De meest verstandige manier om met fossiele brandstoffen om te gaan, is immers ze gewoon in de grond te laten zitten. Maar dit argument werd op interessante wijze gepareerd door Jonathan Gibbins van het Imperial College in Londen. In een e-mail stelde hij dat de regels die nodig zijn om dergelijke brandstoffen 'ongewonnen' te houden

> waarschijnlijk veel minder betrouwbaar en … duurzaam zijn dan geologische opberging. Opberging vereist bovendien een éénmalige, voor iedereen zichtbare inspanning, en geen langdurig heersend internationaal beleid.[57]

Met andere woorden, als je de CO_2 eenmaal hebt opgeborgen kun je het min of meer vergeten; maar zolang er nog waarde volle grondstoffen in de bodem zitten, heb je doorlopend toe-

zicht nodig om te voorkomen dat ze worden geëxploiteerd. In politiek opzicht is het afvangen en opslaan van CO_2 een stabielere oplossing dan economische terughoudendheid.

Er zijn echter drie argumenten die wél enig gewicht in de schaal leggen. Het *eerste* is dat vrijwel alle kostenschattingen die ik ben tegengekomen, vergezeld worden door een tweede serie cijfers voor een proces dat 'verbeterde oliewinning' heet. Het basisprincipe is hetzelfde: je spuit CO_2 in een oud olieveld, maar in dit geval doe je het vooral om er de laatste restjes olie uit te halen (zoals EnCana in Saskatchewan heeft gedaan). Het gas lost in de olie op, waardoor deze minder stroperig wordt. Door de CO_2 door het systeem te pompen, wordt de olie naar de boorschachten geperst.[58] Dat er met deze 'verbeterde' oliewinning meer te verdienen valt, verklaart meteen waarom dit proces goedkoper is dan gewone CO_2-opslag. Er blijft minder van de CO_2 ondergronds, omdat een deel ervan met de olie weer ontsnapt. Bovendien wordt er meer olie naar boven gehaald dan anders het geval zou zijn. Een in opdracht van het Amerikaanse Ministerie van Energie opgesteld rapport geeft aan dat het injecteren van CO_2 op deze wijze tot een verviervoudiging van de winbare nationale oliereserves zou leiden.[59] Omdat de meeste olie in benzine en diesel wordt omgezet en er geen haalbare manier is om de CO_2 die bij de verbranding *daarvan* vrijkomt af te vangen en op te slaan, zou het best kunnen zijn dat het gebruik van CO_2 om olie op een 'betere' manier te winnen juist leidt tot een stijging van de atmosferische concentratie van broeikasgassen. Als we ondergrondse opslag van CO_2 gaan inzetten om klimaatverandering te bestrijden, kan het procédé mijns inziens niet tegelijk worden aangewend om olie te winnen.

Het *tweede* argument is dat CO_2-afvang en -opslag ertoe kan bijdragen dat de kolenindustrie nieuw leven wordt ingeblazen. Gewapend met niets anders dan enkele magere speculaties over een mogelijke maatregel op een nauwelijks te voorspellen termijn, is het de pleitbezorgers van deze industrie nu al gelukt de woorden 'schone steenkool' in ons hoofd te stampen. Ook al wordt de CO_2 van kolengestookte

centrales ooit ondergronds opgeborgen, de kolenindustrie blijft hoogstwaarschijnlijk een van de meeste destructieve bedrijfstakken ter wereld. Als u daaraan twijfelt, raad ik u aan om aan de rand van een bovengrondse steenkoolafgraving te gaan staan en dan heel hard de woorden 'schone steenkool' te roepen.

In het Appelachen-gebergte in het oosten van de Verenigde Staten gebruiken de kolenbedrijven – innovatief als altijd wanneer het op vernietiging van de planeet aankomt – tegenwoordig een winningsmethode met de prozaïsche naam 'bergtopverwijdering'. Om aan de steenkool te komen blazen ze de top van de berg er domweg af en schuiven het overtollige gesteente vervolgens de dalen in, waarmee ze het uitgeschuurde landschap van ravijnen en breuken weer in een plateau veranderen. Hierdoor zijn inmiddels bijna 2.000 kilometer rivieren en beken van de landkaart geveegd.[60] Als ik vrienden vertel dat als ik per se tussen kernenergie en kolen moest kiezen, ik voor het eerste zou gaan, worden ze razend. Mijn tegenreactie is dat ze dan vooral eens mijn foto's van de kolenafgravingen in West Virginia moeten komen bekijken.[61]

Hoewel ik hiermee het risico loop hetzelfde speculatieve spel te spelen als de kolenbaronnen, moet ik eerlijkheidshalve ook vermelden dat er een technologie bestaat die wellicht ooit de belofte van schone steenkool waar kan maken. Ik heb het over ondergrondse kolenvergassing. Hiervoor worden er eerst gaten geboord in een kolenlaag, waarin vervolgens lucht en stoom wordt gepompt. De steenkool wordt hierdoor 'vergast': de steenkool wordt omgezet in methaan en waterstof, die beide in elektriciteitscentrales kunnen worden gestookt. De CO_2 kan vóór of na het verbrandingsproces uit deze gassen worden gehaald. Bij deze techniek hoeven er geen grootschalige afgravingen plaats te vinden, ontstaan er geen mijnstorten of slakkenbergen, en zijn er géén kinderen die in nauwe gangen kolenstof moeten inademen.

Kolenvergassing wordt al sinds de jaren 1950 in Oezbekistan toegepast en is met wisselend succes beproefd in Australië, Spanje, China, de Verenigde Staten en Groot-Brittannië. Het

is inmiddels gelukt steenkoollagen te vergassen die 600 meter onder het aardoppervlak liggen.[62] Hoe dieper in de aarde het proces zich afspeelt hoe beter, omdat er dan minder risico bestaat dat het grondwater wordt vervuild.[63] Net als bij andere vormen van kolenverbranding komen er bij vergassing ook andere verontreinigingen vrij, waaronder zwaveldioxide, stikstofoxiden en zware metalen, die vervolgens moeten worden verwijderd uit de gassen die uit de boorgaten omhoog komen. Qua kosten is het proces vergelijkbaar met het verbranden van steenkool in een moderne centrale.[64]

Maar het is van wezenlijk belang dat ondergrondse kolenvergassing alléén wordt gebruikt in combinatie met CO_2-afvang en -opslag. Omdat deze techniek kan worden toegepast in steenkoollagen die te arm zijn om te winnen, zal het er anders gewoon toe leiden dat er nog meer steenkool beschikbaar komt dan er al was. In Groot-Brittannië, bijvoorbeeld, kan er door kolenvergassing elf keer meer steenkool worden geëxploiteerd dan door ondergrondse of bovengrondse winning alleen.*

Het *derde* steekhoudende argument tegen CO_2-afvang en -opslag – en dit geldt voor vrijwel alles wat we doen – is dat we hiermee allerlei andere mogelijke oplossingen uitsluiten. In dit geval betekent het dat we de afvalwarmte van elektriciteitscentrales niet meer kunnen gebruiken om huizen of kantoren te verwarmen: afvang en opslag is alleen in zeer grote centrales economisch zinvol, terwijl 'warmtekrachtkoppeling' (waar ik in hoofdstuk 7 op in zal gaan) alleen in kleine centrales zin heeft.[67]

---

* Volgens een schatting van de Amerikaanse Energy Information Administration heeft Groot-Brittannië 1,5 miljard ton winbare steenkoolreserves.[65] De Britse regering stelt dat 'de steenkoolreserves onder de Britse landmassa waar ondergrondse kolenvergassing (OKV) in diepe lagen zou kunnen worden toegepast, op 17 miljard ton worden geschat (bij het huidige verbruikstempo genoeg voor 300 jaar). Dit staat los van een vergelijkbaar tonnage waarvan niet kan worden uitgemaakt of het voor OKV in aanmerking komt.' Ook onder de zeebodem liggen gigantische steenkoolvoorraden.[66]

Maar zelfs als we besluiten dat het wegvangen en opslaan van de CO_2 die bij het verbranden van fossiele brandstoffen vrijkomt, de beste manier is om de stroomvoorziening klimaatvriendelijk te maken, kan dit niet overal worden toegepast. Elektriciteitscentrales hebben een levensduur van ongeveer 40 jaar.[68] Als er niet bij de bouw al in is voorzien, is het moeilijk de vereiste apparatuur achteraf in te bouwen. Aangezien de transportkosten met afstand toenemen, moet de centrale worden gebouwd binnen 500 kilometer van de plaats waar de CO_2 wordt opgeborgen. Er moet genoeg ruimte worden gereserveerd voor alle extra leidingen en kleppen en voor het bouwen van de eigenlijke afvangvoorziening.[69] Het aanpassen van de meeste centrales in de wereld, waaronder ook veel die momenteel in aanbouw zijn, is simpelweg onmogelijk. Deels hierdoor, maar deels wegens de tijd die het uitdokteren, ontwikkelen en beproeven van deze nieuwe technologie vereist, is het Internationaal Energie Agentschap (IEA) van mening dat:

> het waarschijnlijk tien jaar zal duren voordat grootschalige CO_2-afvang en -opslag mogelijk is, en tot 2030 voordat deze techniek in de ontwikkelde wereld een reële optie is om de uitstoot te beperken.[70]

Op het eerste gezicht lijkt deze optie dus te zeer toekomstmuziek om een bijdrage van enige betekenis te kunnen leveren aan het behalen van onze doelstelling. Maar, zoals ik op het einde van dit hoofdstuk zal betogen, zijn de schattingen van onder andere het IEA wellicht onnodig pessimistisch. Ik ben tot de slotsom gekomen dat deze technologie, naast enkele andere die tot nu toe als toekomstmuziek zijn bestempeld, ver vóór het jaar 2030 kunnen worden ingezet – als de politieke wil er maar is. De moeilijkheden waar ik tegenaan ben gelopen bij het beoordelen van de andere technologieën, hebben mij ervan overtuigd dat CO_2-afvang en -opslag – hoewel zeker niet het hele antwoord – kan en moet worden gebruikt om klimaatvriendelijke elektriciteit te produceren.

Hier begint het gedeelte van het boek waar ik het meest tegenop heb gezien: de behandeling van het onderwerp kernenergie. Ik heb er een grondige hekel aan, deels omdat het meer beladen is dan elk ander milieuonderwerp, deels omdat elk argument, uit welke hoek het ook komt, verbeten wordt aangevochten. Hoeveel je er ook over leest, je weet nooit wie of wat je moet geloven.

Milieuactivisten worden geconfronteerd met het bijzondere probleem dat de milieubeweging zelf deels is ontstaan uit verontrusting over kernenergie, nauw verweven met de angst voor de verspreiding van kernwapens. Als je ook maar iets zegt waarmee je de indruk wekt dat je kernenergie serieus in overweging neemt, loop je het risico te worden gezien als iemand die de milieustrijd zelf aanvalt. Het kernenergievraagstuk wordt door de groenen zelfs zó belangrijk geacht dat klimaatverandering daaraan ondergeschikt wordt gemaakt. Door diverse organisaties zijn rapporten gepubliceerd waarin wordt aangetoond dat er geen noodzaak bestaat nieuwe kerncentrales te bouwen wanneer de oude zijn afgedankt, omdat duurzame energie het tekort kan opvangen.[71,72,73] Het gevaar is echter dat we dan uiteindelijk vooral kernenergie aan het vervangen zijn in plaats van fossiele brandstoffen.

Er is een reëel verband tussen kernenergieopwekking en kernwapens. De ontwikkeling van beide technologieën loopt akelig parallel. Bij de eerste kernmogendheden was kernenergie een bijproduct van de ontwikkeling van kernwapens. Toen andere landen kernenergie gingen produceren, bleek het ook andersom te kunnen. Elke staat die de laatste dertig jaar een kernwapenprogramma heeft proberen te ontwikkelen – Israël, Zuid-Afrika, India, Pakistan, Noord-Korea, Irak en Iran – deed dat door gebruik te maken van onderdelen van hun kernenergieprogramma.[74,75] Hoe meer kernsplijtstof er in de wereld komt, hoe meer wapens er waarschijnlijk worden ontwikkeld, en hoe wijder verbreid deze zullen worden.

Alle andere technologieën die ik in dit boek bespreek, kunnen worden beoordeeld op basis van drie criteria: milieugevolgen, praktische haalbaarheid en kosten. Maar in het geval van

kernenergie moet er een vierde in aanmerking worden genomen. Hoe verhoudt zich de dreiging van klimaatverandering tot de dreiging van een kernoorlog? Klimaatverandering is onontkoombaar – het voltrekt zich nu al. Een kernoorlog is net zo verwoestend, zo niet verwoestender, maar wel onzekerder. Door één enkele toevoeging aan de mondiale voorraden kernsplijtstof zal het gevaar van een kernoorlog nauwelijks groter worden; door alle beetjes bij elkaar waarschijnlijk wél.

Eén ding is echter zeker: uit iedere nucleaire installatie ontsnapt er radioactiviteit naar het milieu. Naast de continue lozingen naar het oppervlaktewater en de atmosfeer, heeft kernenergie talloze lozingsschandalen gekend. Zo gaat in Groot-Brittannië bijna geen jaar voorbij zonder een of andere verschrikkelijke nieuwe onthulling met betrekking tot het nucleaire complex bij het Noord-Engelse Sellafield. In 2004 is de Britse regering juridisch aangeklaagd door de Europese Commissie, omdat de beheerders van Sellafield weigerden inspecteurs toe te laten tot een van de afvalopslagplaatsen[76] (u zult zich misschien herinneren dat we om vergelijkbare redenen ten oorlog trokken tegen Irak). Dat de inspecteurs niet welkom waren, zal niemand verbazen: in 2003 hadden ze een waterreservoir met 1,3 ton plutonium ontdekt, dat daar dertig jaar had gelegen zonder ooit officieel te zijn opgemerkt of gecontroleerd.[77] In 2005 kwam een onderzoeksteam erachter dat een van de pijpen in het complex meer dan acht maanden lang ongezien had gelekt, waardoor er salpeterzuur met ongeveer 20 ton uranium en 160 kilo plutonium was vrijgekomen.[78]

In 1997 hebben de beheerders van de kerncentrale bij Dounreay, aan de noordkust van Schotland, toegegeven dat ze hun afval jarenlang hadden gedumpt in een gat dat ze bovenin de afbrokkelende kliffen hadden gegraven. Deze schacht was al een keer ontploft – in 1977 – waardoor er plutonium op de nabijgelegen stranden terecht was gekomen, maar de Britse Atomic Energy Authority (AEA) die het bedrijf beheert, had niet eens de moeite genomen een waarschuwing af te geven.[79] Deze 'autoriteit' beloofde dat er niets meer in de doofpoot zou worden gestopt. Binnen een jaar moest de AEA echter toege-

ven dat het nucleaire bedrijf een tweede gat in de kliffen had gegraven, waarin het nog steeds onverpakt kernafval aan het dumpen was.[80]

Dat er in de nucleaire industrie zoveel wordt gesjoemeld heeft twee redenen. In de eerste plaats is het een stuk goedkoper om slordig met radioactieve materialen om te gaan dan het netjes te verwerken. In de tweede plaats hebben de beheerders van nucleaire installaties een perfecte smoes voor het verzwijgen van ongemakkelijke voorvallen voor het grote publiek: de nationale veiligheid.

Het ontsnappen van radioactieve materialen naar het milieu, waaronder plutonium, het giftigste element op aarde, vormt natuurlijk een gevaar voor de menselijke gezondheid. Tot hoeveel doden dit leidt is net zo controversieel als alle andere aspecten van kernenergie. Maar naar alle waarschijnlijkheid overlijden er in alle landen met nucleaire installaties als gevolg van routinelozingen en ongelukken jaarlijks enkele mensen aan kanker. Een *meltdown* of geslaagde aanval door terroristen, hoewel in de rijke landen onwaarschijnlijk, zou tot aanzienlijk meer doden leiden: de schattingen van het aantal mensen dat dankzij de straling van de Tsjernobyl-ramp in 1986 aan een ernstige ziekte lijdt, lopen uiteen van enkele duizenden tot enkele miljoenen. Het ziet ernaar uit dat als gevolg van het ongeluk zeker een paar duizend mensen vroegtijdig zullen overlijden.[81] Maar de akelige morele boekhouding die er bij elke beslissing aan te pas moet komen, gebiedt me te erkennen dat er tot nu toe door kernenergie waarschijnlijk veel minder mensen zijn gestorven dan door klimaatverandering.

Sjoemelen is goedkoper en daarom ook bij de meer reguliere verwerking van kernafval een bepalende factor. In theorie kan het afval veilig worden opgeborgen. Ik vond het rapport van de Finse kernenergieautoriteit Posiva wat dit betreft overtuigend.[82] De uitgewerkte brandstof wordt in een gietijzeren omhulsel geplaatst, dat vervolgens in koper wordt ingesloten en onderin een put opgeborgen. Het gat wordt daarna met verzadigd bentoniet (een soort klei) opgevuld. De metaaldeskundigen van Posiva zijn van mening dat het koperen bui-

tenomhulsel onder deze omstandigheden minstens één miljoen jaar intact blijft.[83]

Het gevaar is dat het goede voorbeeld van Posiva door de industrie naar voren wordt geschoven om de indruk te wekken dat het probleem is opgelost, terwijl achter de schermen het gesjoemel gewoon doorgaat. De Britse regering heeft nog steeds geen plannen voor de lange-termijnopslag van haar kernafval. Dat staat op gespannen voet met een van de meest fundamentele milieuprincipes, waaraan zelfs kleine kinderen zich dienen te houden: dat je geen nieuwe rotzooi moet maken voordat de oude is opgeruimd. Een van de redenen voor dit verzuim is dat de regering alle publieke vertrouwen heeft verspeeld, door haar keuze van een opslaglocatie (Sellafield) niet op geologische, maar op politieke overwegingen te baseren.*[84] Bij gebrek aan een beter plan heeft het bedrijf British Nuclear Fuels geopperd alle beslissingen maar uit te stellen en het afval gewoon vlak onder de grond in een soort koepels op te slaan totdat iemand van een toekomstige generatie een manier vindt om er iets aan te doen.[85]

In de Verenigde Staten heeft de federale regering zich voorgenomen al haar kernafval onder het Yucca Mountain in Nevada te dumpen. Ter voorbereiding daarvan worden nu al proeven uitgevoerd, en employés zijn onlangs betrapt op het falsificeren van de gegevens over de snelheid waarmee water door de ondergrond sijpelt. Een medewerker van de US Geological Survey heeft toegegeven dat

> ik twee verschillende mappen met gegevens bijhoud, één om KC [afdeling Kwaliteitscontrole] tevreden te houden, en één voor daadwerkelijk gebruik.[86,87]

Het was kennelijk het de bedoeling de locatie veiliger te doen lijken dan ze in werkelijkheid is. Zoals de zaken er nu voorstaan, lijkt Yucca Mountain als opslagplaats ongeschikt.[88]

---

* Een groot deel van de bevolking rondom Sellafield is voor zijn baan afhankelijk van de nucleaire industrie.

De gigantische kosten van afvalopslag en ontmanteling van kerncentrales is één van de redenen dat kernenergie zoveel geld uit publieke middelen blijft opslurpen. Het zal Groot-Brittannië 70 miljard pond kosten om al haar nucleaire installaties te ontmantelen.[89] Omdat de kostenschattingen de laatste tien jaar herhaaldelijk zijn gestegen, zou 'minstens 70 miljard pond' een eerlijker voorspelling zijn. Al voor deze uitgaven aan bod komen, heeft onze regering ons geld heimelijk zitten uitdelen. In 2002 heeft ze British Energy 650 miljoen pond geleend.[90] In 2005 kwam door een uitgelekt document vast te staan dat nog eens 184 miljoen pond aan het bedrijf was overgedragen.[91] Aan de Britse bevolking is hierover nooit iets medegedeeld.

Elke kerncentrale ter wereld steunt op de een of andere manier op overheidssubsidies. Zelfs de bekende Finse centrale bij Olkiluoto, de enige die momenteel in Europa in aanbouw is, en de enige ter wereld die wordt gebouwd zonder overheidsgeld, heeft nu een garantstelling van het Franse bedrijf Areva moeten aanvaarden om de schijn hoog te houden dat kernenergie commercieel rendabel is.[92]

Weer een andere, verborgen subsidie, waarvan de feitelijke kosten onmogelijk kunnen worden geschat, vloeit voort uit de uitgebreide verzekeringsdekking die overheden aan de kernenergie-industrie bieden. Dit komt omdat de financiële gevolgen van een kernongeluk zó gigantisch kunnen oplopen dat ze door geen enkele commerciële verzekeraar worden gedekt. De aansprakelijkheid van beheerders van nucleaire installaties wordt door drie internationale verdragen beperkt.* Voor het resterende deel draait de staat op. Zo dekt in Groot-Brittannië de overheid bij een ongeluk alle kosten boven de 140 miljoen pond.[94] In de Verenigde Staten gaat het om 200 miljoen dollar,[95] in Canada om slechts 75 miljoen (Canadese) dollars.[96] Volgens schattingen van het Europese Parlement kunnen de

---

* Het Verdrag van Parijs (1960), het Verdrag van Wenen (1963) en het Gezamenlijk Protocol (1988).[93]

totale kosten van een grootschalig nucleair ongeluk oplopen tot ergens tussen de 80 miljard en 5,5 biljoen euro.[97]

In 2005 heeft het economisch adviesbureau Oxera berekend dat het ongeveer 8,6 miljard pond zou kosten om alle Britse kerncentrales te vervangen (de meeste ervan moeten vóór 2020 uit bedrijf worden genomen). Hierbij zijn verzekeringen en andere garantiebetalingen niet meegeteld; wel de kosten van toekomstige ontmanteling en afvalopslag. Ongeveer 1,6 miljard hiervan zou uit de staatskas moeten komen.[98]

Het kan best zijn dat iedere vorm van stroom op de markt die duurder is dan de goedkoopste overheidssubsidie behoeft, wil men voorkomen dat de betreffende bedrijfstak ter ziele gaat. Dit geldt net zo goed voor duurzame energiebronnen als voor kernenergie. Maar in een Amerikaanse studie wordt berekend dat tijdens de eerste vijftien ontwikkelingsjaren van de verschillende bedrijfstakken aan kernenergie vierenveertig keer meer overheidssteun is uitgegeven dan aan windenergie.[99]

Volgens mij heeft de bovenmatige gulheid van onze regeringen ten aanzien van kernenergie twee oorzaken. Ten eerste is het in het verleden opgevoerd als toonbeeld het perspectief op ontwapening, met name in een toespraak in 1953 van de Amerikaanse president Eisenhouwer, die geloofde dat het nucleaire zwaard in nucleaire ploegscharen kon worden omgesmeed.

> Het is niet genoeg het leger dit wapen uit handen te nemen. Het moet worden overgedragen aan mensen die weten hoe het van zijn militaire jasje moet worden ontdaan en voor de vrede geschikt worden gemaakt.[100]

Eisenhouwers *Atoms for Peace*-programma, dat als onbedoeld gevolg had dat niet-nucleaire landen splijtstof in handen kregen waarmee ze kernbommen konden maken, werd vol enthousiasme gesteund door de andere leden van de VN Veiligheidsraad, misschien omdat ze het ze een politieke dekmantel verschafte voor hun eigen uitdijende wapenprogramma's.

In de tweede plaats is er een pervers verschijnsel waarop ik ben gestuit bij het onderzoeken van andere ontwikkelings-

programma's:[101] grote, dure programma's staan vaak meer in de gunst bij regeringen dan kleine en goedkope. Tot op zekere hoogte komt dit omdat het makkelijker is een klein aantal grote projecten administratief te overzien dan een groot aantal kleine. Maar daar komt nog iets bovenop: hoe groter en duurder het project, hoe sterker de lobby die eist dat er goedkeuring aan wordt verleend. Kerncentrales kunnen alleen worden gerealiseerd door grote bouwondernemingen, en grote bouwondernemingen leggen meer gewicht in de schaal dan alle kleine firma's die windturbines willen installeren.

Hoeveel kost al met al deze atoomstroom? Ik moet eerlijk zeggen dat ik daar geen flauw benul van heb. Ter toelichting staan in de tabel hieronder enkele schattingen. Deze cijfers slaan allemaal op de bulkprijs van elektriciteit van kerncentrales, dat wil zeggen de prijs die door grootverbruikers wordt betaald. Op het einde van 2005 bedroeg deze in Groot-Brittannië ongeveer 3,6 pence (5,1 eurocent) per kilowatt-uur. Dit zou een uitschieter kunnen zijn: op het einde van 2004 was de prijs 2,1 pence per kilowatt-uur.[102]

Bron	*Stroomprijs per kilowatt-uur in eurocenten*
Nuclear Energy Institute[103]	1,2
Royal Academy of Engineering[104]	3,4
British Energy and British Nuclear Fuels[105]	3,6 - 4,3
Britse regering (in 2020)[106]	4,3 - 5,7
Massachusetts Institute of Technology[107]	4,9
New Economics Foundation[108]	4,9 - 11,9

Ik kan hieruit niet anders concluderen dan dat de prijs van kernenergie afhankelijk is van je standpunt daarover. Zie je het niet zitten, dan is het duur; zie je het wél zitten, dan is het goedkoop. Maar misschien is er een makkelijker manier om uit te maken of kernenergie commercieel rendabel is. In Groot-Brittannië is het niet bij wet verboden een kerncentrale te bouwen. De stroommarkt is hier gedereguleerd, om leveranciers te stimuleren de goedkoopste opwekkingstechnologie te

vinden. Als kernenergie inderdaad goedkoper is dan concurrerende technologieën – zoals de cijfers van het Nuclear Energy Institute suggereren – zou je denken dat bedrijven hun oude opwekkingsvermogen door kerncentrales zouden vervangen. Maar voor de laatste kerncentrale die in dit land is gebouwd, Sizewell B, moet je heel ver teruggaan: de vergunningaanvraag is in 1981 ingediend, de bouw in 1988 begonnen.[109]

Resten nog drie grote vragen over kernenergie. In de *eerste* plaats: is er voldoende uranium (de belangrijkste kernbrandstof) om de industrie draaiende te houden? Deze vraag is moeilijk te beantwoorden, aangezien het antwoord van een aantal onvoorspelbare factoren afhangt. Eén daarvan is hoeveel geld mensen ervoor willen betalen. Dit klinkt misschien vreemd, maar voor alle minerale grondstoffen geldt hetzelfde: hoe meer het waard is, hoe meer ervan blijkt te bestaan. Wanneer de prijs stijgt, worden voorraden die eerst te duur waren om te delven ineens exploiteerbaar. Een andere factor is de mate van geologische kennis: het is geen eenvoudige zaak te bepalen hoeveel van de totale mondiale reserve van een bepaalde grondstof fysiek gelokaliseerd is. In het geval van kernenergie komt er nog een derde factor bij: de keuze om uitgewerkte splijtstof wel of niet naar een opwerkingsfabriek te sturen, waar het wordt 'opgewerkt' voor hergebruik in een snelle kweekreactor. Het is te hopen dat daarvoor niet wordt gekozen, omdat we door deze activiteiten aan uitzonderlijke gevaren worden blootgesteld. Snelle kweekreactoren gebruiken een meer geconcentreerde vorm van splijtstof, waardoor een eventueel ongeluk grotere gevolgen zou kunnen hebben dan in het geval van een 'conventionele' kerncentrale. Opwerking leidt tot meer verspreiding van radioactieve stoffen in het milieu – iets wat door de herhaaldelijke ongelukken bij Sellafield inmiddels ruimschoots is bevestigd. Bij het proces wordt plutonium bovendien van de andere afvalstoffen gescheiden, waardoor er een verhoogd risico ontstaat van verspreiding van kernwapens en diefstal door terroristen.[110]

De World Nuclear Association stelt dat de wereld zo'n 3,1 miljoen ton aan gelokaliseerde uraniumvoorraden heeft die in

de categorie 'laagst geprijst' vallen. Bij het huidige verbruikstempo is dat voldoende voor een halve eeuw. Volgens deze organisatie zijn dit 'grotere verzekerde voorraden dan voor de meeste ertsen gebruikelijk'.[111] De energie-analisten Jan Willem Storm van Leeuwen en Philip Smith schatten daarentegen, in een breed verspreid en gedetailleerd rapport, dat als de wereld al haar elektriciteit uit kernenergie zou halen, de voorraden uranium na 6,9 jaar op zullen zijn.[112] De Sustainable Development Commission, die de Britse regering over onder andere dit onderwerp adviseert, denkt er weer heel anders over. Nadat ze het probleem uitgebreid had bestudeerd,[113] trok de commissie de volgende conclusie:

> Volgens de huidige voorspellingen hoeft men zich geen grote zorgen te maken over de beschikbaarheid van uranium op de lange termijn … in het verleden zijn de geschatte uraniumreserves bij herhaling te voorzichtig gebleken … er is waarschijnlijk genoeg redelijk geprijsd uranium om aan de toekomstige vraag te voldoen.[114]

Voor deze commissie, die tot de felste tegenstanders van kernenergie behoort, is dit een ongemakkelijke conclusie – en daarom neig ik ertoe ze te geloven.

Uranium wordt, net als in veel gevallen steenkool, in dagbouw gedolven. Omdat de aardkorst minder kernbrandstof bevat en er bovendien per kilowatt opgewekte energie minder van nodig is, nemen uraniummijnen echter minder ruimte in beslag. Maar de bergen steenafval die ze achterlaten zijn veel giftiger.[115]

Nauw met deze problemen verweven is de *tweede* grote vraag: hoeveel CO_2 wordt er door het gebruik van kernenergie eigenlijk uitgespaard? Dat deze twee zaken zo nauw met elkaar zijn verbonden komt doordat de winning en verwerking van uraniumerts steeds meer energie vraagt naarmate het erts minder uranium bevat.

De Sustainable Development Commission gaat niet in op de vraag hoeveel impact het gebruik van laagwaardige uraniumertsen op de CO_2-emissies zal hebben, misschien omdat

ze denkt dat het niet zover zal komen.[116] Bij gebruik van uraniumerts van de huidige kwaliteit wordt er volgens de World Nuclear Association ongeveer 1,7 procent van de energie verbruikt die bij de centrale zelf wordt geproduceerd.[117] Hierbij inbegrepen zijn ook de energiekosten van het bouwen en ontmantelen van de kerncentrale en van de afvalverwerking. Bij gebruik van 'zeer laagwaardige erts' – met slechts 0,01 procent uranium – zouden deze totale energiekosten stijgen tot 2,9 procent van de totale hoeveelheid geleverde stroom, omdat het meer energie zou kosten het uranium uit de erts te halen.[118] Als dit juist is, zijn al onze elektriciteitsproblemen opgelost. Zelfs met ertsen van zeer lage kwaliteit zouden we onze CO_2-uitstoot met 97 procent kunnen verminderen! De kernenergiecritici komen echter met heel andere cijfers. Storm van Leeuwen en Smith blijven onveranderd van mening dat bij het gebruik van ertsen met 0,02 procent uranium of minder er meer energie wordt verbruikt dan geproduceerd. Op de door hen opgevoerde grafieken kun je aflezen dat bij een uraniumgehalte van 0,01 procent de netto energieproductie tussen *minus* 200 procent en *minus* 500 procent ligt.[119]

In beide gevallen lijken de cijfers op betrouwbare informatie te berusten – voor mij als leek tenminste. Er wordt naar literatuurbronnen verwezen, die inderdaad blijken te bestaan.[120,121] Maar om nu uit te maken welke van deze verhalen ik moet geloven, als ik er al een kan geloven, zou ik over een olympische kennis moeten beschikken die ik eenvoudig niet bezit.

De *derde* grote vraag is deze: als we voor het gemak even aannemen dat met kernenergie daadwerkelijk stroom kan worden geproduceerd die bijna CO_2-vrij is, kunnen we hiermee dan genoeg stroom opwekken om onze doelstelling te bereiken?

In eerste instantie lijkt het antwoord hierop 'nee'. In zijn getuigenis voor de Environmental Audit Committee van het Britse Lagerhuis stelde milieu-analist Tom Burke dat wanneer de Britse regering in 2005 had besloten kerncentrales te bouwen, ze op zijn vroegst in 2021 in bedrijf zouden kunnen worden genomen.[122] Er zou zestien jaar nodig zijn voor fondsverwerving, het doorlopen van de vergunningsprocedures en

het ontwerpen en bouwen van de centrales. De Britse regering heeft op haar beurt berekend dat als een kernreactor van het type *Advanced Passive 1000* wordt toegepast (de meest waarschijnlijke keuze), een nieuw kernenergieprogramma op zijn vroegst over twintig jaar haar vruchten zou afwerpen.[123]

Maar als kernenergie hierdoor onmogelijk wordt, dan zijn windenergieparken op zee, nieuwe spoorlijnen, betere automotoren en vrijwel alle andere dingen die we misschien willen ontwikkelen nét zo onhaalbaar. Als we bijvoorbeeld grote aantallen windenergieparken op zee willen bouwen, zullen we het landelijke distributienet met een aantal forse nieuwe vertakkingen moeten uitbreiden. De Scottish and Southern Energy Group probeert momenteel, precies om die reden, een nieuwe bovengrondse hoogspanningsleiding dwars door Schotland aan te leggen. Ik vroeg ze hoelang het waarschijnlijk zou gaan duren.

> We zijn in 2002 begonnen aan de voorbereiding voor dit project. In 2005 is de vergunningsaanvraag ingediend. We gaan ervan uit dat het eigenlijke bouwen vier zomers gaat duren. Wat we niet weten is hoelang de hele procedure rondom de vergunningverlening zal duren; als daar nog een openbare hoorzitting bijkomt, zal het allemaal natuurlijk veel langer vergen. Alles bij elkaar, als we volgende zomer kunnen beginnen en alles volgens schema verloopt, zal het hele project uiteindelijk zeven jaar hebben geduurd. Maar met de onzekerheid over de duur van de vergunningprocedure, zou het wel eens meer tijd kunnen vergen.[124]

Volgens professor Nick Jenkins van de Universiteit van Manchester neemt bij dit soort bovengrondse leidingen het hele proces gewoonlijk een jaar of tien in beslag.[125] Dan hebben we het nog niet eens gehad over de vergunningen die het bedrijf nodig heeft voordat het aan realisering van de windenergieparken zelf kan beginnen. Omdat deze omstreden zijn, kan ook dit een lange weg worden.

Maar laten we reëel zijn. Als een land écht wil dat er iets gebeurt, kunnen de gebruikelijke obstakels terzijde worden ge-

schoven. In zijn boek over de Amerikaanse auto-industrie, *Taken for a Ride*, omschrijft Jack Doyle hoe de toenmalige autofabrikanten reageerden op het bombardement op Pearl Harbour.

> In de nadagen van 1941 hebben de fabrikanten, zonder enige voorbereiding, binnen enkele maanden – geen jaren – meer dan 1000 autofabrieken omgebouwd. … Binnen één jaar had General Motors het Avenger- en Wildcat-vliegtuig ontwikkeld, nieuwe productielijnen daarvoor gebouwd en van beide typen 1000 exemplaren afgeleverd. … GM heeft ook een amfibievoertuig ontwikkeld: een waterdichte stalen romp met daarin een zwaar GM-voertuig met zes wielen en een gewicht van 2,5 ton dat zowel op het land als in het water kon worden ingezet. De *GM-Duck* werd 'binnen 90 dagen ontworpen, getest, gebouwd en verscheept'. ... Ford heeft elke 63 minuten een B-24 (bommenwerper) afgeleverd. … Amper een jaar nadat Pontiac een contract met de marine had ondertekend voor het bouwen van zeeraketten, leverde het aan vliegdekschepen over de hele wereld zijn eerste eindproducten af.[126]

Als onze regeringen zouden besluiten dat klimaatverandering net zo'n ernstige bedreiging vormt als de internationale crisis in 1941 – geen onredelijke vergelijking, dunkt me – zouden ze de economie in een oogwenk kunnen omgooien. Bezwaarschriften zouden terzijde worden gelegd en financiële prikkels en regels in het leven geroepen om bedrijven te bewegen net zo voortvarend te handelen als General Motors en Ford in antwoord op de tweede wereldoorlog. Windenergieparken, bovengrondse elektriciteitsleidingen en kerncentrales – voor zover we daarvoor kiezen – kunnen allemaal veel sneller dan in tien jaar worden gebouwd.

Met dit in ons achterhoofd kunnen we terugkeren naar het Internationale Energie Agentschap en zijn pessimistische kijk op het afvangen en opslaan van CO_2. Hoewel het best zo kan zijn dat veel van de huidige elektriciteitscentrales niet in aanmerking komen voor het aanbrengen van dergelijke voorzieningen 'achteraf', zullen de meeste ervan toch binnen af-

zienbare tijd gesloopt worden. In Groot-Brittannië, dat hierin vrij representatief lijkt te zijn, moet bijna 50 procent van de opwekkingscapaciteit die in het jaar 2000 stond opgesteld vóór het jaar 2018 worden vervangen, en 90 procent vóór het jaar 2030.[127] Bij deze hele discussie is het belangrijk om dit te onthouden: we praten hier niet over het slopen van bruikbare centrales, maar over het vervangen van installaties die nu al op het einde van hun levensduur lopen. Aan de andere kant is CO_2-afvang en -opslag een nog jonge technologie die onvoldoende is getest, zeker niet op de schaal waarover we hier praten. Maar als kan worden aangetoond dat het onder alle omstandigheden werkt, zie ik niet in waarom alle nieuwe centrales die tussen nu en 2030 worden gebouwd niet gelijk met dergelijke voorzieningen kunnen worden uitgerust.

Ondanks alle onzekerheden waar ik tegenaan ben gelopen, meen ik nu genoeg gronden te hebben om mijn keuze te bepalen. Omdat deze bedrijfstak er in het verleden zo vaak de kantjes vanaf heeft gelopen, omdat zijn activiteiten nauw verweven zijn met de verspreiding van massavernietigingswapens, en omdat de vragen over afvalverwerking en energiebalans nog steeds niet bevredigend zijn opgehelderd, komt kernenergie wat mij betreft als voorlaatste op de lijst te staan, net boven opwekking met steenkool die in dagbouw is gewonnen. Ten tweede mogen we CO_2-afvang en -opslag wat mij betreft als gedeeltelijke oplossing binnenboord nemen. De huidige status van deze technologie, in samenhang met het tempo waarin de huidige centrales sowieso moeten worden vervangen, doet vermoeden dat we – met voldoende politieke wil – door middel van gasgestookte centrales met CO_2-afvang- en -opslag ongeveer 50 procent van onze centrale stroomvoorziening zouden kunnen leveren.

Een nog grotere bijdrage lijkt echter onwaarschijnlijk, en daarom zal ik voor het behalen van mijn doelstelling de overige 40 procent elders moeten zoeken. Het meest voor de hand liggende alternatief is duurzame energie. Maar hoeveel van onze elektriciteitsvraag kunnen we hiermee dekken, en hoeveel gaat dat kosten?

6 Wat heeft duurzame energie ons te bieden?

En als om strijd bruisen de stormen,
Van land naar zee, van zee naar land,
En, om zich henen woedend, vormen
Zij enen teisterenden band.
Faust, Proloog in den Hemel[1]

Er zijn bij duurzame energie veel zaken die me tegenstaan, of liever gezegd: bij de bedrijven die deze energievormen promoten. Ik heb een hekel aan de vaak misleidende claims van de vele pleitbezorgers. Ik heb een hekel aan het symbolische gebaar – de oliemaatschappij die pronkt met een windturbine achter zijn tankstation (dat voor een stroomaansluiting te afgelegen ligt), dat klanten doet geloven dat het concern zich heeft 'vergroend'. Ik heb een hekel aan de manier waarop het volstouwen van het landschap met windturbines wordt voorgesteld als wondermiddel voor ons buitensporig verbruik van fossiele brandstoffen – daarmee gemakshalve vergetend dat een nieuwe technologie zonder bijpassend beleid de oude niet vervangt maar slechts aanvult. Ik heb er een hekel aan dat mensen uit de milieubeweging de soms destructieve gevolgen van duurzame energiesystemen zo vaak over het hoofd zien, zoals in het geval van getijdencentrales, waarbij hele riviermondingen ecologisch naar de knoppen worden geholpen.

Maar zelfs in mijn knorrigste buien, zie ik ook wel de voordelen. Aan de wind, de golven en de zonneschijn komt niet gauw een eind, zolang wij hier nog rondlopen tenminste. Noch meneer Poetin noch enig andere energiemonopolist kan deze energievoorziening uitzetten. Er is geen windpark dat het

risico loopt getroffen te worden door een *melt down* of terroristische aanslag (hedendaagse Don Quichotten daargelaten). De ontmanteling ervan is goedkoop en veilig. Voor de fabricage van de installaties die tegenwoordig op de markt zijn, wordt maar een fractie van de energie gebruikt die er later mee wordt opgewekt.[2,3] Zo gauw deze is gecompenseerd, is de geleverde energie honderd procent klimaatneutraal. Hoewel duurzame energievoorzieningen een landschap kunnen domineren, valt dit nadeel volledig in het niet vergeleken bij de ontwrichting van de biosfeer. Maar zelfs als we de schadelijke of contraproductieve gevolgen even buiten beschouwing laten, zijn er genoeg redenen om te twijfelen aan de uitspraak dat we uit duurzame bronnen een groot deel van onze elektriciteit kunnen halen, laat staan dat we er helemaal op kunnen overschakelen. Zoals u hopelijk aan het ontdekken bent, is op energiegebied niets wat het lijkt.

De eerste vraag die de pleitbezorgers van een vervanging van onze elektriciteitscentrales door duurzame energievoorzieningen moeten beantwoorden, is deze: is er genoeg van voorhanden? Groot-Brittannië, aan alle kanten omgeven door ruwe zeeën en onstuimige winden, is in Europa misschien wel het gulst bedeeld. Maar zelfs hier valt te betwijfelen of er voldoende stromingsenergie – wind, water en zon – voorhanden is om in de landelijke vraag te voorzien.

We gebruiken in totaal ongeveer 400 terawatt-uur aan elektriciteit per jaar.[4] Een terawatt-uur (TWh) is één miljard kilowatt-uur (kWh), oftewel een hoeveelheid energie van een biljard joule per seconde die een uur lang wordt geproduceerd. Deze cijfers maken het op dit moment misschien niet inzichtelijker, maar het gaat in dit hoofdstuk om vergelijkingen tussen cijfers, waarvoor deze eenheden onontbeerlijk zijn. In 1999 heeft de Britse regering aan het adviesbureau Energy Technology Support Unit opdracht gegeven te beoordelen hoeveel duurzame energie er op en rondom onze eilanden beschikbaar is. In de tabel op de volgende bladzijde staan de cijfers die voor het 'technisch realiseerbaar potentieel' worden gegeven. Hiermee wordt de energie bedoeld die tegen redelijke kosten

kan worden opgewekt wanneer met bepaalde beperkingen rekening wordt gehouden: zoals het niet bouwen in nationale landschapsparken of op plaatsen waar de zeebodem te zacht is, of waar radarinstallaties of trekvogels hinder van windturbines kunnen ondervinden. Onder 'redelijke kosten' verstaan de onderzoekers ongeveer 10 eurocent per kWh of minder. Met deze begrenzing van de kosten kunnen de installaties alleen daar gebouwd worden waar de betreffende energiebron geconcentreerd aanwezig is – op plaatsen waar het hard waait, of aan kusten met een sterke getijdenwerking – en alleen op die locaties waar ze groepsgewijs kunnen worden opgesteld. Als je windmolens te ver uit elkaar bouwt, kost het je handenvol geld om ze vervolgens op het net aan te sluiten.

Energiebron	*Technisch realiseerbaar potentieel (terawatt-uur)*
wind op land	8
wind op zee	100
golfslag	53
getijdenstroming [i]	2
zon (zonnecellen)	0,5 [ii]
waterkracht	7 [iii]
totaal	**170,5**

i. Bij getijdenstroming wordt gebruik gemaakt van vrij stromend water, dit in tegenstelling tot getijdencentrales, waarbij een dam de riviermonding volledig afsluit.

ii. Het rapport van de Energy Technology Support Unit is op dit punt erg verwarrend. Eerst wordt er beweerd dat 'het technisch realiseerbaar potentieel in 2025 maximaal 266 TWh/j zal zijn. Dit maximum technisch realiseerbaar potentieel omvat zonnecellen in alle windrichtingen'. Dit voorstel om zonnecellen aan te brengen op alle muren en daken, ongeacht de richting ervan ten opzichte van de zon, is nogal opzienbarend (om het maar voorzichtig uit te drukken). Er wordt vervolgens beweerd dat er in 2025 27 TWh aan 'technisch potentieel' voorhanden zal zijn en 0,17 aan 'marktpotentieel'. Dan volgt er een grafiek waarin 'potentieel' tegen 'kosten' wordt afgezet, waaruit blijkt hoeveel stroom voor 7 pence (10 eurocent) per kWh of minder kan worden opgewekt. Hieruit rolt, bij een discontovoet van

8 procent, een getal van 0,5 TWh. Dit lijkt wat zonne-energie betreft de definitieve uitkomst te zijn. De Royal Commission on Environmental Pollution, op haar beurt, vindt dit blijkbaar een te pessimistische schatting, want in een van haar rapporten staat het volgende te lezen: 'Volgens berekeningen van ETSU komt er vóór 2010 geen energie uit zonnecellen ter beschikking die minder dan 7 pence per kWh kost, en in het jaar 2025 slechts zeer weinig (gemiddelde opbrengst: 0,2 GW).' Maar nergens in het ETSU-rapport kan ik het laatste getal vinden (0,2 GW, dat feitelijk een *vermogen* aangeeft).
iii. Aan waterkracht is er in Groot-Brittannië al 4 TWh aan vermogen opgesteld. Het enige andere onproblematisch potentieel van betekenis (3 TWh) ligt volgens ETSU in Schotland.

Bron: Energy Technology Support Unit.[5]

Het valt u misschien op dat bepaalde technologieën zoals getijdencentrales[i] niet in de tabel zijn opgenomen. Het adviesbureau heeft in dit geval geconcludeerd dat het technisch realiseerbare potentieel nihil is – en dat verheugt me zeer. Wat de tabel lijkt aan te geven, is dat we met behulp van duurzame energiebronnen, in dit meteorologisch meest geteisterde land van Europa, nauwelijks de helft van onze stroombehoefte zouden kunnen opwekken.

Het is inmiddels duidelijk geworden dat deze schattingen veel te pessimistisch zijn. De Energy Technology Support Unit (ETSU) is ervan uitgegaan dat het landelijke distributienet blijft zoals het is, terwijl het in werkelijkheid op allerlei manieren kan worden uitgebreid. De kosten van sommige duurzame energietechnieken zakken bovendien veel sneller dan toentertijd door ETSU werd ingeschat. Bovendien is het potentieel aan golfslagenergie slechts op vijf plaatsen onderzocht, terwijl het over een veel groter gebied zou kunnen worden benut.

In 2005 publiceerde de Britse regering het rapport *Offshore Renewables – The Potential Resource*, waarin het 'theoretisch windenergiepotentieel op zee in voorgestelde strategische regio's' wordt geschat. Dit potentieel wordt op meer dan 3.213 TWh geschat, dat wil zeggen meer dan acht keer de totale Britse stroombehoefte.[6] Des te verrassender is dat de 'voorgestelde strategische regio's' allemaal voor de kust van

Engeland liggen. Naar de wateren rondom Schotland, Noord-Ierland en Wales is niet eens gekeken, hoewel het daar meestal harder waait (maar turbineplaatsing daar is natuurlijk wel veel moeilijker, omdat de zee er meestal dieper en ruwer is dan bij Engeland).

Het rapport zegt niet hoeveel van dit 'theoretisch potentieel' voor 'technisch potentieel' doorgaat. Maar vijf tot tien procent lijkt mij een redelijke schatting. Als we ons jaarlijks elektriciteitsverbruik met 25 procent zouden terugbengen – van 400 naar 300 TWh – zouden we in theorie ergens tussen de 50 en 100 procent van onze behoefte met niets anders dan offshore-windenergie kunnen opwekken.

Dat deze recentere regeringsschattingen zoveel hoger liggen komt onder andere omdat er nu al grotere offshore-windturbines worden gebruikt dan door ETSU was voorzien. ETSU rekende met turbines met een vermogen van 1,5 megawatt, de regering met turbines met het dubbele daarvan. Een aantal daarvan is nu al in aanbouw. Er zijn mensen die beweren dat er in het jaar 2030 turbines met een vermogen van 10 megawatt beschikbaar zullen zijn.[7] Ook ETSU's inschatting van het potentieel aan windenergie op het land is te laag: terwijl zij uitging van turbines met een vermogen van slechts 600 kilowatt,[8] worden er inmiddels al 2 megawatt-molens gerealiseerd. Voor turbines op het vaste land lijkt daarmee echter wel de grens te zijn bereikt, omdat er geen vrachtwagens bestaan die nog grotere wieken kunnen transporteren.

ETSU ging er daarnaast vanuit dat er geen turbines kunnen worden geplaatst in water dat dieper is dan 40 meter. De regering gaat daarentegen uit van een maximumdiepte van 50 meter. De regeringsnota stelt bovendien dat ze veel verder buitengaats kunnen worden gebouwd. Een heel groot windpark dat op 100 in plaats van 20 kilometer van de kust wordt gebouwd, zal de extra kosten van aansluiting op het distributienet met slechts zo'n 5 procent van de totale projectsom verhogen. Volgens het rapport: 'lijkt het waarschijnlijk dat de industrie locaties zal verkennen die ver buiten de territoriale wateren liggen, wellicht zelfs tot 100 kilometer buitengaats.'[9]

Hoewel deze niet expliciet in hun nota worden aangehaald, heeft de regering blijkbaar hetzelfde ontdekt als waar ik op ben gestuit – hoogspanningsleidingen voor gelijkstroom. Ik begin er stilaan in te geloven dat we met deze kabels de wereld kunnen veranderen.

Toen Thomas Edison de eerste distributieleidingen voor elektriciteit ontwikkelde, liep daar gelijkstroom doorheen, maar onder lage spanning. Hierdoor kon stroomlevering slechts over korte afstanden plaatsvinden: tot ongeveer twee kilometer. Wisselstroom daarentegen kan onder hoogspanning worden opgewekt en getransporteerd en werd vrijwel overal snel ingevoerd als standaardmethode om stroom naar vrijwel iedere plaats te brengen. De bovengrondse elektriciteitsleidingen waarvan we nu allemaal afhankelijk zijn, en waaraan we ons allemaal zo storen, transporteren vrijwel allemaal wisselstroom onder hoogspanning. Maar door de ontwikkeling van hoogspanningsschakelaars en ultralichte kabels, waardoor gelijkstroom over langere afstanden kan worden gestuurd, verandert ineens de hele situatie.

In eerste instantie is een hoogspanningsverbinding voor gelijkstroom duurder in het gebruik dan een conventionele wisselstroomverbinding; bij het aankoppelen op het distributienet treedt aanvankelijk een groter stroomverlies op.[10] Maar naarmate de transmissieafstand groter wordt, presteert gelijkstroom steeds beter. Hoogspanningsmasten voor gelijkstroom zijn meer bescheiden van formaat, waardoor de fysieke infrastructuur minder ruimte in beslag neemt (en ook minder storend werkt). Uit gegevens van de Wereldbank blijkt dat bij afstanden van meer dan 650 kilometer, wisselstroom de duurdere optie wordt.[11] Naarmate wisselstroom, vanwege stijgende milieukosten en ruimtebeslag, duurder wordt, neemt de rentabiliteit van de gelijkstroomsystemen snel toe. De Wereldbank stelt dat een nieuw type kabel met polyetheen mantel over een afstand van slechts 60 kilometer al rendabel zou kunnen zijn.[12] Het belangrijkste is echter dat, hoewel er bij het aankoppelen van een gelijkstroomsysteem in het begin meer stroomverlies optreedt, dit daarna met de afstand niet verder toeneemt. Bij

wisselstroomsystemen daarentegen neemt het stroomverlies toe met de afstand. De lengte van een gelijkstroomleiding is in principe onbegrensd. In de Democratische Republiek Congo ligt er al één van 1.700 kilometer.[13]

Gevolg van dit alles is dat je nu stroom kunt betrekken uit een veel groter gebied dan voorheen. Hoogspanningsleidingen voor gelijkstroom kunnen gewoon op de zeebodem liggen, waardoor alle delen van de zeebodem op minder dan 50 meter diepte voor windturbines beschikbaar komen. En vrijwel heel het continentaal plat komt binnen bereik voor drijvende golfenergiecentrales, omdat die aan ankers op diepere locaties kunnen liggen. Omdat de windsnelheid bij elke 100 kilometer buitengaats met ongeveer 1 meter per seconde toeneemt,[14] zouden de kosten van duurzame elektriciteit misschien zelfs kunnen *dalen* naarmate je verder de zee opgaat.

Hoewel offshore-windenergie vooralsnog duurder is dan windenergie op het vaste land, kunnen de schaalvoordelen die ontstaan bij het bouwen van zeer grote windparken – die door de langeafstandsleidingen mogelijk worden – wel eens betekenen dat deze prijs snel zakt, volgens sommige onderzoekers zelfs met 40 procent in de komende tien jaar.[15] Als je maar ver genoeg buitengaats gaat, zal de enige klaagzang over vermeende lelijkheid van de kabeljauwvissers komen. Zo ver verwijderd van de bewoonde wereld kun je turbines opstellen die sneller draaien (en daardoor zowel lawaaieriger als efficiënter zijn) zonder dat iemand zich daaraan stoort.[16]

Maar langere leidingen bieden niet alleen voor wind- en golfslagstroom voordelen. Op dit moment is de beschikbaarheid van zonne-energie op onze planeet omgekeerd evenredig aan de bevolkingsdichtheid: in de woestijnen is het aanbod het grootst en meest constant. Al jaren roepen eenzame milieuprofeten dat je met de zonne-energie van de Sahara heel Europa van stroom zou kunnen voorzien, dat de Gobiwoestijn dezelfde dienst aan China kan bewijzen en dat de Chihuahua-, Sonora-, Acatama- en Grote Victoria-woestijnen hun respectievelijke continenten eveneens een onuitputtelijke hoeveelheid energie kunnen leveren. Deze 'roependen in de

woestijn' zijn altijd voor gek versleten; maar door de opkomst van goedkope gelijkstroomkabels zouden ze wel eens gelijk kunnen krijgen.

Op plaatsen met veel zon kun je op verschillende manieren goedkope stroom opwekken. De eerste veronderstelt het grootschalig produceren van zonnecellen van het type dat sommige mensen in kleine panelen op hun dak hebben zitten. Op kleine schaal en op onze breedtegraad zijn deze zogenaamde 'fotovoltaïsche' zonnecellen ongeveer de duurste vorm van stroomopwekking die je kunt bedenken en dat zullen ze waarschijnlijk ook blijven. Maar als je middenin de woestijn enorme oppervlakten met zonnecellen bedekt, kun je schaalvoordelen behalen die elders ondenkbaar zijn. Maar wellicht nog veelbelovender is 'thermisch-elektrische zonne-energie'.

Met behulp van grote schotel- of trogvormige spiegels kun je met geconcentreerde zonnewarmte water of een andere vloeistof in een buis verhitten tot ongeveer 400° Celsius. De stoom drijft een turbine aan die stroom opwekt.[17] In zuidelijk Californië wordt dit soort zonnecentrales al sinds het begin van de jaren '80 gebruikt. De geleverde stroom kost tussen de 12 en 15 dollarcent per kilowatt-uur (ongeveer 8,5-10,5 eurocent).[18] Tijdens de piekuren kost de stroom in zuidelijk Californië de gebruiker tussen de 10 en 18 dollarcent.[19] (Door het wijdverbreide gebruik van airco's is de vraag hier het grootst wanneer de zon het hardste schijnt, waardoor de maximale opbrengst aan zonnestroom samenvalt met de piekvraag.) Soortgelijke centrales zijn ook in bedrijf in onder andere Spanje, Italië, Marokko, India en Mexico.

Je kunt er ook voor kiezen het zonlicht met talloze afzonderlijke spiegels op een centraal opgestelde 'receptor' te richten: een keramisch plaatje aan de top van een toren van honderd meter hoogte of meer. Met het licht van al deze spiegels, die de dagelijkse beweging van de zon volgen, bereikt het plaatje een temperatuur van rond de 1000°C. Met de hiermee opgewekte stoom wordt een turbine aangedreven.[20] In Spanje loopt al een proefproject. Met dit soort temperaturen kan

een deel van de warmte in vloeibaar zout worden opgeslagen, waardoor stroomlevering ook op zonloze dagen mogelijk is.[21] Een andere mogelijkheid, eveneens op proefschaal in Spanje uitgetest, is het gebruik van een holle toren waarin de opstijgende zonnewarmte een turbine aandrijft. Plannen om een één kilometer hoge 'zonne-schoorsteen' te bouwen in de *outback* ten noorden van Melbourne zijn weliswaar door de Australische regering met veel enthousiasme ontvangen,[22] maar ik vermoed dat deze belangstelling vooral wordt ingegeven door de wens met 's werelds hoogste toren te pronken en niet door de commerciële haalbaarheid van het project, die vooralsnog niet aantoonbaar is.

Het Internationaal Energie Agentschap heeft berekend dat als je het oppervlak van 50 procent van de grootste woestijnen in de wereld met fotovoltaïsche zonnecellen bedekt, je daarmee achttien keer meer energie – oftewel 216 keer meer elektriciteit* – zou produceren dan de wereld nu gebruikt.[25] Om aan de huidige vraag te voldoen zou je daarom slechts 0,23 procent van het woestijnoppervlak met zonnecellen hoeven te bedekken (ervan uitgaand dat deze stroom alleen wordt gebruikt wanneer de zon schijnt). In 2003 heeft het agentschap berekend dat deze stroom 6,5-7,5 eurocent zou kosten en dat de prijs vóór het jaar 2010 met 25 tot 50 procent zal zakken.[26]

Wat de langeafstandleidingen bij uitstek aantrekkelijk maakt, is dat je daarmee gelijktijdig stroom uit zeer verschillende streken kunt betrekken, waarmee de aanvoer van duurzame energie ineens veel betrouwbaarder wordt. Als het op de Noordzee kalm is, kan het ver uit de Ierse kust flink waaien. En wanneer de zon in het oosten van de Sahara ondergaat, schijnt hij in het westen nog volop. Met deze langeafstandskabels kun je dus niet alleen allerlei afgelegen plekken ontsluiten ten behoeve van de energieproductie; ze bieden wellicht

---

* Uit de cijfers van het IEA valt af te leiden dat het totale mondiale energieverbruik 200.000 TWh bedraagt,[23] waarvan 16.742 TWh elektriciteit.[24]

ook uitkomst voor het grootste probleem met stromingsenergie: haar onregelmatigheid.

Zoals eerder aangestipt, zijn er aanmerkelijke kostenbesparingen te behalen door schaalvergroting. Maar in een ander opzicht is een stroomvoorziening op basis van duurzame energie heel eigenaardig: hoe meer je van dit soort energie ter beschikking hebt, hoe duurder een van de componenten wordt.

Het probleem met dit soort energiebronnen is dat wind en deining onregelmatig zijn. Anders dan conventionele elektriciteitscentrales, kunnen deze bronnen niet naar believen in- of uitgeschakeld worden. Als je het hele energienet met dit soort fluctuerende bronnen zou voeden, zonder daarbij een gigantisch opslagsysteem aan te leggen, zou bij het wegvallen van wind of zeeslag de hele stroomvoorziening in elkaar zakken. Bijgevolg moeten duurzame energiebronnen altijd worden ondersteund door andere vormen van opwekking.

Elk elektriciteitssysteem heeft een bepaald reservevermogen. Wanneer er ergens een stoomturbine of transformator uitvalt, of wanneer de vraag onverwachts stijgt, moet een beroep kunnen worden gedaan op eenheden die tot dat moment stilliggen of op lage toeren draaien en à la minute kunnen worden ingeschakeld. Om er zeker van te zijn dat aan de piekvraag kan worden voldaan, heeft Groot-Brittannië bijvoorbeeld in totaal een opwekkingsvermogen van 75,5 GW terwijl er strikt genomen slechts 67,7 GW nodig zou zijn.[27] (Dit reservevermogen is overigens nooit in zijn geheel beschikbaar, omdat er wegens onderhoud of reparatie altijd een aantal eenheden zal zijn afgekoppeld.)

Al valt er een heleboel duurzame stroom te winnen, dat betekent nog niet dat we zomaar een overeenkomstig vermogen aan kolen- en gascentrales kunnen sluiten. Gegeven de wisselende kracht van wind, golfslag en andere stromingsbronnen, zullen we geld moeten blijven steken in het openhouden van deze centrales en zelfs, in de toekomst – als de oude centrales sterven – in het bouwen van nieuwe, die vooral tot doel hebben om stil te zitten wachten tot de elementen het laten af-

weten. Het paradoxale van duurzame energie is dus dat iedere toegevoegde gigawatt duurzame capaciteit minder conventionele centrales kan vervangen, omdat de potentiële gevolgen voor het net van het wegvallen van wind of deining almaar groter worden.

Wanneer we bijvoorbeeld windparken zouden bouwen met een totaal vermogen van 8 GW, zouden we daarmee 3 GW aan fossielgestookte centrales kunnen vervangen.[28] Maar wanneer we besluiten dat we 25 GW aan windkracht willen, genoeg om in ongeveer 20 procent van de Britse behoefte te voorzien, komen we niet verder dan sluiting van 5 GW conventioneel vermogen.[29] Voorbij dat punt zal verdere sluiting van dit soort centrales min of meer uitgesloten zijn, hoeveel windmolens we er ook bijbouwen.[30] Graham Sinden van het Environmental Change Institute in Oxford heeft berekend dat we met een beter uitgekiende 'energiemix' – van wind-, golfslag- en getijdenenergie – nog iets verder kunnen komen. Volgens hem kunnen we dan met 26 GW aan duurzame bronnen ongeveer 6 GW aan conventioneel vermogen vervangen.[31] Dit houdt in dat we dan 96 GW aan opwekkingsvermogen hebben opgesteld om dezelfde stroomvoorziening te garanderen als we nu met 76 GW doen.* Daartegenover staat echter een belangrijk voordeel. Hoewel de kapitaalkosten van de gehele elektriciteitsvoorziening ermee stijgen, hoeft er minder te worden uitgegeven aan brandstoffen; de gas- en kolencentrales die we achter de hand houden, hoeven veel minder te worden aangesproken dan nu het geval is. Zolang windenergie zichzelf terugverdient, maakt het niet uit dat het totaal opgesteld vermogen zoveel groter is.

Een in opdracht van de Britse regering uitgevoerde studie laat zien dat als we in 2020 twintig procent van onze stroom uit duurzame bronnen halen, dat jaarlijks tussen 140 en 400 miljoen pond extra 'systeemkosten' met zich brengt, bovenop de eigenlijke opwekkingskosten van 9 miljard pond. Als we geen twintig maar dertig procent van onze stroom uit deze

---

* 26 – 6 = 20; 20 + 76 = 96.

bronnen halen, bedragen de extra systeemkosten 330-920 miljoen pond.[32] Dit zijn de kosten die verband houden met het onderhoud aan de oude centrales en het inzetten ervan op het moment dat er krapte ontstaat. En toch, als we 20 procent van onze stroom uit duurzame bronnen halen, ziet het ernaar uit, getuige een rapport van het Britse Energy Research Centre,[33] dat de extra systeemkosten die door deze toename in het aantal windturbines ontstaan, ver zullen achterblijven bij de daarmee behaalde schaalvoordelen.

En boven de 20 of 30 procent? Die vraag lijkt bijna niemand zich te stellen. Ik ben er nog steeds niet achtergekomen hoe dat komt. De Royal Commission on Environmental Pollution beklaagt zich dat 'er tot nu tot blijkbaar geen onderzoek is geweest' naar hoeveel duurzame stroom het net kan hebben, 'noch door de beheerders van het landelijke net, noch door enige andere instantie'.[34]

Dat onderzoekers niet verder kijken dan 20 of 30 procent komt vermoedelijk doordat niemand ze dat vraagt. Het wetenschappelijk onderzoek naar het aanpakken van het klimaatprobleem wordt in de rijke landen al jarenlang door regeringsbeleid doorkruist. Eerst worden er doelstellingen gesteld ten aanzien van duurzame energie (in het geval van Groot-Brittannië een aandeel van 20 procent in 2020), waarna onderzoekers de opdracht krijgen uit te zoeken hoe dit het beste kan worden gerealiseerd. Maar dit soort onderzoek wordt vooral door de centrale overheid betaald; of de doelstellingen de juiste zijn, en of deze überhaupt in verhouding staan tot wat technisch en economisch mogelijk is, zijn vragen die niet aan de onderzoekers worden gesteld. Wanneer het aankomt op een duurzame bijdrage van meer dan 20 of 30 procent tasten we dus in het duister.

Een flinke uitbreiding van het aandeel duurzame energie betekent dus niet dat we het grootste gedeelte van de bestaande CO_2-producerende centrales kunnen sluiten. Toch zal er in deze centrales minder fossiele brandstof hoeven te worden gestookt dan nu het geval is, want de eenheden die op standby worden gehouden, zullen over het algemeen alleen worden

aangesproken wanneer een piek in de vraag toevallig samenvalt met het wegvallen van de wind.

Het snelst en goedkoopst op te starten zijn conventionele kolen- of gasgestookte centrales.[35] In beide gevallen gaat het om een inefficiënte wijze van stroomopwekking, waardoor de CO_2-uitstoot die met windenergie samenhangt iets hoger uitvalt dan anders het geval zou zijn geweest. Er zal bovendien meer vermogen in 'deellast' moeten worden gehouden, dat wil zeggen langzaam doortikkend, maar klaar om snel op volle toeren, ofwel 'vollast', te gaan draaien. Centrales draaiend op deellast zijn 10-20 procent minder efficiënt dan op vollast.[36]

De Royal Commission on Environmental Pollution komt op dit punt tot de volgende conclusie:

> Hoewel een aanzienlijk vermogen op standby zal moeten worden gehouden, zullen deze installaties slechts sporadisch hoeven te worden ingezet, waardoor de totale jaarlijkse Britse CO_2-uitstoot niet noemenswaardig zal toenemen.[37]

Maar omdat de commissie niet verder kijkt dan 20 procent duurzame energie, weten we niet of dit ook opgaat wanneer we bijvoorbeeld 50 procent van onze stroom op deze manier opwekken. Een artikel in het vakblad *Energy Policy* gaat hier iets dieper op in:

> Als we 10 procent nemen als conservatieve schatting van het lagere rendement [van centrales in deellast] … gaat er van de uitgespaarde emissies ten gevolge van het windvermogen iets meer dan 1 procent af. Hiertegenover staat dat er door inschakeling van deze windenergie 20 procent minder fossiele brandstoffen gebruikt hoeven worden.[38]

Samenvattend kun je dus stellen dat bijna 99 procent van de door wind opgewekte stroom klimaatneutraal zou zijn, dat wil zeggen geen CO_2-uitstoot zou veroorzaken. Maar we tasten nog steeds in het duister wanneer het aankomt op een bijdrage van meer dan 20 procent.

Maar is deze tussenbalans wel betrouwbaar? In het vakblad *Civil Engineering* stelt energie-adviseur Hugh Sharman dat we met de huidige weersvoorspellingen de windsnelheid voor de volgende dag tot slechts 1,5 meter per seconde nauwkeurig kunnen voorspellen.[39] Voor de opbrengst van een windturbine maakt het heel veel uit of de wind met 7,5 of met 9 meter per seconde waait: volgens het artikel kan hiermee 21 procent van het nominale vermogen verloren gaan. Door de onvoorspelbaarheid van de wind, zo redeneert Sharman, moet een groot aantal conventionele centrales op deelast blijven draaien, omdat anders het net onbeheersbaar wordt. Bijgevolg zou het voor Groot-Brittannië geen zin hebben méér dan 10 gigawatt aan windvermogen op te stellen.[40]

Ik heb deze beweringen vrij grondig onderzocht en ben tot de conclusie gekomen dat ze onmogelijk kunnen kloppen. De opbrengst van één enkele turbine – die inderdaad nogal onregelmatig kan zijn – zegt weinig over de opbrengst van alle turbines die op het net zijn aangesloten, want daarbij is er veel minder fluctuatie. Bovendien heeft Sharman juist het gevoeligste deel van de windopbrengstcurve genomen: bij hogere of lagere windsnelheden heeft een verschil van 1,5 meter per seconde veel minder effect op de stroomopbrengst. Belangrijker nog, eendaagse voorspellingen van windsnelheid zijn weinig relevant voor het 'balanceren' van het net, want dit gebeurt op een veel kortere tijdsschaal. In de Britse situatie worden voor dit doel eenuursvoorspelllingen gebruikt en deze zijn over het algemeen behoorlijk nauwkeurig.

Zoals ook bij alle andere vormen van elektriciteitsopwekking, lijken de kosten van stroom uit windparken vooral afhankelijk te zijn van wie ze heeft berekend. We hebben, met andere woorden, te maken met een vraag die zowel politiek als economisch is. In de volgende tabel staat een aantal kostenramingen. In alle gevallen betreft het de totale kosten van windenergie, dat wil zeggen turbine-aankoop en -opstelling, aansluiting op het net en het standby houden van reservevermogen. Aan het einde van 2004 bedroeg de gemiddelde bulkprijs van stroom uit conventionele centrales 2,1 pence

(3,0 eurocent) en aan het einde van 2005 3,6 pence (5,1 eurocent).[41]

Informatiebron – tijdshorizon	*Windenergie op land per kilowatt-uur*	*Windenergie op zee in eurocenten*
Performance and Innovation Unit, 10 Downing Street – 2020 [42]	2,1 - 3,6	2,9 - 4,3
Internationaal Energie Agentschap – heden [43]	4,3 - 10,0	10,0 - 17,1
Performance and Innovation Unit, 10 Downing Street – heden [44]	3,6 - 4,3	7,2 - 8,6
Sustainable Development Commission – heden [45]	4,6	7,9
Royal Academy of Engineeering – 'in de toekomst' [i] [46]	6,9	9,0
Royal Academy of Engineeering – heden [47]	7,7	10,3

i. Er staat niet bij wanneer.

Het bureau van de premier op Downing Street 10 voorspelt dat elektriciteit uit aardgas in 2020 tussen 2,9 en 3,3 eurocent per kilowatt-uur zal kosten en elektriciteit uit kolen 4,3-5,0 eurocent.[48] Deze schattingen zijn misschien aan de lage kant, want sinds publicatie van het betreffende rapport in 2002 is de grootverbruikersprijs flink gestegen. Hoe het ook zij, als we deze cijfers mogen geloven, zal in het jaar 2020 windenergie op land de goedkoopste vorm van stroomopwekking zijn, terwijl stroom van offshore-windparken min of meer concurrerend zal zijn met conventionele stroom. Alle wetenschappers die ik heb gesproken menen dat de cijfers van de Royal Academy of Engineering niet door andere studies worden bevestigd en door de meeste deskundigen als veel te hoog worden beoordeeld.

Hoewel de stroomaanvoer van een windturbine op zee regelmatiger is dan van een landturbine, zijn in het eerste geval de bouwkosten hoger. Het is nu eenmaal duurder om een wind-

molen op de zeebodem te plaatsen dan op het land. De bijbehorende elektronica moet bovendien tegen het zoute water worden beschermd en de zeekabels zijn in aanleg duurder dan hoogspanningsleidingen op het vaste land. Maar deze bijkomende kosten zullen sneller dalen dan in het geval van windmolens op het land.[49]

Golfslag- en getijdenkracht zullen waarschijnlijk duurder blijven dan windenergie, zoals de volgende tabel de laat zien.

Informatiebron – tijdshorizon	*Golfslagenergie per kilowatt-uur in eurocenten*	*Getijdenenergie*
Performance and Innovation Unit, 10 Downing Street – 2020 [50]	4,3 - 8,6	
Jake Chapman en Robert Gross – vóór 2012 [51]	5,7 - 7,2	5,7 - 7,2
Jake Chapman en Robert Gross – 'op korte termijn' [52]	6,4 - 8,6	6,4 - 8,6
Performance and Innovation Unit, 10 Downing Street – 'de eerste commerciële installaties' [53]	5,7 - 11,4	5,7 - 11,4
Royal Academy of Engineering – 'in de toekomst' [i] [54]	8,2	8,2
Royal Academy of Engineering – heden [55]	9,4	9,4

i. Bij deze technologieën heeft de Royal Academy de kosten van reservevermogen niet meegerekend, omdat ze van golfslag- en getijdenenergie geen hoge verwachtingen heeft.

In één opzicht is het best mogelijk dat de extra kosten die voor duurzame energie steeds worden aangehaald wat overdreven zijn. Net als andere ontwikkelde landen heeft Groot-Brittannië een enorme reserve aan standby-vermogen dat altijd goed is onderhouden en dat ook zal blijven in de toekomst, maar dat zelden in de officiële cijfers wordt vermeld. Het gaat om alle dieselgeneratoren die bij ziekenhuizen, legerbases, politiebureaus, luchthavens, kantoren en fabrieken staan om in geval van een netstoring als noodaggregaat te dienen.[56] Alles bij elkaar omvat deze 'verborgen reserve' ergens tussen de 12[57]

en 20 GW.[58] We hebben in dit land dus 16-26 procent meer opwekkingsvermogen dan uit de regeringscijfers blijkt.* Als we ervan uitgaan dat het hoogste van deze cijfers klopt, en dat deze hele reserve kan worden aangesproken als de duurzame bronnen wegvallen, hebben we nu al genoeg standby-vermogen voor het scenario met 20 procent wind-, golfslag- en getijdenvermogen dat door Graham Sinden is voorgesteld.[59]

Een klein deel van dit verborgen vermogen wordt nu al aangesproken door de netbeheerder National Grid Transco. Het heeft een afspraak met een aantal van de verantwoordelijke instanties, dat ze binnen 20 minuten stroom aan het net moeten leveren wanneer ze daartoe worden ingeseind.[60] Nu is dit niet zo moeilijk, want een dieselgenerator kan vanuit een koude start al binnen 20 seconden op volle toeren draaien. Het waterleidingsbedrijf Wessex Water meldt dat zijn deelname aan deze overeenkomst 'voornamelijk is ingegeven door de ervaring dat als je in noodgeval op je standby-generatoren wilt kunnen vertrouwen, je deze minstens één keer per maand op vollast moet laten proefdraaien'.[61] Zo ver ik het kan overzien is er geen principiële reden waarom de rest van het reservevermogen niet ook op deze wijze zou kunnen worden benut. Omdat het toch al staat opgesteld, en om andere redenen ook opgesteld moet blijven, zou gebruik daarvan leiden tot een forse besparing op de kapitaalkosten van het benodigde standby-vermogen. Het nadeel van dergelijke generatoren is dat ze in vergelijking met grote centrales minder efficiënt omgaan met brandstof, al wordt dit deels gecompenseerd door het feit dat ze sneller op toeren zijn. Maar omdat ze waarschijnlijk toch alleen voor korte perioden zullen worden ingezet, zal het brandstofverbruik marginaal zijn.

Een andere manier om de kosten te drukken is de stromingsenergie betrouwbaarder maken. Dit klinkt misschien belachelijk: het waait immers, of het waait niet. Maar dit geldt door-

---

* 87,5 of 95,5 GW in plaats van 75,5.

gaans alleen *per locatie*. Hoe meer windmolens over de verschillende regio's worden verdeeld, hoe meer kans er bestaat dat in elk geval een aantal ervan goed draait. Adviesbureau Oxera heeft in een onderzoek dat minder dan de helft van de Britse regio's omvatte die voor windenergie potentieel geschikt zijn* vastgesteld, dat er gemiddeld per jaar slechts 23 uur zijn waarin de vraag naar stroom piekt op hetzelfde moment dat de (denkbeeldige) windturbines minder dan 10 procent van hun maximum vermogen leveren.[62] Graham Sinden, die de weersstatistieken van heel Groot-Brittannië heeft onderzocht, concludeert dat 'er tussen 1970 en 2003 geen enkel uur is geweest waarin het niet ergens waaide in dit land, laat staan een dag of een week.'[63]

Als twee windparken duizend kilometer uit elkaar liggen, is er een correlatie van slechts tien procent tussen de respectievelijke opbrengsten ervan; er is met andere woorden 90 procent kans dat de windsnelheid op de twee plaatsen verschilt.[64]

Een van de voordelen van de hoogspanningsleidingen voor gelijkstroom waarover ik het eerder had, is dat je daardoor minder reservevermogen nodig hebt om de fluctuaties in het duurzame aanbod op te vangen, omdat je met deze kabels op veel meer plaatsen wind- en golfslagenergie kunt exploiteren. En, zoals ik ook al eerder meldde, heeft Sinden in zijn werk aangetoond dat je meer op duurzame energie kunt rekenen naarmate je deze uit meer verschillende bronnen betrekt. Eb en vloed hebben niets met de windsnelheid te maken, en de zee blijft ook deinen lang nadat de wind is gaan liggen.**[65]

Naarmate de hoeveelheid duurzaam opgewekte stroom toeneemt en de voorzieningszekerheid ook, lopen we echter tegen een luxeprobleem op: we hebben te veel! Als het hard waait op een moment dat er weinig vraag naar stroom is, zul-

---

* Er werd gekeken naar offshore-wind in de Wash, de monding van de Theems en het noordwesten van Engeland, en naar windenergie op land in Schotland.

** Sinden berekent dat er tussen het geleverde vermogen van wind- en golfslageenheden een correlatie van slechts 42 procent bestaat.[65]

len er turbines stilgelegd moeten worden om te voorkomen dat de frequentie van de wisselstroom in het net te veel toeneemt (ervan uitgaand dat we nog altijd een wisselstroomnet hebben). Zo op het oog is dit een jammerlijke verspilling van energie. Maar misschien kunnen we twee vliegen in één klap slaan.

Op dit moment is de enige redelijk efficiënte manier om elektriciteit voor enige tijd op te slaan het proces dat ik in hoofdstuk 5 noemde, waarbij water van een laaggelegen naar een hooggelegen reservoir wordt gepompt, klaar om aangesproken te worden wanneer de vraag plotseling toeneemt. Bij dit soort 'pompaccumulatie' treedt er zo'n 20-25 procent energieverlies op,[66] een goed resultaat in vergelijking tot de verliezen van 50 procent of meer bij de mogelijke alternatieven.*

Omgerekend naar de prijzen van vandaag heeft het aanleggen van het reservoirsysteem bij Dinorwig in Noord-Wales 1,6 miljard pond (2,3 miljard euro) gekost.[67] Maar door de lange levensduur zijn de jaarlijkse kosten in feite laag. Als je vandaag nieuwe pompaccumulatiecentrales zou bouwen om de 'overtollige' stroom van duurzame energie-installaties op te vangen, zouden ze minimale bedrijfskosten met zich meebrengen, omdat deze elektriciteit – die anders verloren was gegaan – in wezen gratis is. Hiermee zou je ook veel van de problemen kunnen opvangen die voortvloeien uit de onregelmatigheid van het aanbod van wind- en golfslagenergie: als het te weinig waait, open je gewoon de sluizen, zoals dat al jaren lang gebeurt – alleen zou het opslaan van energie in dit geval gepaard gaan met CO_2-uitstoot.

Is het inderdaad haalbaar om meer pompaccumulatiecentrales aan te leggen? Het Hogerhuis stelt dat 'de mogelijkheden om in Groot-Brittannië het vermogen aan gepompte

---

* Zoals ondergrondse opslag van samengeperste lucht en waterstofproductie op basis van waterelektrolyse. Andere mogelijke opslagmethoden zoals *flow batteries*, vliegwielen en technieken die gebruik maken van supergeleiding en magnetisme zijn meestal alleen bruikbaar voor veel kortere periodes.

waterkracht uit te breiden, door dezelfde factoren wordt beperkt als bij conventionele waterkracht.'[68] Maar dit kan volgens mij nooit kloppen. Conventionele waterkracht wordt beperkt door de aan- of afwezigheid van snelstromende rivieren met een behoorlijk verval. Maar voor pompaccumulatie heb je geen rivieren nodig – gewoon een kuil in een berghelling en nog één onderaan. Als je beide met een dam afsluit, heb je meteen al een waterkrachtsysteem. Makkelijker wordt het nog wanneer één van de kuilen al water bevat: een natuurlijk fenomeen dat we doorgaans een 'meer' noemen.

De Royal Commission on Enviromental Pollution komt met een meer steekhoudend bezwaar: 'door de aanslag … op natuur en landschap lijkt het onwaarschijnlijk dat er geschikte locaties kunnen worden gevonden'.[69] Dit is een probleem dat serieuze aandacht verdient. Door de aanwezigheid van damwanden en bovengrondse leidingen zal het uitzicht er zeker niet fraaier op worden. Maar gezien de nu al ernstige verarming van het landschap door overbegrazing op veel plaatsen in de Britse bergstreken, ben ik er zeker niet van overtuigd dat de gevolgen voor de natuur overal bezwaarlijk hoeven zijn.

Iedereen die een kaart van de Britse eilanden bestudeert, begrijpt meteen waarom het aanleggen van dit soort accumulatiecentrales zo'n aantrekkelijke optie is. Het grootste potentieel aan windenergie vind je voor de noordwestkust van Schotland, een gebied dat gekenmerkt wordt door hoge bergen, waarvan een deel dichtbij de plaatsen waar zeekabels aan land zouden komen. Als gevolg hiervan zijn er nauwelijks extra distributieleidingen nodig. Maar aangezien dit idee tot nu toe geen onderwerp van maatschappelijke discussie is geweest, en er geen analyse is uitgevoerd om te beoordelen welke bergen hiervoor wel of niet geschikt zijn noch welke consequenties de aanleg van dergelijke centrales hier zal hebben, wil ik dit niet als concrete oplossing voorstellen. Toch is het de moeite waard om er verder over te discussiëren.

De verbetering van de voorzieningszekerheid kan ook langs een andere weg worden benaderd – door verandering aan te

brengen in de manier waarop mensen stroom gebruiken. Als het op de een of andere manier mogelijk zou zijn de vraag naar stroom te kunnen verminderen zodra het windaanbod daalt, zouden we minder reservevermogen nodig hebben. Er zou ook minder kans zijn op het crashen van het net. Maar hoe krijg je dat nu voor elkaar?

Verschillende mensen hebben voorgesteld huishoudelijke apparaten die niet altijd aan hoeven te staan – koelkasten en dergelijke – zó te ontwerpen dat ze zichzelf uitzetten zodra de landelijke stroomvraag stijgt.[70,71,72] Wanneer op een winteravond overal in het land de lampen aangaan, bijvoorbeeld, kunnen koelkasten en wasmachines maar beter uitgeschakeld zijn. Het zou niet moeilijk zijn dit soort apparaten automatisch te laten reageren op veranderingen in de frequentie van de wisselstroom. Wanneer de frequentie te zeer daalt (omdat er te weinig stroom aan het net wordt geleverd), schakelen ze zichzelf gewoon uit. Wanneer de frequentie weer toeneemt, springen ze vanzelf weer aan. Hiermee bereik je een zekere afvlakking van de uitschieters in de vraag waarvoor stroomleveranciers zoveel reservevermogen standby moeten houden. Het zou ook mogelijkheden bieden voor het deels opvangen van het wisselende aanbod aan stromingsenergie. Wanneer er veel vraag is maar weinig windaanbod, zetten bepaalde apparaten zichzelf gewoon uit. Wanneer er weinig vraag is maar veel wind, kunnen batterijopladers, elektrolyse-apparaten en installaties voor warmte-opslag hiervan profiteren. Hiermee kom je tegemoet aan één van de bezwaren die mensen tegen windenergie hebben: dat je stroom weggooit als het hard waait.

Maar hoewel er vaker over het 'beheersen van de vraagkant' is geschreven, is er voor één vraag verrassend weinig aandacht geweest. Wanneer de netbeheerder een stijging van de vraag ziet aankomen, verhoogt hij wijselijk de netspanning.[73] Maar dat zal hij eveneens doen wanneer hij ziet dat de aanvoer van duurzame stroom gaat wegvallen. Bijgevolg zullen onze slimme koelkasten en wasmachines zichzelf aanzetten precies op het moment dat ze uit moeten. Maar ook dit is geen onoverkomelijk probleem: de onafhankelijke denker

Oliver Tickell lijkt al een oplossing te hebben gevonden. Hij stelt voor om het elektriciteitsnet ook als communicatiesysteem te gebruiken. Hij noemt zijn idee het *Real-Time Pricing Initiative* en omschrijft het als volgt.

> Er zou een *open standard protocol* ontwikkeld en gepubliceerd [moeten] worden waarmee er informatie over de actuele elektriciteitsprijs door het openbare stroomnet geseind kan worden. Een groot deel van het elektromagnetisch spectrum is hiervoor beschikbaar zonder dat de hoofdfunctie van stroomlevering op enigerlei wijze zou worden verstoord, ongeveer op dezelfde wijze als een telefoonlijn zowel spraak als breedbandinternet verzorgt.[74]

Wanneer de momentane elektriciteitsprijs stijgt, krijgen 'slimme' stekkers aan koelkasten en wasmachines meteen elektronisch bericht dat het apparaat moet worden uitgeschakeld. Zodra de prijs weer terugvalt (of, in het geval van een koelkast, voordat de temperatuur teveel stijgt) springt het apparaat weer aan. In zijn betoog stelt Tickell:

> Al deze technologieën zijn reeds beschikbaar en marktrijp. Het enige dat nog ontbreekt is een goede industriële vormgeving en hoge productievolumes.[75]

Als je de variatie in de huishoudelijk stroomvraag meer afvlakt, kun je op deze manier de betrouwbaarheid van duurzame energie dus aanzienlijk vergroten.

Ik ga me nu aan vier schattingen wagen, waarvoor in de literatuur genoeg *terra firma* lijkt te bestaan. In de eerste plaats denk ik dat Groot-Brittannië over genoeg duurzame energiebronnen beschikt om gemiddeld 50 procent van zijn elektriciteitsbehoefte te dekken. Ten tweede geloof ik dat het openbare net, en daarmee de voorzieningszekerheid, ongeschonden blijft wanneer we 50 procent van onze stroom uit duurzame bronnen halen. In de derde plaats ben ik ervan overtuigd dat

de uitstoot van broeikasgassen die deze bronnen met zich meebrengen slechts een fractie bedraagt van wat er daarmee aan uitstoot wordt bespaard. En tenslotte kan ik niet geloven dat de stroomprijs per kilowatt-uur dan meer dan het dubbele zou bedragen van wat de Britse regering recent heeft berekend bij een aandeel van 20 procent stroom uit windenergie.

Mijn 'meta-inschatting' is dus dat 50 procent duurzaam opgewekte stroom een haalbare kaart is. Afhankelijk van de kosten van concurrerende energievormen is het best mogelijk dat de elektriciteitsprijs enigszins zal stijgen, maar niet tot groteske hoogten. Als we een versneld ontwikkelingsprogramma zouden uitvoeren, zoals in hoofdstuk 5 voorgesteld, zouden we volgens mij de resterende 50 procent kunnen halen uit conventionele centrales die met CO_2-afvang en -opslag zijn uitgerust. Als deze schattingen kloppen, kan onze hele stroomvoorziening dus op twee klimaatvriendelijke peilers worden gebouwd: gasgestookte centrales waarvan de uitlaatgassen van CO_2 worden ontdaan en duurzame energiecentrales die op het land of tot honderden kilometers van de kust worden opgesteld en via langeafstandskabels aan het landelijke net worden gekoppeld. Een elektriciteitsvoorziening die volledig op deze twee peilers rust (met conventioneel vermogen in reserve) zou slechts 15 procent van de CO_2 produceren die op dit moment door onze stroomleveranciers naar de lucht wordt geloosd. In combinatie met de in hoofdstuk 4 besproken efficiëntiemaatregelen, kom ik hiermee aan een totale reductie van bijna 90 procent.

Maar hoe ambitieus en geslaagd dit voorstel ook moge lijken, een groot deel van het probleem blijft helaas nog onaangeroerd.

De reden daarvoor is de volgende: 73 procent van ons huishoudelijk energieverbruik gaat op aan *verwarming* (ruimteverwarming en warmwatervoorziening), terwijl slechts een betrekkelijk klein deel hiervan op elektriciteit werkt: van de 24,5 miljoen woningen in Groot-Brittannië hebben 17 miljoen een gasgestookte verwarmingsketel.[76] Tenzij er een methode is

om naast het elektriciteitsprobleem ook het verwarmingsprobleem op te lossen, zal ik moeten toegeven dat onze woningen – en onze kantoren, fabrieken, scholen en ziekenhuizen – onvoldoende kunnen worden aangepast om mijn doestelling te halen. Omdat we niet zonder verwarming kunnen, zal ik het project dan als mislukt moeten beschouwen. Ik moet dus een manier vinden om onze gebouwen te verwarmen zonder dat er aardgas of steenkool aan te pas komen. Omdat we vóór het jaar 2030 met betere woningisolatie naar alle waarschijnlijkheid onze CO_2-uitstoot met hooguit 40 procent kunnen terugbrengen,[77] zal ik minstens 50 procent van mijn oplossing moeten zoeken in een verandering van de manier waarop we warmte produceren. Kan dat?

Op dit moment is verwarming verantwoordelijk voor ongeveer 24 procent van het totale Britse energieverbruik.[78] Om alle benodigde warmte te produceren, wordt in totaal 2,4 exajoule energie aangewend.[79] Een exajoule is een prachtige eenheid, die staat voor een miljoen miljoen miljoen (oftewel één triljoen) joules. Rond 70 procent van deze exajoules wordt gebruikt in onze woningen.[80]

Op het eerste gezicht lijkt de oplossing niet zo moeilijk: we zetten de miljoen jaar oude traditie van onze menselijke en proto-menselijke voorouders voort en gaan weer hout stoken. Bomen nemen bij het groeien kooldioxide op en zolang ze niet sneller worden geoogst dan ze groeien, wordt er niet meer CO_2 geproduceerd dan wat het bos opneemt. In Scandinavië, waar je bij wijze van spreken door de bomen het bos niet meer ziet, is dit een reële oplossing. In Zweden halen ze al 17 procent van hun energie uit hout en in Finland 20 procent.[81] Maar in spaarzamer beboste landen ligt deze strategie een stuk moeilijker.

In haar grondige rapport *Biomass as a Renewable Energy Source* berekent de Royal Commission on Environmental Pollution dat de verbrandingswaarde van hout rond de 10 gigajoule (GJ) per ton bedraagt en dat de meest efficiënte manier om dit hout te produceren – het telen van wilgen, met het oogsten van de takken in een cyclus van drie jaar – per hectare ongeveer 10 ton hout (droog gewicht) per jaar op-

levert.*[82] Laten we ervan uitgaan dat voor het telen, oogsten en vervoeren van dit hout 10 procent van de energie-inhoud nodig is en dat het hout met een rendement van 75 procent in bruikbare warmte kan worden omgezet. Dit betekent dat er per hectare land 67,5 GJ klimaatneutrale energie kan worden geproduceerd. Een gigajoule is één miljardste exajoule. Om mijn doelstelling te halen – om hiermee in 50 procent van onze warmtebehoefte te voorzien, oftewel 1,2 exajoule klimaatneutrale energie – hebben we dus 17,8 miljoen hectare land nodig. Groot-Brittannië heeft in totaal 17 miljoen hectaren landbouwgrond, dus het zou nét kunnen. Het probleem is dat we dan niets anders meer kunnen verbouwen.

Hiermee begint het probleem pas. De laatste jaren lijden grote delen van Groot-Brittannië en met name de landbouwgebieden in de zomermaanden aan uitdroging, deels als gevolg van overmatige wateronttrekking, deels door klimaatverandering. In een ander rapport merkt de Royal Commission op: 'Omdat energiegewassen zo snel groeien, is de waterbehoefte groter dan bij landbouwgewassen.'[84] Als wij hier – en in vergelijkbare landen – een groot landbouwareaal aan het telen van brandstof in plaats van voedsel overlaten, zal dat tot een stijging van de mondiale voedselprijzen leiden, waardoor het ondervoede deel van de mensheid nog verder de hongersdood wordt ingejaagd. In zijn boek *When the Rivers Run Dry* beschrijft Fred Pearce hoe het dalen van het grondwaterpeil vrijwel overal ter wereld tot massale hongersnood kan leiden.[85] Dit proces wordt door energiegewassen als wilgen op twee manieren versneld: ze zorgen voor een nog snellere daling van de grondwaterspiegel, en in een tijd van groeiende voedselschaarste nemen ze land in beslag dat anders voor de teelt van eetbare gewassen had kunnen dienen. Het gevaar bestaat dat als we eenmaal de economische infrastructuur hebben aan-

---

* Er is een enorm verschil tussen deze cijfers en de gegevens van de FAO, de Voedsel en Landbouw Organisatie van de VN, die voor de verbrandingswaarde van wilgentakken 18,4 GJ/ton opgeeft.[83] Ik zal voorlopig de waarde van de Royal Commission aanhouden.

gelegd die grote investeringen in energiegewassen met zich meebrengt, we ons wel twee keer zullen bedenken voordat we naar voedselproductie terugschakelen wanneer dat moreel noodzakelijk wordt.

Het kweken van bomen voor verwarmingsdoeleinden is in morele zin minder dubieus dan het telen van gewassen om auto's van brandstof te voorzien (een onderwerp dat ik hoofdstuk 8 onder de loep neem), en wel om de volgende drie redenen. In de eerste plaats kunnen houtige gewassen op armere grond worden geteeld dan de olie- en suikerhoudende plantensoorten die momenteel worden gebruikt voor brandstofproductie. Ten tweede is het telen van hout als brandstof een veel kosteneffectievere route naar CO_2-uitstootvermindering. Volgens een onderzoek van de Sheffield Hallam University bereik je met een investering van één pond in biodiesel een uitstootreductie van 3 tot 6 kilo koolstof, terwijl je met dezelfde investering in snelgroeiende bomen voor de elektriciteitsproductie 20 kilo bespaart.[86] Met het telen van hout voor huishoudelijke verwarmingsdoeleinden, een proces met een hoger rendement dan de productie van biobrandstof, kun je waarschijnlijk een nog grotere CO_2-reductie bereiken. Ten derde levert houtproductie per hectare minder geld op dan het telen van oliehoudende gewassen, waardoor houttelende boeren eerder weer terug zullen gaan naar voedselproductie als er mondiale voedseltekorten dreigen.

Dit gezegd hebbende, lijkt me de potentiële bijdrage aan groeiende watertekorten en stijgende voedselprijzen van deze energiegewassen reden genoeg deze teelt tot maximaal 20 procent van ons landbouwareaal te beperken. Hiermee zouden we 0,23 exajoule aan klimaatneutrale energie voor verwarmingsdoeleinden kunnen winnen, oftewel 19 procent van de 1,2 exajoule die ik zoek.

We kunnen deze cijfers natuurlijk omhoog krikken door hout te importeren uit meer beboste landen. Maar biomassa neemt veel plaats in beslag (een kubieke meter droge houtsnippers weegt 150 kilo, een kubieke meter kolen 800 kilo[87]) waardoor vervoer een dure aangelegenheid wordt. Omdat de

'energiedichtheid' van hout laag is, worden de CO_2-emissies die het vervoer met zich meebrengt al snel groter dan de uitstoot die door het gebruik ervan wordt uitgespaard.

Als het hout bij wijze van spreken direct op de boerderij wordt verbrand, zal de totale CO_2-uitstoot slechts 5 tot 10 procent bedragen van wat er anders door het verbranden van fossiele brandstoffen was vrijgekomen.[88] Maar voor elke 10 kilometer dat het hout wordt vervoerd, zo berekent het Hogerhuis, wordt 0,2 procent van de energie-inhoud verspeeld.[89] Vervoer over 1000 kilometer leidt aldus tot een netto energieverlies van 20 procent. De situatie is feitelijk nog slechter dan uit deze cijfers blijkt, want je verruilt hiermee transportbrandstoffen – die binnenkort waarschijnlijk schaars zullen worden – voor verwarmingsbrandstoffen, die in principe ruimschoots voorhanden zullen blijven. Helaas is doordat in het noorden van Rusland en enkele andere gebieden het grootschalig kappen van oerbossen nauwelijks aan banden word gelegd, de prijs van het Russische hout veel lager dan in West-Europa, waardoor het economisch (maar niet ecologisch) rendabel is het hout met schepen of vrachtwagens hiernaartoe te halen. Het ontbreekt ons momenteel aan mogelijkheden om aan deze invoer een einde te maken. Volgens de Britse Minister voor Wetenschap en Technologie 'wordt onder de daarvoor geldende internationale regels geen enkele handelsbeperking op brandstoffen geduld'.[90]

De oogst van houtgewassen kunnen we verder nog aanvullen met het zaagsel, afval- en snoeihout dat de bosbouw en het park- en plantsoenonderhoud oplevert. Met aftrek van een klein deel dat voor andere doeleinden wordt gebruikt, hebben we er hiermee ongeveer 1,3 ton drooggewicht per jaar bij,[91] oftewel nog eens 0,7 procent van wat ik nodig heb.*

Door onze boeren wordt jaarlijks bijna 4 miljoen ton overtollig stro geproduceerd.[92] Als 20 procent van het landbouw-

---

* 6,75 GJ (één ton) x 1,3 miljoen = 8,775 petajoule, oftewel 0,0088 exajoule.

areaal voor de houtteelt wordt ingezet, zal dit iets minder worden. De FAO, die in het geval van hout andere energiecijfers hanteert dan de Royal Commission, vermeldt dat de energie-inhoud van tarwestro ongeveer 93 procent van die van wilgentakken bedraagt.[93] Om consequent te rekenen, zal ik hetzelfde percentage op het cijfer van de Commissie loslaten, waardoor de energie-inhoud van stro op 0,93 gigajoule per ton uitkomt. Aldus hebben we een verdere 0,019 exajoule klimaatneutrale warmte erbij afkomstig van 3 miljoen ton stro, oftewel 1,6 procent van het totaal.

De Energy Technology Support Unit stelt voor 1,3 miljoen ton kippenmest te verbranden, goed voor 13,5 gigajoule per ton, en daarnaast nog ongeveer 1,8 miljoen ton drijfmest, waarvan geen energie-inhoud wordt opgegeven.[94] Met dit laatste voorstel ben ik niet gelukkig, omdat hiermee voedingsstof aan de akkers wordt onttrokken, met twee belangrijke gevolgen. Ten eerste zul je meer (stikstof-)kunstmest nodig hebben, en voor de productie daarvan het je weer (veel) fossiele energie nodig. Ten tweede zou daardoor een wereldwijd tekort aan fosfaatmeststoffen kunnen ontstaan.[95]

Van de 1,2 exajoule dat ik zoek, heb ik tot dusver 21,3 procent gevonden. Dan ga ik er wel vanuit dat deze groene brandstoffen op een technisch eenvoudige manier en kosteneffectief kunnen worden ingezet. Beide veronderstellingen zijn onzeker. Als de FAO-cijfers betrouwbaarder zijn dan die van de Royal Commission, kunnen we de stand van de teller met een factor 1,8 verhogen, zodat we op 38 procent uitkomen. Dat ik niet weet welke van deze cijfers ik moet geloven, zal u inmiddels niet meer verbazen.

Naast hout is de zon natuurlijk ook een voor de hand liggende bron voor verwarmingsdoeleinden. Het principe van directe zonne-energie is eenvoudig: je plaatst een zwartgeverfde plaat, met daarop een serie buizen, op het dak. De plaat absorbeert de zonnewarmte, en verwarmt daarmee het water dat door de buizen stroomt. Zelfs inclusief de fabricage daarvan is de CO_2-uitstoot van zo'n systeem te verwaarlozen.

Volgens het adviesbureau AEA Technology is ongeveer de helft van de Britse woningvoorraad 'fysiek geschikt voor een warmwatersysteem op basis van zonne-energie'.[96] Als dergelijke zonneboilers inderdaad in de helft van de woningen zouden worden geïnstalleerd, zou volgens een in opdracht van de Britse regering uitgevoerde studie van het Imperial College, de totale warmteopbrengst 0,056 exajoule bedragen, oftewel nog eens 4,7 procent van wat we nodig hebben. Als we voor andere gebouwen dezelfde opbrengst aanhouden, stijgt deze bijdrage tot 6,7 procent. Maar tegelijkertijd is zonverwarmd water in de Britse situatie volgens AEA Technology 'veel duurder dan warmte op basis van fossiele bronnen', omdat het in het begin relatief veel kost om een zonneboiler te installeren, en omdat de zon hier niet zo krachtig schijnt.

Zo kom ik langzaam aan het einde van de mogelijkheden. Helaas hebben we hier geen vulkanen, waardoor we nauwelijks over grondwater op grotere diepte beschikken dat door aardwarmte is voorverwarmd. Als je alle watervoerende lagen met een temperatuur van boven de 40 graden zou benutten – de temperatuur waarbij het loont om het op te pompen – heb je volgens de British Geological Survey een voorraad van ongeveer 55 gigajoule aan winbare energie. Gesteld dat het niet op de verkeerde plaats zit, zou je er twintig jaar lang jaarlijks 2,75 gigajoule uit kunnen halen.[97] Dat zet dus weinig zoden aan de dijk.

Meer soelaas bieden de 'bodemwarmtepompen', waarbij warmte aan de bodem wordt onttrokken. Vanaf anderhalve meter diepte heeft de bodem een constante temperatuur van rond de 12 graden. Als je nu een diep gat onder je huis boort en daarin een dubbele leiding legt (voor heen en terug), of op deze diepte in je tuin een horizontaal buizenstelsel aanlegt, kun je de bodemwarmte benutten en het tot ongeveer 50 graden concentreren. Dit is prima voor vloerverwarming, maar net iets te koud voor radiatoren. De pomp waarmee het water door het systeem wordt gestuurd heeft weliswaar stroom nodig, maar een dergelijke installatie produceert 2,5 tot 4 keer meer energie dan ze verbruikt.[98] Als deze stroom

met behulp van duurzame bronnen wordt opgewekt, zal deze bodemwarmte min of meer klimaatneutraal zijn.

In Groot-Brittannië zijn we onwaarschijnlijk lui geweest met het oppikken van dit idee. In Zweden zijn er 230.000 bodemwarmtepompen in gebruik en in de Verenigde Staten 600.000.[99] Hier zijn het er in totaal zegge en schrijve 300.[100] Een van de problemen is dat onze woningvoorraad zo traag wordt vervangen. Een boorgat slaan, of sleuven graven, en vervolgens buizen onder de vloer aanleggen is een heel stuk makkelijker tíjdens het bouwen van een huis dan later. Een tweede probleem is ruimtegebrek. AEA Technology gaat ervan uit dat bodemwarmtesystemen slechts bij twee soorten woningen kunnen worden aangelegd: nieuwbouwwoningen en huizen op het platteland die nog geen gasaansluiting hebben: in Groot-Brittannië zo'n 4,4 miljoen stuks. Als er in al deze woningen warmtepompen worden geïnstalleerd, geeft dat een jaarlijkse warmteopbrengst van 79,3 terawatt-uur, hetgeen overeenkomt met 0,022 exajoule – alweer 1,8 procent van mijn streefgetal.*

In kantoor- en bedrijfsgebouwen kunnen we op deze wijze nog eens 1,4 TWh per jaar halen, waarmee we weer 0,033 procent dichterbij komen. Dat schiet nog niet op…

Dan blijft er alleen nog biogas over: het methaan dat vrijkomt uit vuilstortplaatsen, rioolwaterzuiveringsinstallaties en mestputten. Opnieuw word ik mismoedig van de minimale bijdrage die hieruit te halen valt. In de Britse situatie stelt AEA Technology dat de beperkingen die milieurisico, acceptatie onder de bevolking en het feit dat zuiveringsinstallaties meestal op afgelegen locaties liggen (iets waarvoor we in andere opzichten dankbaar zijn) 'het vrijwel onmogelijk maken' om methaan uit deze bronnen te gebruiken voor ruimteverwarming in gebouwen. 'De uiteindelijke warmtemarkt is vrijwel zeker nihil.'[101] Voor methaan uit stortplaatsen geldt min of

---

* 1 kWh = 3,6 megajoule; 79,3 TWh = 22.028 terajoule, oftewel 0,022 exajoule.

meer hetzelfde: omdat deze meestal ver buiten de bebouwde kom liggen, wordt het rondpompen van de opgewekte warmte een dure grap. Biogas kan over het algemeen beter voor stroom- dan voor warmteopwekking worden gebruikt.

En dat is, voor zover ik kan overzien, alles – tenzij we de stroomproductie flink willen opvoeren en mensen opnieuw 'warm' willen maken voor de goede oude tijd van de straalkachel: traag, inefficiënt en duur. Zelfs wanneer ik de meest optimistische cijfers hanteer en bepaalde ongunstige kostenfactoren door de vingers zie, ben ik niet verder gekomen dan 46,5 procent van de 1,2 exajoule warmte die ik uiteindelijk moet hebben.

Maar voordat ik het opgeef en aromatherapeut word – naar het zich laat aanzien het trieste lot van teleurgestelde activisten – heeft u nog één worp met de dobbelstenen van mij tegoed.

7 Het energie-internet

Binnen [brandde] 't vlug ontvonkte vuur;
Blij verstond ge te besluiten
Zulk een gruwelijk avontuur.
Faust, Deel II, Vijfde Bedrijf[1]

Mijn laatste hoop is gevestigd op het volgende: heb ik het probleem tot nu toe niet vanuit een verkeerd perspectief benaderd? Ik heb tot nu toe tegen elektriciteit en verwarmingsbrandstoffen aangekeken zoals vrijwel iedereen dat heeft gedaan sinds in 1926 met het aanleggen van het landelijke stroomnet is begonnen: als verbruiksartikel, geleverd uit grote voorraden over lange afstand. Maar het vraagstuk van energieopwekking kan ook worden benaderd vanuit een heel nieuw concept, dat over het algemeen wordt aangeduid als 'micro-opwekking' of 'het energie-internet'.[2] In haar meest pure vorm leidt dit tot de ontmanteling van het landelijke distributienet.

In plaats van op enkele plaatsen een heleboel stroom op te wekken, produceert het energie-internet overal kleine beetjes. En in plaats van elektriciteit via langeafstandsleidingen aan te slepen, worden honderden thuiscentrales aan elkaar gekoppeld om daarmee een decentraal distributienet te creëren. Via een nieuw soort energiemaatschappij kopen mensen hun stroom en warmte lokaal in, óf van een mini-centrale die hun woonwijk van energie voorziet, óf gewoon van elkaar. Hoewel zo'n plaatselijk net min of meer in de lokale behoefte zal kunnen voorzien, is koppeling aan andere lokale netten uit oogpunt van voorzieningszekerheid slimmer.[3]

De Britse afdeling van Greenpeace, die het idee van een energie-internet vol overtuiging uitdraagt, omschrijft het als volgt:

> Gebouwen fungeren niet langer als passieve energieverbruiker, maar als kleine centrales, als schakels in een lokaal energienet … In de visie van Greenpeace … zijn kolengestookte centrales ontmanteld en het woud van hoogspanningsmasten opgeruimd, daarmee hele landschappen herstellend … vrijwel alle energie die het net ingaat, wordt nuttig gebruikt – en niet slechts een fractie, zoals bij conventionele, centraal opgestelde fossiele-brandstofcentrales.[4]

Het idee is inspirerend. Maar kan het een kritische beschouwing doorstaan? De eerste vraag is of de betreffende technieken werken, of, om preciezer te zijn, of ze wel rendabel genoeg werken.

Greenpeace stelt twee vormen van duurzame energie voor ons energie-internet voor: zonnepanelen en miniwindturbines. Ik wil ze graag geloven. Maar hoe meer ik erover lees, hoe minder ik ervan overtuigd raak.

Het opwekken van elektriciteit door middel van zonnepanelen, dat wil zeggen panelen met fotovoltaïsche cellen, veroorzaakt geen landschapsverstoring noch enige andere overlast. De vereiste infrastructuur ligt er al: op het zuiden gerichte daken van huizen, fabrieken en kantoorgebouwen. Helemaal klimaatneutraal is deze technologie niet (in Europa duurt het twee tot vier jaar voordat zonnepanelen even veel energie hebben opgebracht als nodig was om ze te fabriceren[5]), maar er ontstaat heel wat minder CO_2-uitstoot per kilowatt geleverde stroom dan bij de grote fossiele stookinstallaties waarvan we nu afhankelijk zijn. Toch hebben mensen die in landen als Groot-Brittannië de stroomvoorziening voor een groot deel op zonne-energie willen baseren twee grote problemen: er is te weinig zon, en hij schijnt op het verkeerde moment.

In dit land is er niemand die zoveel voor zonne-energie heeft gedaan als Jeremy Leggett, directeur van Solar Century, een bedrijf dat zonnepanelen installeert. Ik ken hem al jaren en heb groot respect voor de man, niet in het minst omdat hij praktisch aan de slag is gegaan, terwijl ik vanuit mijn luie stoel andere mensen vertel hoe het allemaal moet. Toch word ik bij

enkele van zijn beweringen opnieuw gesterkt in mijn mening dat je voorzichtig moet omgaan met de uitspraken van mensen die iets te verkopen hebben. Zo stelt hij in *Half Gone* – een in andere opzichten bewonderenswaardig boek – het volgende:

> Door het installeren van dakpannen met zonnecellen op alle daarvoor geschikte daken, kunnen we zelfs in het Britse klimaat meer stroom opwekken dan momenteel in het hele land wordt gebruikt.[6]

Dit is een forse uitspraak. Omdat forse uitspraken een grote bewijslast met zich meebrengen, zou je verwachten dat Leggett voor deze bewering een degelijke bron zou citeren: een artikel in een wetenschappelijk tijdschrift, bijvoorbeeld, of een overheidsrapport. Maar hij geeft de volgende literatuurverwijzing:

> 'Zonne-energie: stralend eenvoudig': folder van BP, verkrijgbaar bij alle Britse tankstations van dit bedrijf.[7]

In het al eerder aangehaalde rapport van de Energy Technology Support Unit (ETSU), dat voor de Britse regering onderzocht hoeveel duurzame energie er in en rond Groot-Brittannië beschikbaar is, wordt berekend dat als alle daken in het land met zonnepanelen zouden worden uitgerust, en je op miraculeuze wijze in alle vier de windrichtingen even veel zonnestroom zou kunnen opwekken, je daarmee een 'technisch realiseerbaar potentieel' van maximaal 226 terawatt-uur (TWh) per jaar hebt.[8] Het landelijke stroomverbruik bedraagt ongeveer 400 TWh per jaar. Als mijn optimistische schattingen over energie-efficiëntie kloppen, moet het mogelijk zijn dit verbruik vóór het jaar 2030 tot 300 TWh terug te brengen. Maar omdat zonnepanelen vooral efficiënt werken wanneer ze op het zuiden zijn gericht, zullen ze alleen door mensen met teveel geld ook in de andere windrichtingen worden geplaatst. We kunnen dus het door ETSU aangehaalde 'potentieel' beter door vier delen, waarmee we op 66,5 TWh uitkomen. Dan is er nog de kostenkwestie. Elders in het ETSU-rapport wordt de ana-

lyse beperkt tot de hoeveelheid stroom die voor maximaal 7 pence (10 eurocent) per kWh kan worden opgewekt (ruwweg de stroomprijs die op dat moment door particulieren werd betaald). Uitgaande daarvan blijkt dat alle Britse daken bij elkaar een technisch potentieel van maar 0,5 TWh bieden, ofwel een achthonderdste van ons huidig verbruik.[9]

In de volgende tabel wordt de kern van het probleem aardig samengevat.

Locatie	*Breedtegraad*	*Gemiddelde zonne-instraling (kWh/m²)*
Stockholm	59,35 N	2,52
Londen	51,52 N	2,55
Freiburg (Duitsland)	48,00 N	3,04
Oviedo (Noord-Spanje)	43,35 N	3,18
Genève	46,25 N	3,31
Nice	43,65 N	4,03
Porto	41,13 N	4,26
Heraklion (Kreta)	35,33 N	4,44
Sde Boker (Israël)	30,90 N	5,70

Bron: Tyndall Centre for Climate Change Research.[10]

Zonnepanelen zullen zichzelf in Jeruzalem of San Diego waarschijnlijk redelijk snel terugverdienen,* maar in Londen zijn ze een stuk minder rendabel.

Toch is ETSU op dit punt wel erg pessimistisch. Er zijn goede redenen (waarop ik zo meteen terugkom) om te veronderstellen dat de prijs veel sneller zal dalen dan in het rapport wordt voorspeld. Er zou een moment kunnen komen waarop het economisch loont, alle op het zuiden gerichte daken met zonnepanelen uit te rusten en in dat geval – als we de schattingen van ETSU mogen geloven – zouden we hiermee inderdaad 66,5 TWh kunnen opwekken, 22 procent van onze stroombehoefte.

* Volgens Robert Gross 'zullen op breedtegraden met meer zon … de kosten in 2020 en 2025 respectievelijk 5,7 eurocent/kWh en 2,9 eurocent/kWh bedragen'.[11]

Maar dan lopen we onmiddellijk tegen het volgende probleem op: de opgewekte stroom komt lang niet altijd wanneer daaraan behoefte is.

In hoofdstuk 6 haalde ik al aan dat de piekvraag naar elektriciteit in de warme landen midden op de dag valt, 's zomers, wanneer de airco's volop draaien. In koude landen valt deze piek in de wintermaanden, 's avonds. En als er één ding zeker is – misschien wel het enige op dit terrein – dan is het dat de zon in koude landen op winteravonden niet schijnt.

Stel dat het mogelijk zou zijn – dankzij een technologische reuzensprong – op al onze zuidgerichte daken zonnepanelen te installeren met een potentiële opbrengst van 300 TWh per jaar, dan zou slechts een deel van deze energie daadwerkelijk benut kunnen worden. Terwijl er in de zomer midden op de dag een grote productiepiek zou zijn, zou het systeem in de winter, wanneer we de energie het hardst nodig hebben, nauwelijks iets opleveren. In een klein land als Groot-Brittannië gaat de zon bovendien overal min of meer gelijktijdig onder. Gegeven het reservevermogen en de opslagcapaciteit die daarom nodig is, is een energievoorziening op basis van zonne-energie op onze breedtegraad simpelweg uitgesloten, al was heel het land met zonnecellen bedekt.

Hiermee wil ik niet zeggen dat zonnestroom hier geen enkele bijdrage aan de energievoorziening kan leveren. 's Zomers overdag is er ook een grote vraag naar stroom en in veel hiervan zou zonne-energie kunnen voorzien. Als we de tijden waarop we de meeste stroom gebruiken aanpassen, zouden we 's zomers wellicht alle benodigde elektriciteit op deze manier kunnen opwekken. We zouden bijvoorbeeld onze toekomstige (af)wasmachines zo kunnen instellen dat ze pas midden op de dag gaan draaien (na ze eerst volgestopt te hebben vóórdat we naar ons werk gaan).[12] We zouden ook accu's kunnen gebruiken om de stroom een paar uur op te slaan, waardoor de maximale opbrengst, midden op de dag, toch nog beschikbaar is wanneer we 's avonds thuiskomen. Maar een goedkope manier om deze elektriciteit tot later in het jaar op te slaan, is er gewoonweg niet.

Doordat vraag en aanbod uit de pas lopen – de beruchte *mismatch* – wordt nog een andere bewering van zonne-enthousiastelingen onderuit gehaald, namelijk dat een met zonnepanelen uitgeruste woning meer stroom aan het net kan terugleveren dan er wordt afgenomen. In theorie hebben ze misschien gelijk. De stroom wordt echter verkocht op momenten dat er vrij weinig vraag is – en de prijs dus laag – en ingekocht als de vraag juist groot is, tegen een hoge prijs. Op daken geïnstalleerde zonnepanelen zouden een wezenlijke bijdrage kunnen leveren – misschien wel 10 of 15 procent – aan het oplossen van het energieprobleem. Maar de bewering dat zonne-energie dé oplossing is, is ronduit misleidend en helpt ons weinig vooruit.

Hieronder staan enkele schattingen van de prijs van stroom uit fotovoltaïsche (pv) zonnepanelen:

Informatiebron (tijd en locatie)	*Prijs per kilowatt-uur*
Performance and Innovation Unit, 10 Downing Street (heden, Groot-Brittannië)	'ongeveer 1 euro'
Robert Gross, Imperial College (heden, wereldwijd)[13]	0,21 - 0,60 euro
Performance and Innovation Unit, 10 Downing Street (in 2020, Groot-Brittannië)	0,14 - 0,23 euro

Stroomopwekking met behulp van zonnepanelen is natuurlijk slechts één van de manieren om onze broeikasgasuitstoot te beperken. In de volgende tabel staan schattingen van hoe de kosten van deze optie zich verhouden tot de kosten van alternatieve strategieën. Deze cijfers zijn berekend volgens de door het Internationaal Energie Agentschap ontwikkelde standaardprocedure voor bepaling van toekomstige kosten, die wereldwijd wordt gebruikt.* Dit zijn geen harde cijfers

* Volgens het IEA is MARKAL 'over een periode van bijna twee decennia ontwikkeld in het kader van het Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP), een multinationaal samenwerkingverband van het IEA.[14]

– met dit onderwerp is dat nooit het geval. Het min-teken in het geval van wind op land komt door de verwachting dat deze in 2020 per ton uitgespaarde CO_2 geld kan opleveren; in beide schattingen is deze vorm van stroomopwekking de goedkoopste.

Opwekkingstechnologie	*Kosten in 2020 – lage schatting (euro per ton uitgespaarde CO_2)*	*Kosten in 2020 – hoge schatting (euro per ton uitgespaarde CO_2)*
wind op land	- 57	186
kernenergie	150	257
golfslagenergie	172	615
energiegewassen	193	265
CO_2-afvang en -opslag bij bestaande kolencentrale	229	286
wind op zee	229	686
nieuwe gascentrale met CO_2-afvang en -opslag	257	286
getijdenenergie	358	987
nieuwe kolencentrale met CO_2-afvang en -opslag	658	801
zonnepanelen (pv-cellen)	3146	4576

Bron: Britse Ministerie van Handel en Industrie.[15]

Jeremy Leggett stelt terecht dat de prijs van kleinschalig opgewekte zonnestroom vergeleken moet worden met het tarief dat kleinverbruikers betalen, en niet met de grootverbruikprijs. De panelen liggen immers op het eigen dak en de stroom wordt zonder tussenkomst van een elektriciteitsmaatschappij aan de gebruiker geleverd. Maar zelfs dan, als we de schattingen in de eerste tabel mogen geloven, is dit soort zonnestroom aanzienlijk duurder dan stroom van een conventionele centrale en ook duurder dan stroom van een windenergiepark. (In november 2005 bedroeg het gemiddelde Britse kleinverbruiktarief 9,7 pence (13,9 eurocent); in november 2006 was dat

8,7 pence (12,4 eurocent).[16]) Zelfs als de prijs van zonnestroom daalt in de mate waarin het bureau van de minister-president dat voorspelt, is het heel goed mogelijk dat conventionele stroom in 2020 nog steeds goedkoper is dan zonnestroom, niet in het minst omdat ook deze volgens energiedeskundigen in prijs gaat zakken. Maar de prijs van zonnestroom zal ook daarna waarschijnlijk blijven dalen, en Downing Street meent dat ze 'rond 2025 concurrerend kan worden met het Britse kleinverbruiktarief'.[17]

Jeremy Leggett stelt ook dat het soms goedkoper kan zijn een gebouw met zonnecellen te bekleden dan met de duurdere vormen van gevelbekleding.[18] Dat kan best waar zijn. Maar uit zulke 'zonnebekleding' trek je alleen behoorlijk stroom wanneer de gevel op het zuiden staat en niet in de schaduw van andere gebouwen. Omdat veel van de grote gebouwen met dure gevelbekleding in de financiële buurten van de grote steden liggen, waar meestal ook veel andere hoogbouw staat, zijn de mogelijkheden beperkt.

Hier zijn twee gegevens die je niet vaak op dezelfde bladzijde ziet: zonnecellen betalen zichzelf (in Groot-Brittannië) na 25 tot 35 jaar terug;[19] en zonnecellen hebben een levensduur van 25 tot 30 jaar.[20,21] Zoals de zaken er nu voorstaan, verdien je je geld dus niet terug. Hierin komt echter snel verbetering. Volgens sommige onderzoekers zullen de kosten van zonnecelfabricage – door toepassing van onder andere siliciumbolletjes, 'kleurstofzonnecellen' en nanotechnologie – straks net zo snel zakken als bij computerchips het geval is geweest.[22,23]

Voor miniwindkracht ziet het er slechter uit. Hier speelt namelijk het volgende probleem. Om via de wind een redelijke hoeveelheid stroom op te wekken moet het hard en redelijk gelijkmatig waaien. Als de wind zwak is, of in vlagen of stoten komt, heb je niet veel aan een windturbine. In de bebouwde kom is er over het algemeen betrekkelijk weinig wind, en áls het al waait, dan is het vooral met horten en stoten. Paul Gipe, schrijver van een van de meeste gezaghebbende boeken over windenergie, zegt over deze kwestie het volgende:

> Om zo weinig mogelijk hinder van turbulentie te hebben, en zoveel mogelijk profijt van de wind, dient een windturbine op een zo groot mogelijke afstand van bomen, gebouwen en andere obstakels te worden opgesteld als maar enigszins mogelijk is. Turbulentie wordt veroorzaakt door luchtverplaatsingen rondom bomen en gebouwen die in de windrichting staan. Een windturbine kan er zwaar onder lijden, waardoor de levensduur sterk wordt verkort. Bovendien zorgen bomen en gebouwen ervoor dat een turbine veel minder wind vangt.[24]

In het tijdschrift *Building for a Future* wordt aanbevolen een windturbine alleen dan te plaatsen als deze minimaal 11 meter uitsteekt boven alle obstakels binnen de 100 meter.[25] Als je huis minstens even hoog is als alle andere in de buurt, inclusief eventuele bomen, red je het dus met een paal van 11 meter. Zoniet, dan zul je een vliegtuigverschrikker moeten bouwen. Hoe hoger je bouwt, hoe kleiner de kans op gemeentelijke goedkeuring, en hoe groter de kans – door de zijwaartse krachten die erop worden uitgeoefend – op aanzienlijke schade aan je woning. Doe je dat niet, dan 'kan een zeer turbulente omgeving, waarin de turbine heftig zwiept, ervoor zorgen dat je tot 80 of 90 procent van je energiepotentieel verspeelt'.[26] Ook al vind je een locatie met een gelijkmatige windaanvoer, in de bebouwde kom waait het toch niet hard genoeg: 'Er zijn maar weinig plaatsen waar de gemiddelde effectieve windsnelheid boven de 4 meter per seconde uitkomt'.[27]

Bij een gemiddelde windsnelheid van 4 meter per seconde kan een grote miniturbine in ongeveer 5 procent van de gemiddelde huishoudelijke elektriciteitsbehoefte voorzien (aan een apparaat met een diameter groter dan 1,75 meter kun je je huis maar beter niet toevertrouwen).[28] Vooralsnog ziet het ernaar uit dat de grootste bijdrage van kleine molens aan het energievraagstuk zal zijn dat ze iedereen tot razernij drijven. Mensen die belazerd zijn door de claims van bepaalde producenten (dat een molen op het dak de helft of nog meer op hun jaarrekening uitspaart) zullen zeer geïrriteerd raken; degenen die ontdekken dat ze dankzij hun mooie turbine nu ernstige

schade aan hun woning hebben opgelopen, zullen woedend zijn; en de aardige buren, die het geluid van een zwabberende, onregelmatig draaiende windmolen gedurende lange tijd welwillend aanhoren, zullen zich op een goede dag ontpoppen tot bijlzwaaiende woestelingen. Er is nagenoeg geen effectievere manier denkbaar om het ontluikende enthousiasme voor duurzame energie voorgoed de kop in te drukken.

De enige plaats waarin miniwindturbines een nuttige, kosteneffectieve en voor de buren aanvaardbare bijdrage kunnen leveren is ver buiten de bebouwde kom, of 'ingebouwd' in een torenflat en daarmee goed verankerd. In het laatste geval zal het apparaat waarschijnlijk boven de omgeving uitsteken. Door minstens twee mensen is patent aangevraagd voor een aërodynamische toren waarmee de wind door zo'n turbine wordt gejaagd. Eén daarvan, Bill Dunster, beweert dat hij met zijn ontwerp de effectieve windsnelheid met een factor twee tot drie kan verhogen.[29,30]

Maar door Greenpeace wordt ook een derde stroombron aanbevolen, en deze is waarschijnlijk betrouwbaarder. Het heet 'microwarmtekrachtkoppeling'.

Een conventionele stroomcentrale heeft een gemiddeld rendement van rond de 40 procent: de rest van de opgewekte energie gaat als afvalwarmte verloren. Met behulp van overheidsstatistieken heeft energie-activist Chris Dunham berekend dat we in Groot-Brittannië ongeveer evenveel warmte in onze woningen verbruiken als er door de conventionele ('thermische') centrales wordt weggegooid.* Het principe van

---

* 'Niet-thermische processen en stroomimport buiten beschouwing gelaten, vermeldt het Ministerie van Handel en Industrie totalen van 978 TWh voor brandstofgebruik en 386 TWh voor elektriciteitsopwekking, waarmee het rendement op 39,5 procent uitkomt en de hoeveelheid afvalwarmte op 592 TWh... Als we van een totaal haalbaar rendement van 85 procent uitgaan (45 procent warmterendement, 40 procent elektrisch rendement en 15 procent verspilling), krijgen we in totaal 443 TWh... Voor het energieverbruik ten behoeve van verwar-

warmtekrachtkoppeling is dat je deze warmte juist nuttig gebruikt. Sommige industrieën, die naast stroom/elektriciteit ook behoefte hebben aan proceswarmte, maken al gebruik van dit soort warmtekrachtkoppelings-, of wkk-centrales. Wkk-adepten denken met het principe twee problemen tegelijk te kunnen oplossen.

Het idee is nu om ditzelfde principe in de particuliere woning toe te passen. Op zijn eenvoudigst komt micro-wkk erop neer dat je in plaats van een ketel die slechts voor warmwater en ruimteverwarming zorgt, voortaan een micro-centrale hebt die zowel warmte als elektriciteit levert. In Nieuw Zeeland is hij al op de markt en vanaf 2007 is ook in Groot-Brittannië de 'WhisperGen' te koop. Dit is een generator die gebruik maakt van een externe verbrandingsmotor* die op gas loopt. Hij is ongeveer 25 procent duurder in aankoop dan een normale cv-ketel, maar het bedrijf dat ze importeert, stelt dat deze meerkosten in vier jaar worden terugverdiend, doordat je ongeveer 220 euro per jaar op je energierekening bespaart.[32,33] Omdat warmte en stroom beide worden benut, ligt het rendement van een dergelijke motor tussen de 70 en 90 procent,[34] waarbij ongeveer twee keer zoveel warmte als stroom wordt geproduceerd. Hij veroorzaakt evenveel geluid als een koelkast.[35] Juist vanwege deze geruisloze werking wordt hetzelfde type motor ook voor de warmte- en stroomvoorziening van onderzeeërs gebruikt. Omdat cv-ketels een levensduur van rond de twintig jaar hebben,[36] moet het mogelijk zijn – met de juiste financiële prikkels – alle huishoudelijke verwarmingssystemen vóór het jaar 2030 door dit soort microcentrales te vervangen.

Het plan dat door Greenpeace en anderen wordt gepropageerd is nog slimmer. Waneer je 's winters zowel warmte

---

ming geeft [het Ministerie] 2,39 EJ op, hetgeen overeenkomt met 664 TWh. Maar dit slaat op energieverbruik, niet op warmtebehoefte, die wegens omzettingsverliezen lager zal zijn. Als we van een ketelrendement van 80 procent uitgaan, gaat het dus om 531 TWh warmte'.[31]

* Het gaat om de legendarische Stirling-motor.

als stroom nodig hebt, gebruik je een microwarmtekrachtcentrale, of 'thuiscentrale', om ze gelijktijdig op te wekken. Wanneer je 's zomers stroom maar geen warmte wilt, gebruik je het zonnepaneel op je dak. In beide gevallen gebruik je accu's om stroom tussentijds op te slaan. Volgens het Tyndall Centre for Climate Change Research kun je met vier industriële loodaccu's genoeg energie opslaan om zowel 's zomers als 's winters alle stroomtekorten te overbruggen.[37] Ook al komt het aardgas nog van buitenaf, een aansluiting op het elektriciteitsnet heb je dan niet meer nodig.

Het is een fantastisch plan, maar heeft het ook kans van slagen? Vanuit technisch en economisch perspectief is het antwoord 'ja'. Het gaat om beproefde technologieën, de kosten van zo'n thuiscentrale vallen, in tegenstelling tot de zonnepanelen, mee, en met behulp van de accu's kan de *mismatch* tussen vraag en aanbod voor zowel warmte als stroom worden opgeheven. De Stirling-motor van de 'WhisperGen' levert ongeveer zes keer meer warmte dan elektriciteit.[38] Friends of the Earth (de Britse zusterorganisatie van Milieudefensie; vert.) heeft berekend dat als er in Groot-Brittannië 10 miljoen woningen met micro-wkk zouden worden uitgerust, de stroomopbrengst ongeveer 30 terawatt-uur per jaar zou bedragen, oftewel 7,5 procent van de totale landelijke behoefte.[39] Er zijn 24,5 miljoen Britse huishoudens,[40] die tesamen voor ongeveer 29 procent van het landelijke stroomverbruik verantwoordelijk zijn,[41] dus als iedereen een thuiscentrale neerzet, zouden we voor zo'n 74 procent in onze eigen elektriciteitsbehoefte kunnen voorzien. Er zijn ook apparaten op de markt die verhoudingsgewijs meer stroom dan warmte opwekken; in principe zouden we dus met behulp van thuiscentrales alle stroom kunnen opwekken die we nodig hebben.

Helaas is de bijdrage van dit soort systemen aan de beperking van klimaatverandering minder overtuigend. Het bedrijf dat de 'WhisperGen' levert, beweert dat het apparaat ongeveer een vijfde deel uitspaart van de CO_2-uitstoot die anders door het gebruik van centraal geleverde stroom en gas zou zijn ontstaan.[42] In een rapport van de (door de Britse overheid ge-

financierde) Energy Saving Trust wordt berekend dat als onze woningen door middel van micro-opwekking, met een mix van micro-wkk, zonnestroom en miniwindenergie, van 220 terawatt-uur energie worden voorzien – ongeveer 42 procent van ons huishoudelijk energieverbruik* – onze huishoudelijke CO_2-emissies met iets meer dan 6 procent zouden dalen.[44] Op basis hiervan kunnen we stellen dat als we alle energie die we thuis nodig hebben uit deze vormen van micro-opwekking zouden halen, we onze huishoudelijke CO_2-uitstoot met slechts 14 procent zouden beperken – en dan is het rapport in zijn oordeel over miniwindenergie nog tamelijk optimistisch.

Je kunt ook op wat grotere schaal van warmtekrachtkoppeling gebruik maken; we spreken dan over stadsverwarming. In dat geval levert een kleine elektriciteitscentrale aan een flatgebouw, een woonwijk, een stadsuitbreiding of zelfs een hele stad niet alleen stroom maar ook, via een uitgebreid buizenstelsel, warmte. Zoals zoveel andere goede dingen in het leven, wordt het vooral in Scandinavië toegepast. In Helsinki wordt 98 procent van de huishoudelijke verwarmingsbehoefte door een of andere vorm van stadsverwarming geleverd.[45] Het voordeel hiervan – vooral als de warmte behalve in woningen ook in kantoorgebouwen en fabrieken wordt gebruikt – is dat de stroomproductie minder vaak bijgestuurd hoeft te worden, omdat de vraag veel gelijkmatiger is.[46] Er kan bovendien effectiever gebruik worden gemaakt van andere warmtebronnen, zoals de in hoofdstuk 6 beschreven bodemwarmtepompen. In Duitsland wordt deze vorm van warmteopwekking ook vaker toegepast, onder andere in het parlementsgebouw. Hierbij wordt de overtollige warmte die 's zomers wordt geproduceerd in de vorm van warm water de bodem ingepompt, waar het op 300 meter diepte in poreus gesteente wordt op-

---

* Volgens een rapport van AEA Technology bedraagt het totale jaarlijkse huishoudelijke warmteverbruik in Groot-Brittannië 452 TWh,[43] terwijl er, volgens de Environmental Change Unit, 73 TWh stroom aan huishoudelijke apparatuur en verlichting opgaat. De totale energiebehoefte is aldus 525 TWh.

geslagen; 's winters wordt het dan omhoog gepompt om het gebouwencomplex te verwarmen.[47]

Helaas is het veel lastiger en ook veel duurder om in een bestaande woonwijk of stad een stadsverwarmingsnet aan te leggen dan in een nieuwbouwwijk: voor het buizenstelsel zouden heel wat straten, trottoirs en vloeren moeten worden opgebroken.[48] Maar ik zie geen reden waarom stadsverwarming niet bij elk nieuwbouwproject standaard zou kunnen worden aangelegd – of het moet zijn dat alle nieuwe woningen straks zo fatsoenlijk zijn gebouwd dat ze helemaal geen verwarming nodig hebben.

Als we decentrale opwekking effectiever willen inzetten om onze CO_2-uitstoot te beperken, moeten we van aardgas overstappen op een ander soort brandstof – of, liever, op een andere 'energiedrager'. De mogelijkheden van biomassa, biogas, zonnewarmte, grondwarmte en aardwarmte heb ik hierboven, met een toenemend gevoel van mismoedigheid, al besproken. Hoewel ze soms handvaten bieden om het energie-internet klimaatvriendelijker te maken – zo kunnen houtsnippers goed in een stadsverwarmingscentrale worden verbrand – is de potentiële bijdrage van deze kant, zoals aangetoond, beperkt.

Er lijkt nog maar één mogelijkheid: het meest voorkomende chemische element op aarde. Waterstof gedraagt zich ongeveer als een fossiele brandstof: het is 'vlug ontvonkt' en je kunt er verschillende vormen van energie mee opwekken. Maar als verbrandingsproduct ontstaat er niets dan water. Begrijpelijkerwijs is waterstof voor de milieubeweging een soort konijn uit de hoed of de *Pulvis Solaris* van de alchemist geworden: de katalysator die alles verandert.

Er zijn diverse manieren om waterstof te produceren. Helaas zijn de kosten omgekeerd evenredig aan de milieubelasting, zoals wel vaker het geval is bij kosten. In de volgende tabel staan de betreffende cijfers, zoals berekend door de Amerikaanse National Academy of Engineering. Deze prijzen zijn inclusief transport en distributie.

Je kunt waterstof uit steenkool winnen; dan worden de kolen doorgaans fijngestampt en wordt er stoom en zuurstof

doorheen geperst. Je kunt ook aardgas gebruiken; het gas wordt dan verhit en in contact met stoom tot waterstof 'omgevormd'.[49] Of je kunt het via elektrolyse aanmaken – zoals iedereen weet die niet heeft gespijbeld onder de scheikundelessen – eenvoudigweg door water onder stroom te zetten. Dit laatste nu is de Steen der Wijzen, want de stroom die hiervoor nodig is, kun je duurzaam opwekken. Uit de twee elementen lucht en water wordt aldus een brandstof bereid die een hoge energie-inhoud heeft en zich goed leent voor transport en opslag. Als we het goedkoop kunnen vervaardigen, vervoeren en verstoken, zouden we hiermee onze fossiele brandstof vretende energievoorziening volledig overboord kunnen gooien zonder veel aan onze huidige manier van leven te hoeven veranderen.

Waterstofproductiemethode	*Huidige kosten (euro/kg)*	*Toekomstige kosten (euro/kg)*
uit steenkool	1,33	0,99
uit steenkool, met CO_2-afvang en -opslag	1,39	1,02
uit aardgas	1,39	1,13
uit aardgas, met CO_2-afvang en -opslag	1,52	1,20
via elektrolyse	4,61	2,75

Bron: Amerikaanse National Academy of Engineering.[50]

Het zal voor iedereen duidelijk zijn dat elektrolyse duur is en dat waarschijnlijk altijd zal blijven. Elektriciteit is zelf al een zwaar bewerkt product; het opnieuw inzetten daarvan om een andere energiedrager te produceren is wel heel verkwistend. Volgens de aangehaalde academie heeft het omzetten van elektriciteit in waterstof een energierendement van slechts 30 procent.[51] Dit zou dus betekenen dat 70 procent van de netto stroomopbrengst van onze windturbines of conventionele centrales domweg wordt verspild. Het produceren van waterstof door de omvorming van aardgas daarentegen heeft een rendement van ongeveer 72 procent.[52]

Wanneer duurzame stroom slechts 3 eurocent per kilowattuur zou kosten, dan zou door elektrolyse verkregen waterstof die via een leiding aan huis werd geleverd nog altijd twee keer zo duur zijn als aardgas.[53] Waterstof die uit aardgas wordt gewonnen zal voor de eindafnemer waarschijnlijk slechts anderhalf keer duurder zijn dan de aardgas zelf, ook als er CO_2-afvang en -opslag aan te pas komt.*

Omdat er, om redenen die ik straks zal noemen, minder waterstof dan aardgas nodig is om een bepaalde hoeveelheid warmte en stroom op te wekken, blijft onze brandstofrekening daarmee ongeveer gelijk. Maar omdat het apparaat waarin de waterstof wordt gestookt waarschijnlijk duurder zal zijn (in elk geval gedurende de eerste jaren, zoals ik straks zal aangeven) zullen onze totale verwarmings- en elektriciteitskosten toch stijgen.

Op het eerste gezicht lijkt dus grootschalige omzetting van aardgas in waterstof met CO_2-afvang en -opslag de beste manier om waterstof te produceren. Waar nu elektriciteitscentrales staan, kunnen morgen waterstoffabrieken verrijzen. Van de CO_2 die hier ontstaat, kan minstens tachtig procent ondergronds worden opgeslagen.

Bij het in hoofdstuk 5 beschreven systeem voor afvang en opslag wordt de CO_2 uit de verbrandingsgassen van een elektriciteitscentrale gehaald. Bij waterstof zou de CO_2-verwijde-

---

* Het Centre for Energy Policy and Technology van het Imperial College voorspelt dat door elektrolyse verkregen waterstof die via een netkoppeling aan huis wordt geleverd 7,0 eurocent zal kosten.[54] Hiervan is 3,6 cent voor rekening van de waterstofproductie en de rest voor comprimeren, opslag en distributie. Volgens de cijfers van de Amerikaanse National Academy of Engineering zal de prijs van waterstof uit aardgas met CO_2-afvang en -opslag 'in de toekomst' 44 procent bedragen van elektrolytisch verkregen waterstof, waardoor we de productiekosten op 1,6 cent mogen stellen (als we deze cijfers mogen geloven). Daarmee zakt de totale kostprijs van aan huis geleverde waterstof zakt tot 5,0 cent. In november 2005 stond de kleinverbruikersprijs van aardgas op 3,3 cent/kWh en in november 2004 op 2,9 cent/kWh.[55]

ring plaatsvinden bij de productie van de waterstof, dus vóór de verbranding. Verder is er geen wezenlijk verschil: in beide gevallen wordt de CO_2 via buizen weggepompt en diep in de bodem opgeslagen.

Aanvankelijk kan de waterstof met aardgas worden vermengd en kan het bestaande distributienet in gebruik blijven. Zolang de concentratie onder de 10 of 15 procent blijft, blijkt het op de prestaties van onze cv-ketels geen invloed te hebben.[56] Maar naarmate we er meer van produceren en onze woningen gaan uitrusten met apparaten die daar speciaal voor zijn ontworpen, zal de waterstof apart moeten worden aangeleverd. Om het gas vloeibaar te maken is ongeveer 35 procent van de eigen energie-inhoud nodig (omdat dit bij een temperatuur van 259 graden onder nul gebeurt).[57] Voor het leidingentransport ervan is een compleet nieuw distributienet nodig: onder invloed van zuivere waterstof zullen de bestaande gasleidingen snel bros worden.[58] We kunnen natuurlijk ook het huidige net gebruiken om aardgas te transporteren naar kleine, verspreid opgestelde omvormingscentrales die lokaal waterstof produceren, daar waar het nodig is. Maar dan kunnen we de CO_2 niet ondergronds opslaan.

Er lijken dus drie mogelijkheden te zijn: óf je legt naast het huidige gasnet een nieuw landelijk leidingennet aan voor waterstof; óf je vervangt, elke keer als een deel van het gasnet aan het eind van zijn levensduur is, de aardgas- door waterstofleidingen; óf je transporteert de waterstof per tankauto, per spoor of per schip. Alle deze opties lijken haalbaar, maar transport via pijpleidingen zal waarschijnlijk energie-efficiënter zijn en makkelijker voor de eindafnemer. De Amerikaanse National Academy of Engineering schrijft dat, hoewel het transporteren van waterstofgas op grote schaal 'uitzonderlijk moeilijk' is, er

> in de Verenigde Staten jaarlijks ongeveer 9 miljoen ton waterstof wordt geproduceerd en vervolgens onder lage of middelhoge druk per pijpleiding of tankauto getransporteerd voor gebruik door de chemische en brandstofindustrie… Dankzij

> jarenlange wereldwijde ervaring zijn deze transportwijzen thans veilig en efficiënt te noemen.[59]

De energie die nodig is om het gas onder de benodigde druk van 350 bar te brengen (tweeënhalf maal hoger dan voor de huidige hogedrukleidingen in Groot-Brittannië vereist is[60]) komt overeen met 4 tot 8 procent van de energie-inhoud van de waterstof zelf.[61] Het is dus veel efficiënter om het (onder hoge druk) als gas te vervoeren dan in vloeibare vorm. Maar het aanleggen van een distributienet is duur. Vergeleken bij het bestaande net moeten de leidingen anderhalf keer groter in diameter zijn en van superieur materiaal vervaardigd.[62] Volgens de eerder aangehaalde berekeningen, waarin deze meerkosten al zijn meegenomen, ziet het ernaar uit dat aan huis geleverde waterstof ongeveer 50 procent duurder zal zijn dan aardgas.

Maar er is misschien een andere oplossing. Energiedeskundige Dave Andrews attendeerde me op het feit dat je met behulp van een mini-elektrolyse-apparaat thuis waterstof kunt produceren. In deze situatie kan de afvalwarmte – goed voor 70 procent van de energieverliezen bij waterstofwinning uit water – direct worden aangewend voor ruimteverwarming, waarmee de investeringskosten deels kunnen worden terugverdiend. Als het redelijk waait en je windmolen een overschot aan stroom levert, kun je waterstof produceren die bij verbranding (nu of later) warmte levert. Gaat de wind liggen, gebruik je de opgebouwde waterstofvoorraad voor verwarming én stroom. Wel moet iedere woning dan over zijn eigen waterstofopslagtank (en molen) beschikken.

In beide situaties kan de waterstof worden gestookt in een ketel die veel op een normale, gasgestookte cv-ketel lijkt, maar met één groot verschil: er komt geen grammetje CO_2 uit. Maar waterstof biedt daarnaast nog andere mogelijkheden. Met een zogenaamde brandstofcel kan gelijktijdig zowel warmte als elektriciteit worden opgewekt. Dit is een soort accu die als chemische energiebron in plaats van een vaste stof of vloeistof een gas gebruikt. In vergelijking met de Stirling-motor in bijvoorbeeld de Whisper-Gen wordt hiermee relatief meer

stroom ten opzichte van warmte opgewekt, en opnieuw is het restproduct alleen water. Het maakt geen lawaai en springt met één druk op de knop vrijwel meteen aan. Er bestaan nu al brandstofcellen die stroom opwekken met een rendement van rond de 60 procent.[63] Toch is dit waarschijnlijk te veel van het goede voor de thuissituatie: voor een goede verhouding tussen warmte en kracht (stroom) is een minder efficiënte brandstofcel geschikter.

Brandstofcellen zijn op dit moment duurder dan andere vormen van micro-opwekking: zelfs de meest optimistische schatting geeft aan dat als deze nu grootschalig in productie zouden worden genomen, ze vier keer duurder zouden zijn dan een dieselmotor met dezelfde energieopbrengst.[64] De meeste schattingen liggen nog hoger. Maar een grootschalig installatieprogramma waarin de overheid het voortouw neemt, zou de prijs snel kunnen doen zakken. Volgens het Tyndall Centre for Climate Change Research kunnen warmtekrachtkoppelingsinstallaties op basis van brandstofcellen 'vóór 2009 economisch rendabel worden'.[65] Voor toepassing in een woning zullen ze kleiner moeten worden: nu hebben ze enkele malen de omvang van een gasgestookte microcentrale of een gewone cv-ketel.[66] Ze moeten ook langer meekunnen dan nu het geval is. Alles overziend, is vervanging van onze gasgestookte cv-ketels door wkk-ketels op waterstof, die zowel warmte als stroom leveren, misschien een meer realistische optie dan brandstofcellen.

Maar of je nu een hyperefficiënte ketel of een brandstofcel gebruikt, zonder basisbrandstof kom je er niet. Zolang er geen waterstofopslag- en -transportsysteem is, kan dit soort microopwekking niet van de grond komen, tenzij je thuis-elektrolyse toepast. Omdat een waterstofopslag- en -transportsysteem niets oplevert zolang er vanuit thuiscentrales geen vraag naar het gas is, hebben we een klassiek kip-of-ei-probleem: geen van de beide elementen kan zonder de ander functioneren. Het aanleggen van een waterstofdistributienet moet dus wederom door de overheid worden ondersteund, zowel strategisch als financieel.

Dat een waterstofeconomie vrij van milieuproblemen zou zijn is helaas een wensdroom. Bij lekkage van waterstofgas in de troposfeer – de laag dicht bij het aardoppervlak – wordt op indirecte wijze een broeikasgas gevormd.* In de hoger gelegen stratosfeer leidt het waarschijnlijk tot afbraak van de ozonlaag.[68] Welk systeem we ook gebruiken, alle onderdelen zullen uiterst gasdicht moeten zijn. Als de waterstof uit steenkool wordt gewonnen, zoals door de Amerikaanse regering voorgesteld,[69] zal het de dagbouwwinning van steenkool een enorme impuls geven. Ook als het uit aardgas wordt gewonnen, zitten we toch nog vast aan fossiele brandstoffen, die al te vaak vergezeld gaan van lelijke infrastructuur, twijfelachtige deals met minder frisse regeringen, ecologische vernietiging en de gedwongen verhuizing van lokale gemeenschappen.[70]

Maar met dit gas is het waarschijnlijk wel mogelijk relatief goedkoop zowel warmte als elektriciteit te produceren en tevens onze broeikasgasemissies drastisch te verminderen. Rekening houdend met de verliezen die optreden bij zowel CO_2-afvang en -opslag als waterstoftransport, zouden we alles bij elkaar ongeveer 80 procent van onze huishoudelijke CO_2-emissies hiermee kunnen vermijden. In combinatie met de in hoofdstuk 4 besproken energie-efficiëntiemaatregelen, kunnen deze nieuwe brandstoffen en energiebronnen ons zelfs voorbij mijn doelstelling brengen van 90 procent vermindering van de huishoudelijke uitstoot. Om dit te realiseren is het noodzakelijk dat de overheid met een zeer omvangrijk en ambitieus programma komt om het huidige aardgasnet door een waterstofnet te vervangen. Elke cv-ketel die tussen 2010 en 2030 wordt afgeschreven, moet dan vervangen worden door een waterstofketel of dito brandstofcel. Toegegeven, het is een enorme uitdaging, maar misschien is het nog net haalbaar. Het kan best zijn dat het ontwikkelen en installeren van elektrolyse-

---

* Waterstof reageert met hydroxyl-moleculen onder vorming van water(damp). Het is juist dankzij de aanwezigheid van hydroxyl in de atmosfeer dat een deel van onze methaanlozingen vooralsnog wordt afgebroken.[67]

apparaten, waarmee je thuis uit klimaatvriendelijke stroom waterstof kunt produceren, sneller en makkelijker gaat dan het aanleggen van een volledig nieuw leidingennet. Maar de daarbij behorende energiekosten zullen waarschijnlijk hoog blijven, ook al kunnen ze misschien worden gedrukt door deze apparaten pas aan te zetten als het aanbod aan windstroom voldoende hoog is.

Stel dat we het landelijke elektriciteitsnet hebben afgeschaft en alles op thuiscentrales draait, zullen we het dan redden zonder om de haverklap in het donker te zitten? In het besef dat mijn antwoord niet helemaal geruststelt, zeg ik: 'waarschijnlijk'.

In het energie-internet staat ieder huishouden in een bepaalde wijk met de buren in verbinding, waardoor een miniuitvoering van het landelijke net ontstaat: een 'energie-eiland'. Om de voorzieningszekerheid te vergroten, kan elk eiland vervolgens aan de buureilanden worden gekoppeld. Met behulp van slimme meters kan op automatische wijze stroom worden verhandeld tussen de huishoudens onderling. Als er ergens een thuiscentrale of windmolen wegvalt, kan het tekort door andere schakels in het systeem worden opgevangen.[71] Aanvullende standby-generatoren zullen bij deze opzet minder nodig zijn, omdat alle apparaten samen dan 'standby' staan voor alle andere.

Greenpeace beweert dat dit systeem meer voorzieningszekerheid biedt dan het bestaande elektriciteitsnet:

> de stroomvoorziening zou hiermee veel minder kwetsbaar zijn voor grootschalige uitval als gevolg van sabotage of extreme weersomstandigheden.[72]

Naar de mening van het Britse Hogerhuis zou het even veel zekerheid bieden:

> Als het gaat om het opvangen van coherente schommelingen in de vraag, is dit model niet principieel beter of slechter dan het nationale elektriciteitsnet … Het zou niet geheel vrij zijn van

> technische problemen (waaronder de noodzaak van synchronisatie tussen de eilanden), maar deze zijn niet onoverkomelijk.[73]

Het Tyndall Centre begint vol vertrouwen:

> Er zijn volgens ons geen fundamentele technologische redenen waarom micronetten niet een aanzienlijke bijdrage zouden kunnen leveren aan de Britse elektriciteitsvoorziening.

maar plaatst daarbij later kanttekeningen:

> het stabiliseren van de frequentie vormt in een micronet een sleutelprobleem … omdat het systeem zo klein is, is nauwkeurige besturing ervan veel moeilijker dan bij een conventionele centrale … In een micronet wordt de kwaliteit van de geleverde stroom het grootste probleem. In een klein systeem met veel opwekkingseenheden zullen spanningsfluctuaties en -onderbrekingen, boventonen, DC-niveaus, etc. allemaal sneller problematischer worden.[74]

Maar deze problemen zijn met behulp van accu's op te lossen, zo denkt het centrum, want deze zullen 'snel genoeg [kunnen reageren] om voldoende frequentiebeheersing te garanderen'.

Volgens Greenpeace zou een dergelijk systeem minder duur zijn dan de eerste berekeningen uitwijzen, omdat we dan minder geld kwijt zouden zijn aan onderhoud en vervanging van het landelijke stroomnet en vooral aan de tijdens het stroomtransport optredende verliezen (ongeveer 7,5 procent van het totaal[75]). De milieuorganisatie wijst er ook op dat slechts 52 procent van de kapitaalkosten van de elektriciteitsvoorziening verband houdt met het opwekken zelf: de rest gaat op aan transport en distributie.[76] Volgens een schatting van het Internationaal Energie Agentschap zullen tussen nu en 2030 de stroomleveranciers in de Europese Unie 1,35 biljard dollar moeten investeren om het hele systeem draaiende te houden, waarvan 648 miljard aan transport- en distributieleidingen.[77]

Als een deel van dit geld in het aanleggen van een waterstofleidingennet zou worden geïnvesteerd, gaat een omschakeling naar een energie-internet er economisch ineens een stuk rooskleuriger uitzien.

Maar hoe aanlokkelijk ik de ontmanteling van het landelijke distributienet ook vind, ik denk toch dat dit een vergissing zou zijn: opnieuw pas ik voor de drogreden van de misplaatste esthetiek. Er is nog altijd een grote vraag naar stroom, zonder meegeleverde warmte – bij de industrie, in kantoorgebouwen en bij de mensen die ervoor zorgen dat onze straten worden verlicht en onze treinen lopen – en om deze reden moeten we het net volgens mij niet ontmantelen, maar juist uitbreiden. Door gebruik te maken van de nieuwe generatie kabels zouden we elektriciteit uit de beste stromingsbronnen kunnen betrekken, ver buiten de kust. Als we vanuit een veel omvangrijker gebied aan land en op zee onze stroom betrekken, kan een energievoorziening op basis van duurzame bronnen in één klap aanzienlijk meer voorzieningszekerheid bieden. De koppeling van ons net aan dat van andere landen, en het brede scala aan energiebronnen dat daarmee beschikbaar komt, zou tot een daling leiden van de 'systeemkosten' die met het afstemmen van vraag en aanbod samenhangen. Ik vind hoogspanningsleidingen oerlelijk, maar ik ben bang dat we er nog meer nodig hebben.

Ik denk de oplossing dus gevonden te hebben. De grootste vraag naar warmte komt vanuit onze woningen. Met een micro-opwekkingssysteem bestaande uit zonnepanelen en hetzij ketels, hetzij brandstofcellen op waterstof, kunnen we ons op huishoudelijk niveau van zowel warmte als elektriciteit voorzien. De waterstof zou thuis via elektrolyse kunnen worden aangemaakt, met gebruik van stroom van het net, of anders via een pijpleiding worden aangevoerd. Misschien belangrijker, qua maatschappelijke acceptatie: het systeem kost het gemiddelde huishouden niet meer tijd of moeite dan onze huidige energievoorziening: helemaal niets dus. Met één druk op de knop gaat alles aan of uit, en het functioneert net zo

onopgemerkt als het verwarmingssysteem en de stroomvoorziening die we nu gebruiken.

In hoofdstuk 6 heb ik al aangegeven dat ongeveer de helft van de stroom die centraal wordt opgewekt, kan worden geleverd door een paar flinke centrales die methaan stoken – hetzij als aardgas, hetzij uit ondergrondse kolenvergassing verkregen – waarbij de CO_2 wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen. Als ik goed zit met mijn 'meta-inschatting', kan de andere helft van onze stroom van offshore wind- en golfslagenergie komen.

Een dergelijke omschakeling zou van politici veel durf, en van ingenieurs veel visie en kunde vragen. Tegelijkertijd is ze geen bemande marsexpeditie. Voor zover ik kan overzien, is alles wat ik hier voorstel nu al technisch haalbaar en economisch uitvoerbaar. De vraag is of het binnen de gegeven tijd uitvoerbaar is. Wanneer dat lukt, dan heb ik mijzelf een vreselijk lot bespaard. Dan hoef ik geen aromatherapeut te worden.

8 Een nieuw vervoerssysteem

Zijn er hier ook Britten? Ze zijn altijd onderweg.
Faust, Deel II, Tweede Bedrijf[1]

In 1929, lang voordat de door de mens veroorzaakte klimaatverandering werd opgemerkt, schreef de Russische journalist Ilya Ehrenburg:

> De auto...kan niets kwalijk worden genomen. Zijn geweten is zo schoon als dat van Monsieur Citroën. Hij doet alleen maar waartoe hij is voorbestemd: de wereld wegvagen.[2]

Hij voorzag wat de rest van ons nu pas begint te begrijpen.

De CO_2-uitstoot als gevolg van het vervoer over land zou makkelijker op te lossen moeten zijn dan de rest van de problemen die ik in dit boek aanpak. Iedereen kan immers met eigen ogen zien hoe inefficiënt het transportsysteem is: duizenden mensen, één per auto met overdreven veel vermogen, die elke dag dezelfde kant op gaan en vervolgens weer terug. De technologie en het economische beleid die nodig zijn om er iets aan te doen zijn al decennialang beschikbaar. Bovendien zou een rationeel, efficiënt systeem, dat 10 procent of minder van de huidige uitstoot veroorzaakt, ons miljarden besparen. Maar het echte probleem is technologisch noch economisch van aard, maar politiek, of – preciezer – psychologisch.

Bij de planning van onze vervoerssystemen worstelen onze overheden voortdurend met de paradox van de massaverplaatsing. Ze moeten een systeem creëren, dat ons omwille van efficiëntie behandelt als een kudde, voortdurend opgestuwd en opgedreven, verdeeld, weer bij elkaar gebracht en

in de rij gedwongen. Tegelijkertijd moet het ons de illusie van onafhankelijkheid bieden. De songteksten over rijden in het open landschap, de foto's in advertenties van auto's op verlaten bergpassen, de namen van de voertuigen, met name die van de terreinwagens (SUV's) die bijna nooit verder komen dan de buitenwijken – *Defender, Explorer, Pathfinder, Cherokee, Touareg* – verhalen allemaal over een vrijheid die op onze snelwegen niet te vinden is. Maar deze fantasie worden regeringen geacht levend te houden.

Nu we ons dankzij fossiele brandstoffen en de daarmee ontsloten technologieën van historische beperkingen hebben bevrijd, hebben we niet voor het avontuur van het vrije leven gekozen maar voor een bestaan van verdichting en zelfbeperking. Dankzij de zegeningen van de moderne geneeskunde en landbouw leven we in dichtbevolkte landen, waarin de vrijheid om te gaan en staan waar we willen er altijd toe leidt dat iemand zich op zijn tenen getrapt voelt. Welvaart leidt tot groeiende privatisering van de ruimte: doordat we rijker worden kunnen we verder reizen, maar er zijn steeds minder plaatsen waar we naartoe kunnen.

We leiden, beleefd, gehoorzaam, veilig, beperkt door onze vrijheden, een leven in metaforen – een metaforisch leven dat voortdurend een tijdperk van ecologisch en sociaal gevaar oproept. Zakenkranten spreken bij stijgende koersen over 'bulls' (stieren), bij dalende over 'bears' (beren) en bij onwelgevallige overnames over aasgieren en wolven in schaapskleren. Tot 2005 leidde de best betaalde manager ter wereld, Michael Eisner van Disney, een bedrijf met als *core business* het aanmeten van menselijke eigenschappen aan dieren, een praktijk die jagers, levend in een natuurlijk tijdperk, gebruikten om hun prooi te herkennen.

In 1990 verbleef ik een paar weken in een wereld die gevrijwaard was van enige gekunsteldheid. In de *garimpos* – de autonome goudmijnen – van Noord-Brazilië, in het regenwoud honderden kilometers verwijderd van het dichtstbijzijnde dorp, leefde een efemere en wetteloze samenleving. Onenigheden werden met vuurwapens opgelost: binnen zes maanden

kwamen 1.700 van de 40.000 mijnwerkers om.[3] Rijkdom werd niet verdiend, maar opgegraven.

De mijnen vertegenwoordigden alles waar ik al mijn gehele volwassen leven tegen strijd. Bestuurd met geweld, soms geteisterd door regelrechte oorlogen, vernietigen ze één van de rijkste ecosystemen op aarde en hebben ze de Yanomami indianen geweren, ziektes, drank en prostitutie gebracht. Maar ik schrok vooral van mijn eigen reactie. Ik vond het heerlijk. In de *garimpos* vond ik de vrijheid die mij altijd was beloofd maar die ik nooit had meegemaakt. Ik maakte er geen gebruik van. Ik vermoordde niemand, hakte geen bomen om, groef niet naar goud. Maar ik hád het kunnen doen. De mijnen waren een metafoor voor het innerlijke leven dat ik leidde, waarvan ik me, tot op dat moment, nauwelijks bewust was geweest.

De vrijheid van de weg, die aangelegde strook beton om de kudde beter te kunnen leiden, is een metafoor van de spanning tussen beschaving en het geestelijk leven. Onder de motorkap schuilt een beest, dat, als het niet door sociale en fysieke teugels zou zijn ingetoomd, moorddadige snelheden kan bereiken – 200, 225 kilometer per uur. De mogelijkheid die de motor wordt ontnomen, is ook een manifestatie van de metafoor: het innerlijk van zowel de auto als van onszelf. Hoe sneller de auto's worden en hoe voller de wegen, hoe groter de spanning tussen de metafoor en de werkelijkheid.

Ik denk dat de toename van het autorijden één van de voornaamste oorzaken is van het libertarisme, het geloof in vrijheid dat delen van de rijke wereld momenteel overspoelt. Wanneer je auto rijdt, vormt de samenleving een obstakel. Voetgangers, fietsers, langzaam rijdend verkeer en snelheidslimieten worden ergernissen die je uit de weg wenst. Hoe meer je rijdt, hoe meer je hunkert naar de vrijheid die de weg belooft, maar nooit schenkt. Af en toe neemt deze frustratie een politieke gedaante aan, zoals wanneer automobilisten flitspalen opblazen[4] of olieraffinaderijen bezetten zodra de benzineprijzen stijgen. Maar de nieuwe libertijn rijdt tegenwoordig ook over de stoep. Organisaties zoals de Association of British Drivers, die demonstraties hielden tegen flitspalen en verkeersdrempels, hebben zich nu

aangesloten bij degenen die schreeuwen om belastingverlaging en de ontmanteling van de 'betuttelende overheid'.[5] De auto is voertuig geworden van politieke verandering.

Overheden, hoewel ze een andere houding voorwenden, komen zo veel mogelijk tegemoet aan deze mythe van de vrijheid. Zodra ze ook maar de geringste beperking opleggen aan de hoeveelheid beschikbare wegoppervlakte of het gedrag van de mensen die deze gebruiken, schreeuwen kranten moord en brand over 'de oorlog tegen de weggebruiker'. Onze overheden weten – zoals de Britse minister van Verkeer in 1938 voor het eerst toegaf[6] – dat de vraag afhankelijk is van de aangeboden capaciteit. Hoe meer wegen er worden aangelegd, hoe meer verkeer er wordt aangetrokken. Ze weten dat ze aan de almaar stijgende vraag niet kunnen blijven voldoen, tenzij ze het hele land asfalteren. Daarom kondigen ze zo nu en dan beleidsmaatregelen aan die mensen ertoe moeten bewegen minder gebruik van de auto te maken. Zo deed Britse vice-premier John Prescott in 1997 in een zeldzaam moment van klaarheid een belofte:

> Ik zal gefaald hebben als er over vijf jaar niet veel meer mensen gebruik maken van openbaar vervoer en er niet veel minder per auto gereisd wordt. Het is een flinke opgave maar ik wil dat jullie me er aan houden.[7]

Tussen 1997 en 2004 steeg het aantal autoritten met 9 procent.[8] De regering verwacht dat de snelheid van deze groei zal toenemen.

> De algemene voorspelling is dat de hoeveelheid verkeer tussen 2000 en 2010 met 26 procent zal stijgen, hetgeen in dit tijdvak een gemiddelde jaarlijkse groei van 2,3 procent impliceert (wat voor de rest van dit decennium een groei van ongeveer 2,6 procent per jaar belooft).[9]

Eén van de oorzaken hiervoor is terug te vinden in een rapport dat de regering in 2005 publiceerde. De grafieken laten zien dat hoewel het Bruto Binnenlands Product sinds 1986

met 60 procent is gestegen, autorijden steeds goedkoper is geworden.[10] De overheid verwacht dat deze uit elkaar lopende trends tot 2025 en daarna zullen voortduren. Terwijl de bustarieven sinds 1975 met 66 procent zijn gestegen en de treintarieven met 70 procent, zijn de kosten van het autobezit en -gebruik in gecorrigeerde prijzen met 11 procent gedaald.[11] Na het aantreden van de heer Prescott lijkt dit verschil alleen maar groter te zijn geworden. Sinds 1997 zijn de trein- en bustarieven met respectievelijk 7 en 16 procent gestegen, terwijl autorijden 6 procent goedkoper werd.[12]

Maar eerlijk is eerlijk, Prescott kwam zijn belofte voor de helft na. Het aantal mensen dat gebruik maakt van openbaar vervoer nam ook toe.

> Onze algemene verwachting is dat het aantal per spoor afgelegde (passagiers)kilometers tussen 2000 en 2010 met 33 procent zal stijgen. Dit betekent een toename van de groei tot 3,5 procent per jaar voor de rest van het decennium ... De toename in busgebruik tussen 2000 en 2010 wordt geraamd op 11 procent.[13]

Dit is, wat betreft klimaatverandering, het slechtste van de mogelijke scenario's. In plaats dat ze auto's vervangen, komen treinen en bussen erbovenop. Transport dat geen gebruik maakt van fossiele brandstoffen is daarentegen afgenomen. In de afgelopen tien jaar is volgens de National Travel Survey het aantal lopend afgelegde afstanden met 20 procent gedaald.[14] In 2004 fietsten we 6 procent minder dan in 1992.[15] Veel mensen die vroeger liepen of fietsten nemen nu voor dezelfde afstand de auto: een kwart van alle autoritten is korter dan 3,2 kilometer.[16] Op de volgende pagina ziet men hoe men in Groot-Brittannië reist. In deze overheidscijfers zijn lopen en vrachtverkeer niet opgenomen.

De internationale lucht- en scheepvaart niet meegerekend, veroorzaakt het verkeer 22 procent van onze totale CO_2-uitstoot; hiervan is 91 procent afkomstig van het wegverkeer. De overheid verwacht dat de broeikasgasemissies als gevolg van het wegverkeer de komende tien jaar met 5 tot 7 procent zul-

len toenemen.[18] Om dit te voorkomen wordt een beleid van niets voorgesteld.

Vervoerswijze	*Jaarlijks afgelegde afstand (miljard passagierskilometers)*	*Percentage van totaal*
auto, bestelauto en taxi	679	85,2
trein	51	6,4
bus (incl. interlokale diensten)	48	6,0
vliegtuig [i]	9,8	1,2
motorfiets	6	0,8
fiets	4	0,5
totaal	**797**	

i De overheid rekent alleen de binnenlandse vluchten mee. Het zou correcter zijn om daar de helft van de lengte van internationale vluchten bij op te tellen.

Bron: Britse Ministerie van Verkeer[17]

> Het belangrijkste instrument om de broeikasgasemissies van het wegvervoer te reduceren is de vrijwillige overeenkomst met Europese, Koreaanse en Japanse autofabrikanten, die erop is gericht in 2008 de CO_2-emissies per kilometer met 25 procent te verminderen ten opzichte van 1995.[19]

Dit beleid heeft, zoals in de overheidsramingen al voorspeld, reeds gefaald. In juli 2005 schreef *Automotive News*:

> 'Autofabrikanten hebben nog een lange weg te gaan, willen ze hun doelstellingen voor 2008 halen,' zei Patrick Coroller, ambtenaar bij de Franse Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADAME), een door de overheid gefinancierde milieuorganisatie … Japanse en Koreaanse autofabrikanten lopen zelfs nog verder achter op schema.[20]

Terwijl ze een beroep doet op wonderen waarvan ze weet dat ze nooit werkelijkheid zullen worden, blijft de Britse overheid

de verkeersgroei stimuleren door steeds nieuwe wegen aan te leggen. Zoals in hoofdstuk 3 vermeld, geeft ze momenteel 16,4 miljard euro uit aan het creëren van meer ruimte voor het verkeer,[21] in de wetenschap dat deze ruimte onontkoombaar ook wordt gevuld.

Zolang het nieuwe trein- en busverkeer bovenop het bestaande autoverkeer komt, zal het tot geen enkele vermindering van de CO_2-uitstoot leiden. Maar wanneer alle autorijders op magische wijze het openbaar vervoer in zouden worden getoverd, zou een vrijwel onmiddellijke besparing van 90 procent worden gerealiseerd. In de volgende tabel staan de door de overheid berekende CO_2-emissies voor het reizen van Londen naar Manchester. Hierbij wordt uitgegaan van een auto van gemiddelde grootte die het nationale gemiddelde van 1,56 passagiers vervoert, van een moderne elektrische trein met een bezetting van 70 procent en van een bus met 40 passagiers.

Vervoerswijze	*CO_2-uitstoot per passagier (kg)*
auto	36,6
trein	5,2
bus	4,3

Bron: Schriftelijk antwoord op Kamervragen[22]

Uit deze cijfers komen twee conclusies naar voren. De eerste is dat reizen per trein, dat volgens de algemene opinie gelijk staat aan een lage milieubelasting, minder efficiënt is dan reizen per bus. Als we puur naar klimaatverandering zouden kijken, kunnen we het spoor beter gebruiken voor vrachtverkeer over grote afstanden dan voor personenvervoer. Volgens de Britse Strategic Rail Authority veroorzaakt vervoer per vrachtwagen een uitstoot van 180 gram CO_2 per ton per kilometer, terwijl spoorwegtransport tot 15 gram uitstoot leidt: een besparing van 92 procent.[23] Op dit moment vindt slechts 12 procent van het vrachtvervoer over het spoor plaats.[24] Maar de cijfers in deze tabel zijn niet onwrikbaar. Er is voldoende ruimte om de koolstofboekhouding van het spoor te

verbeteren: Japanse treinen zijn bijvoorbeeld veel lichter dan Europese.

De tweede conclusie is dat als je van de auto op de bus overstapt, in dit geval een interlokale busdienst,* je 88 procent minder CO_2-uitstoot veroorzaakt. Met een paar minimale verbeteringen in efficiëntie zou een systeem waarin al het vervoer per bus plaatsvindt voldoen aan mijn doelstelling, als het totaal aantal kilometers dat we afleggen tenminste niet stijgt.

Het probleem is dat mensen een hekel hebben aan interlokale bussen, en daar gegronde redenen voor hebben. Reizen met dit soort bussen is een onaangename en vernederende ervaring. Als ik, omdat ik er af en toe niet aan ontkom, de bus neem van Oxford naar Cambridge, heb ik bij aankomst over het algemeen lichtelijke zelfmoordneigingen. Allereerst moet ik 20 minuten de verkeerde kant op fietsen, richting stadscentrum. Vervolgens moet ik, meestal in motregen en dieseldampen, wachten tot een man, die eruit ziet alsof hij zojuist een fles azijn heeft opgedronken, gromt dat de passagiers mogen instappen. Ik geef mijn geld aan iemand anders, die zo mogelijk nog chagrijniger kijkt, en neem plaats op een stoel die ontworpen is om bekentenissen af te dwingen. Dan vecht de bus, fietsers en verkeerspalen ontwijkend, zich een weg door straten die ontworpen zijn voor pony's. Na een half uur verlaat hij de stad en volgt een route die door elk deprimerend slaapstadje in Zuidoost Engeland lijkt te gaan in de hoop meer passagiers op te pikken. Wanneer alles, inclusief de wind, meezit, duurt de reis van mijn huis naar mijn bestemming in Cambridge (in totaal 133 kilometer) viereneenhalf uur. De gemiddelde snelheid bedraagt 30 kilometer per uur, ongeveer 50 procent sneller dan ik op de fiets afleg. Met de auto zou ik er in 100 minuten zijn.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat de interlokale bussen op de meeste routes het exclusieve domein zijn van degenen die het zich niet kunnen veroorloven op een andere manier te

---

* Het gaat in de volgende discussie om de Britse interlokale busdiensten per coach, waarvan 'touringcar' een te complimenteuze vertaling is (nvdv).

reizen. Zowel in Groot-Brittannië als in de Verenigde Staten worden zij geassocieerd met armoede en uitsluiting, met mensen die veel tijd maar weinig geld hebben. Nog afgezien van het feit dat het ons niet eens de illúsie van vrijheid gunt, valt er met de omschakeling van privé- naar openbaar vervoer geen eer te behalen, en is deze daarom weinig interessant voor rijke reizigers of onze politieke leiders.

In politiek opzicht zou het plan alleen kunnen slagen als vervoer per bus op een of andere manier zou kunnen worden gepresenteerd als iets beters dan privévervoer. Het lijkt mij dat er slechts één oplossing is: zorgen dat de bus sneller en betrouwbaarder wordt dan de auto.

Omdat al het mogelijke in het werk is gesteld om de auto ruim baan te geven, lijkt dit, op zijn zachtst gezegd, een flinke uitdaging. Maar in een zelfgepubliceerd rapport lijkt econoom Alan Storkey deze harde noot nu al te hebben gekraakt.[25]

Storkey's voornaamste vernieuwing bestaat uit het verplaatsen van de interlokale busstations uit de binnensteden naar knooppunten van snelwegen. Eén van de voornaamste redenen dat het langeafstandsvervoer per bus in Groot-Brittannië zo langzaam is (gemiddeld 30 kilometer per uur of minder), is dat het 'netwerk', dat reizigers de mogelijkheid biedt van de ene bus op de andere over te stappen, zodanig is opgebouwd dat alle bussen eerst naar het centrum van elke stad moeten en vervolgens weer helemaal terug. Tijdens de spits kun je net zo goed gaan lopen. De automobilist die van de ene naar de andere kant van het land rijdt, kan daarentegen de hele rit op de autoweg blijven. Storkey wijst erop dat de stations in onze stadscentra een historische toevalligheid zijn: ze zijn gebouwd voor paardenkoetsen – die waarschijnlijk even snel waren als de bussen van nu.

In plaats van het snelwegverkeer naar de steden te verplaatsen, verplaatst Storkey's systeem het stadsverkeer naar de snelweg. Hij constateert dat voorsteden momenteel zeer slecht met de stadsbus bereikbaar zijn. Als deze bussen (of trams, lightrail of metro's) iets verder zouden doorrijden, tot aan het dichtstbijzijnde snelwegknooppunt, zouden ze passagiers op drukke tijdstippen sneller de steden in en uit kunnen

vervoeren, terwijl de interlokale bussen vlotter kunnen doorrijden. Door het stadsvervoer op het nationale busnetwerk te laten aansluiten, zou Storkey's voorstel beide systemen nieuw leven kunnen inblazen; het aantal passagiers zou flink toenemen doordat de voorsteden op de route naar het knooppunt veel beter bereikbaar worden.

In tegenstelling tot spoorwegbedrijven, die met hun dure locomotieven op elk station tientallen of honderden passagiers moeten oppikken om economisch rendabel te kunnen rijden (met gevolg dat ze niet zo vaak rijden), kunnen busmaatschappijen het zich veroorloven veel meer materieel in te zetten.

Met 200 bussen op de M25 zou er in beide richtingen meestal een bus binnen anderhalve kilometer van een halte zijn, en zou de wachttijd 2 à 3 minuten bedragen … Als het netwerk effectief wordt ontworpen, zou de wachttijd voor veel interlokale reizen over de snelweg tot hooguit vijf minuten kunnen worden beperkt. Zodra mensen op een regelmatige dienstregeling kunnen vertrouwen, zal de vraag explosief stijgen. Dan zouden er nieuwe bussen met een grotere capaciteit kunnen worden ontwikkeld.[26]

Om de reissnelheid en de frequentie van de diensten op te voeren, zouden de bussen op snelwegen en ringwegen een eigen rijstrook moeten krijgen. Bij kruispunten en rotondes kunnen ze door middel van radiogestuurde stoplichten voorrang krijgen (ambulances in Groot-Brittannië hebben al zenders die de verkeerslichten op groen zetten). De tabloids zullen misschien foeteren, maar het zal niet lang duren eer mensen die dagelijks in de file staan, de voorbij razende bussen op de vrije banen opmerken.

Er is een rekenkundige reden waarom mensen op speciaal toegewezen busstroken sneller zullen reizen dan mensen op de rest van de weg. De remweg van een auto met een snelheid van 50 kilometer per uur is ongeveer 25 meter, voor een auto met een snelheid van 100 kilometer per uur is dit 75 meter.*[27]

---

* Op gladde wegen zijn deze afstanden twee keer langer.

Om te laten zien welke invloed dat heeft op de snelwegcapaciteit, neemt Storkey de M25, de enorme ringweg rond Londen. Deze weg is 190 kilometer lang, bestaat (in beide richtingen) voor het grootste gedeelte uit driebaansweg, en voor 35 procent uit vierbaansweg. Hieronder staat het aantal mensen dat hij kan verwerken.

Gemiddelde snelheid (kilometer per uur)	*Aantal auto's*	*Aantal passagiers (1,6 passagier/auto)*
48	33.050	52.880
80	15.655	25.048
96	11.589	18.542
112	8.924	14.278

Bron: Alan Storkey[28]

Ik stond versteld toen ik deze cijfers voor het eerst onder ogen kreeg. Wanneer de auto's 96 kilometer per uur rijden, kan de totale snelweg – alle 6,7 banen, alle 1.260 kilometer – slechts 19.000 personen verwerken. Ter vergelijking, elke bus

> slokt 1 mijl 1,6 kilometer] autoverkeer op ... Op deze wijze kun je maar liefst 500 personen per mijl snelweg kwijt, in plaats van slechts 30, en de capaciteit van de M25 zou stijgen van 15-20.000 personen in auto's naar 260.000 in bussen.[29]

Doordat er minder files zijn, zullen de bussen minder gauw samenklonteren. Sommige lijnen zouden doorlopend rond de stedelijke ringwegen rijden, andere heen en weer over de snelwegen die deze verbinden.

> Om een gemiddelde snelheid van 80 kilometer per uur te kunnen halen, zouden bussen 106 kilometer per uur moeten rijden en om de 16 of 32 kilometer een halte moeten hebben. Dit betekent dat niet elke buslijn noodzakelijk bij ieder knooppunt een tussenstop maakt.[30]

Als er rekening wordt gehouden met zowel de veel snellere interstedelijke verbindingen die Storkey voorstelt als de tijd die het kost om een parkeerplaats te vinden, zou de gemiddelde reistijd per openbaar vervoer korter kunnen worden dan die per auto. Tijdens de spits en op feestdagen zou het openbaar vervoer zelfs véél sneller zijn. Hoewel automobilisten hun gevoel van onafhankelijkheid en het comfort van een eigen plaats zouden verliezen (en het gemak niet te hoeven overstappen of te slepen met hun bagage), zouden ze er tijd bij krijgen om te lezen, films te kijken, te telefoneren of te slapen.

Om dit te laten werken, hebben bussen het volgende nodig:

> voldoende beenruimte, goede stoelen, laptopaansluitingen, eten, drinken en een beeldscherm voor diverse media … zo kunnen, met andere woorden, deze voertuigen een luxevorm van wegvervoer worden … Bussen zijn, in principe, een soort extra lange limousines.[31]

Dit zou misschien een bepaald verlies aan efficiëntie betekenen, omdat de bussen dan niet zo veel mensen zouden kunnen vervoeren als ze nu doen, maar dat zou worden gecompenseerd doordat ze niet meer van en naar stadscentra hoeven te rijden en zo minder afstand hoeven af te leggen. Geautomatiseerde bagagesystemen zouden de stops veel korter maken. 's Lands minst comfortabele en meest deprimerende vorm van openbaar vervoer zou op deze manier kunnen worden getransformeerd in één van de snelste, efficiëntste en handigste transportsystemen die er bestaan. In plaats van zich sociale verschoppelingen te voelen, zouden busreizigers, terwijl ze al film kijkend en bellend langs de files zoeven, zichzelf gaan beschouwen als de koningen en koninginnen van de weg.

Vergeleken met wat we normaal aan vervoer uitgeven, kost het systeem van Alan Storkey vrijwel niets. Er zijn geen nieuwe wegen voor nodig, geen nieuwe spoorlijnen, geen buitensporige subsidies. Met de aanleg van een aantal busterminals, nieuwe markeringen op de snelweg, aanpassing van de verkeerslichten en de aanschaf van nieuwe bussen komen we

een heel eind. Storkey becijfert de kosten van zijn plan op iets minder dan anderhalf miljard euro. Dit is 27 procent van de kosten van het verbreden van de M1. Maar zelfs dit is volgens mij een overschatting van de kosten, omdat hij geen rekening houdt met de inkomsten uit de verkoop van grond in de binnensteden waarop de interlokale busstations nu zijn gelegen. Mij lijkt dat dit systeem zichzelf vanaf het begin kan bekostigen. Daarnaast maakt het een gedeelte van de gigantische hoeveelheid overheidsgelden vrij die worden aangewend om het bestaande vervoerssysteem in stand te houden.

De automobilistenlobby wijst erop dat autorijders zo'n 45 miljard euro belasting per jaar betalen, vergelijkt dit bedrag met de kosten voor aanleg van nieuwe wegen, en concludeert hieruit dat de automobilisten de overheid sponsoren. Maar Storkey wijst er terecht op dat de overheid óók betaalt voor de politie en ambulances en de ziektekosten als gevolg van lokale luchtvervuiling* en verkeersongelukken. Wanneer wegen, net als spoorlijnen, 8 procent rendement zouden genereren, zou het bedrag dat de overheid aan inkomsten misloopt 46 miljard euro bedragen.[35] Omdat bussen veel veiliger zijn dan auto's** en (gerekend per passagier) minder vervuiling veroorzaken, is het aannemelijk dat met dit systeem zowel de kwantificeerbare als de niet-kwantificeerbare kosten zullen afnemen. De private kosten van transport zouden nog drastischer afnemen.

---

* Volgens cijfers van de Europese Unie leidt de luchtvervuiling in Groot-Brittannië jaarlijks tot de (vroegtijdige of acute) sterfte van 40.800 mensen; deze vervuiling is vooral van motorvoertuigen afkomstig.[32] Volgens dezelfde studie bedragen de totale kosten van luchtvervuiling per inwoner per jaar naar schatting tussen 1.920 en 3.570 euro[33], oftewel 116-216 miljard euro voor Groot-Brittannië als geheel (in juli 2006 telde het land 60,6 miljoen inwoners[34]). Zoals in hoofdstuk 3 uiteengezet, sta ik echter zeer wantrouwend tegenover dit soort berekeningen van de prijs van een mensenleven.

** Storkey merkt op dat 'in de tien jaar tussen 1988 en 1997 het aantal verkeersdoden per miljard reizigerskilometers bij het busvervoer nihil bedroeg, terwijl er 65 procent minder ernstig gewonden vielen dan bij het autoverkeer'.

> Het investeren in bussen is veel rendabeler … dan ons huidige gebruik van auto's, omdat ze veel intensiever worden gebruikt. Eén bus van bijvoorbeeld 215.000 euro is goed voor meer dan 100.000 reizigersdagen per jaar, terwijl een auto van ruim 20.000 daar waarschijnlijk nog geen duizend van dergelijke reizigersdagen tegenover zet. Hiermee wordt het kapitaal veertien maal zo efficiënt gebruikt.[36]

Volgens de Royal Academy of Engineering

> kosten files Groot-Brittannië [omgerekend] 22 miljard euro per jaar en zal dat bedrag naar verwachting in de komende tien jaar verdubbelen naarmate ons transportsysteem op meer plaatsen zijn maximale capaciteit bereikt.[37]

Dit zijn niet de enige kosten die zullen blijven stijgen. Als het inderdaad waar is dat de mondiale olieproductie binnenkort haar maximum zal bereiken en daarna steeds verder zal afnemen, zal verkwistend benzinegebruik niet alleen onbetaalbaar maar ook onmogelijk worden: alle huidige vervoerssystemen zullen min of meer stilvallen. Het Britse regeringsvoorstel om de files te bestrijden – een vorm van rekeningrijden waarbij gebruik wordt gemaakt van continue camera- en satellietobservatie – is erg duur, onevenredig belastend voor minder vermogenden, veel opdringeriger en dwingender dan Storkey's systeem, en bovendien weinig effectief in het terugbrengen van de CO_2-uitstoot. Zelfs wanneer er geen klimaatverandering zou bestaan, zou een verandering als die van Storkey nodig zijn.

Maar toen regeringsadviseurs met een vergelijkbaar voorstel kwamen, al was het op kleinere schaal (ze stelden een bussysteem rond de M25 voor), werd dat door de regering van tafel geveegd. De minister van Verkeer, Alister Dowing, kreeg in het Lagerhuis de vraag 'waarom hij het voorstel had afgewezen … een strategische autoriteit een circulair bussysteem van hoge kwaliteit tot stand te laten brengen?[38] Zijn antwoord luidde:

> Gegeven de uitspraken van de geachte heer over bureaucratie, ben ik verbijsterd dat zijn enige nieuwe beleidsvoorstel het instellen van een strategische autoriteit voor bussen behelst. Mij lijkt dat het regelen van busdiensten het beste aan bestaande instanties kan worden overgelaten.[39]

Geruststellend, nietwaar, dat onze regering deze kwestie zo hoog opneemt.

Storkey's voorstel lost niet alle transportproblemen op. Als middel om klimaatverandering aan te pakken, zou het alleen effect sorteren in combinatie met twee andere beleidsmaatregelen: het instellen van klimaatbudgetten met een bovenlimiet aan de totale uitstoot, en het toewijzen van een bepaalde wegruimte met een bovenlimiet aan het totaal aantal wegkilometers. Zonder die maatregelen wordt er slechts ruimte vrijgemaakt die uitbreiding van het verkeer eerder uitlokt dan tegengaat, terwijl het tegelijkertijd geld vrijmaakt voor investeringen in energie-intensieve processen, zoals voorspeld door het Khazzoom-Brookes Postulaat dat ik in hoofdstuk 4 heb uitgelegd. Om de klimaatvoordelen van Storkey's plan daadwerkelijk te realiseren, moeten bepaalde rijstroken die nu door auto's worden gebruikt aan (interlokale) bussen worden toegewezen, in plaats van speciale nieuwe busstroken aan te leggen. In de binnensteden zullen sommige straten autovrij moeten worden gemaakt, alleen voor voetgangers en fietsers toegankelijk, zoals ook in steden als Kopenhagen, Wenen en Zürich is gebeurd. Parkeerterreinen moeten weer in pleinen worden veranderd, er worden nieuwe bomen aangeplant, en speeltuinen en terrassen aangelegd waar eerst slechts asfalt lag. Het is ook van belang dat Storkey's terminals bij de snelwegen geen nieuwe groeikernen worden: overheden zouden ze gemakkelijk kunnen aangrijpen om vergunningen te verlenen voor de aanleg van gigantische supermarkten, tankstations en woningen die 'volledig geïntegreerd zijn met het openbaar vervoer'. Dergelijke ontwikkelingen zouden veel van de besparingen van het plan teniet doen.

Het terugdringen van het aantal auto's op de weg is niet alleen een kwestie van het bieden van alternatieven, maar ook van het ontmoedigen van autorijden. Het instellen van klimaatbudgetten zou, net als de 'fileheffing'* die het verkeer in Londen heeft teruggedrongen, een krachtige financiële stimulans zijn om op openbaar vervoer over te stappen. Met deze aanvullende beleidsmaatregelen biedt Storkey's bussysteem een manier waarop mensen binnen de noodzakelijke uitstootlimiet blijven terwijl ze bijna net zo veel kunnen reizen als nu. Hoewel de mythe van de vrijheid zou moeten worden losgelaten, zouden echte vrijheden behouden blijven.

Sommige mensen zullen niet zonder een auto kunnen. Voor veel mensen met een handicap zijn treinen en bussen nauwelijks toegankelijk en het is moeilijk voor te stellen hoe het openbare vervoer iedereen zou kunnen bereiken die op het platteland woont zonder dat het een fortuin kost of de huidige bewegingsvrijheid beperkt. Mensen die in de stad wonen zullen merken dat sommige afstanden niet gemakkelijk per bus overbrugd kunnen worden, hoewel Storkey's systeem er waarschijnlijk voor zal zorgen dat het goedkoper is een auto te huren wanneer je die nodig hebt of lid te worden van autodating zoals Greenwheels, dan er zelf een te bezitten. Als een bepaald aantal auto's toch op de weg blijft, moeten deze voertuigen efficiënter worden, en de noodzaak tot reizen minder, willen we de CO_2-uitstoot met 90 procent verminderen.

Geconfronteerd met de dubbele ramp van klimaatverandering en de aanstaande piek in olieproductie, is het moeilijk te blijven volhouden dat de behoefte om een auto te rijden die in 4,5 seconde kan accelereren van 0 naar 100 (zoals bijvoorbeeld een Audi S4), belangrijker is dan de behoefte van de Ethiopiërs om terugkerende hongersnoden te voorkomen of de behoefte van de hele wereld om de economische catastrofe te voorkomen die we tegemoet gaan als de olieproductie te vroeg piekt.[40] De snelheid en de acceleratie van onze auto's is

---

* Het gaat hierbij om de zogenaamde *congestion charge* (nvdv).

een vorm van verspilling die alle toekomstige generaties versteld zal doen staan. De voornaamste reden dat verbeteringen in energie-efficiëntie zo langzaam van de grond komen, is dat fabrikanten erop staan deze prestaties te handhaven. Als dit geen vereiste zou zijn, zouden de meest efficiënte motoren veel kleiner zijn dan nu het geval is.

De gemiddelde uitstoot van nieuwe auto's in Groot-Brittannië is 170 gram CO_2 per kilometer.[41] De Toyota Prius, door het Amerikaanse Bureau voor Milieubescherming EPA uitgeroepen tot groenste auto op de markt, haalt 104 gram,[42] een besparing van slechts 31 procent. In 2001 introduceerde Toyota op de internationale autoshow in Frankfurt haar nieuwe '*Earth-friendly* ES3 Concept Car'.[43] Hoewel het niet in termen van CO_2-uitstoot werd vertaald, werd beweerd dat deze auto 100 kilometer kon afleggen met slechts 2,7 liter brandstof. Als dit waar zou zijn, zou de ES3 twee keer zo zuinig zijn als de Prius.* Van de ES3 werd, na een berg gunstige publiciteit voor Toyota te hebben gegenereerd, nooit meer iets gehoord. Het bleek slechts om een experiment te gaan, misschien in de steek gelaten omdat hij niet sexy genoeg was.

Voor mij ligt een advertentie uit de *Daily Telegraph* van 20 oktober 1983,** vier jaar nadat de revolutie in Iran de olieprijzen opstuwde tot (in de prijzen van vandaag) 80 dollar per vat. Na het opscheppen over het bereiken van een 'snelheid ver boven het toegestane maximum', claimde Peugeot dat de nieuwe 205 diesels 'de eerste auto's ter wereld zijn die meer dan 25 kilometer per liter halen bij een constante snelheid van 90 kilometer per uur'.[44]

Indien dit klopt, was een auto die 23 jaar geleden werd verkocht maar liefst 40 procent zuiniger dan het beste dat de markt vandaag te bieden heeft: de Prius haalt maar 18 kilo-

---

* Prius: 55 mijl per gallon (het gemiddelde onder alle rijomstandigheden) = 12 mijl per liter = 19,2 km per liter. ES3: 37 km per liter.

** Ik ben hierbij dank verschuldigd aan Bryon Wine, die dit bericht aan mij opstuurde.

meter per liter op de snelweg[45]. Maar de illegale snelheden die Peugeots 205 diesels konden halen zijn simpelweg niet hoog genoeg voor de vrijheidszoekers van de 21e eeuw. In de Europese Unie is de gemiddelde brandstofefficiëntie langzaam verbeterd: met 8 procent sinds 1995.*[46,47] In de Verenigde Staten zien we een heel ander beeld. In 1998 was het gemiddelde brandstofverbruik** van auto's en lichte vrachtwagens 7,8 kilometer per liter. Medio 2007 is dat 7,3.[48] Dat is 17 procent slechter ten opzichte van de 8,8 kilometer per liter die de Model T Ford in 1908 haalde.[49] De Ford Expedition, één van de best verkopende modellen van dit moment, haalt 5,5 kilometer per liter.[50]

Er wordt zo weinig belang gehecht aan zuinig brandstofverbruik dat het moeilijk is om aan betrouwbare cijfers te komen. In 2005 voerde *Auto Express* een onderzoek uit waaruit bleek dat de Britse overheidsberekeningen van het brandstofverbruik van nieuwe auto's pure fictie waren. 'De officiële test wordt uitgevoerd op een mechanisch rollende weg en is niet te vergelijken met het echte rijden,' schreef de redacteur van *Auto Express*. 'Ons onderzoek laat zien dat auto's gemiddeld 17 tot 20 procent minder zuinig zijn dan de officiële cijfers aangeven.'[51] Hetzelfde geldt voor de Verenigde Staten. Volgens de *Detroit News* 'halen de meeste automobilisten slechts 75 procent van de in het laboratorium verkregen cijfers.'[52] In 2005 testte het tijdschrift *Which?* nieuwe hybride auto's, die worden aangeprezen als de groenste auto's op de weg. Daar kwam uit dat de Toyota Prius slechts 68 tot 76 procent haalde van het door de fabrikant opgegeven brandstofverbruik, terwijl de Honda Civic maar 52 tot 63 procent zo efficiënt was als door het Britse Vehicle Certification Agency werd beweerd.[53]

In 1991 publiceerde het Amerikaanse Rocky Mountain Institute een ontwerp voor een 'Hypercar', die, volgens hen,

---

* Van 185 naar 171 gram koolstof per kilometer.

** In de VS wordt dit blijkbaar als maatstaf gebruikt, in plaats van gram koolstof per kilometer.

minstens 70 tot 80 procent minder brandstof zou gebruiken dan toentertijd bestaande modellen.[54] De belangrijkste innovaties waren een gigantische vermindering in het gewicht en de weerstand van het voertuig, door de carrosserie te vervaardigen van fiberglas, kevlar of een koolstofcomposiet in plaats van staal en de onderkant van de auto net zo glad te maken als het dak. Ook zou deze *Hypercar*, net als later de Toyota Prius, gebruik maken van een hybride aandrijfsysteem (een combinatie van een conventionele verbrandingsmotor en een elektrische motor) dat de energie die nu bij het remmen verloren gaat, omzet in elektriciteit.

Hoewel het ontwerp van het instituut levensvatbaar, veilig en goedkoop lijkt en sommige onderdelen van het ontwerp zijn opgenomen in echte modellen zoals de Prius, is er vijftien jaar later aan generlei zijde van de Atlantische Oceaan een auto grootschaligs geïntroduceerd die in de verste verte lijkt op het toen gepresenteerde totaalpakket. De producenten maken zo nu en dan een demonstratiemodel – voornamelijk, zo lijkt het, om door de regulerende instanties met rust te worden gelaten – maar zo lang ze het meeste geld verdienen aan terreinwagens zijn ze eenvoudig niet geïnteresseerd in zuinig brandstofgebruik. Het lijken wel de laatste dagen van het Romeinse rijk...

Afkerig als ze zijn van een forse beperking van het particuliere autogebruik en van het terugschroeven van de voertuigprestaties, zoeken overheden en fabrikanten naar alternatieve brandstoffen, om daarmee de metafoor van vrijheid in stand te houden. Ze houden ons voor dat we net zoveel kunnen blijven rijden als we nu doen en tegelijk het milieu redden, door fossiele brandstoffen in te ruilen voor biobrandstoffen of waterstof.

Biobrandstoffen zijn, in deze context, transportbrandstoffen die gemaakt zijn uit plantaardig of dierlijk materiaal. Op het eerste gezicht is het een geweldig idee. In plaats van een smerige zwarte drab uit de diepten van de aarde op te pompen, verbouwen we onze brandstof voortaan op pittoreske

akkers met wuivende zonnebloemen, koolzaad, maïs, tarwe of suikerriet. Deze biobrandstoffen kunnen ook uit stro of – in de toekomst – hout worden gemaakt. Voorbij zijn de dagen dat olietankers op de rotsen vastlopen, dat corrupte regimes door het zwarte goud in de zadel konden blijven, dat inheemse bevolkingen werden uitgemoord, dat het Midden-Oosten een slagveld kon worden. En het belangrijkste van alles: de enige CO_2 die voortaan uit de uitlaatpijpen komt, is CO_2 die eerder door planten uit de atmosfeer is gehaald.

Logischerwijs veroorzaakten biobrandstoffen veel enthousiasme bij zowel milieubeschermers als overheden. In mei 2005 gaf George Bush een speech bij de Virginia BioDiesel Refinery in West Point.

> door het ontwikkelen van biodiesel, maken jullie het land minder afhankelijk van buitenlandse oliebronnen … Onze afhankelijkheid van buitenlandse olie is vergelijkbaar met een buitenlandse belasting op de *American Dream*, en die belasting wordt elk jaar hoger … Mijn regering … zal van brandstofproducenten eisen dat hun brandstof een bepaald percentage ethanol en biodiesel bevat. Om de toekomstmogelijkheden van ethanol en biodiesel nog verder uit te breiden, heb ik bovendien voorgesteld 84 miljoen dollar uit de begroting van 2006 beschikbaar te stellen voor lopend onderzoek.[55]

In de begroting van 2007 was dit bedrag gestegen naar 150 miljoen dollar.[56] De *Energie Policy Act* verplicht brandstofmaatschappijen elk jaar 34 miljard liter biodiesel en ethanol op de markt te brengen.[57]

Aan de andere kant van de Atlantische Oceaan wordt in de Europese landen vergelijkbare wetgeving ingevoerd. De Europese richtlijn voor biobrandstoffen schrijft voor dat in 2010 5,75 procent van onze transportbrandstoffen uit duurzame bronnen afkomstig moeten zijn.[58] De Europese Commissie wil dit verhogen naar 20 procent in 2020.[59] De Britse regering heeft de accijns op biobrandstoffen verlaagd met 30 eurocent per liter, terwijl de Europese Unie boeren een extraatje van 45

euro per hectare betaalt om biobrandstoffen te verbouwen. Eindelijk, zo lijkt het, wordt door de rijkste landen van de wereld een doortastende visie op het milieu nagestreefd.

Er zijn slechts twee problemen. De eerste heb ik al in hoofdstuk 6 genoemd: we hebben maar een beperkte hoeveelheid landbouwgrond en irrigatiewater tot onze beschikking. Hiermee worden er duidelijk grenzen gesteld aan de hoeveelheid hout die in energiecentrales of industriële stookinstallaties zou kunnen worden gestookt. Nog problematischer echter is dat er onvoldoende landbouwgrond beschikbaar is voor de teelt van de zetmeel-, suiker- en oliehoudende gewassen waaruit vloeibare (transport-)brandstoffen moeten worden geproduceerd, omdat deze laatste goede landbouwgrond vereisen. Als biobrandstoffen op grote schaal worden geïntroduceerd, zal dat uitmonden in een wereldwijde humanitaire ramp.

Toegepast op beperkte schaal – zoals nu het geval is – is het geen probleem. De mensen die de hele dag rondglibberen in vaten met viezigheid om gebruikt frituurvet om te zetten in motorbrandstof bewijzen de samenleving een dienst. Maar het totaal aan gebruikt vet is net genoeg om te voorzien in één driehonderdtachtigste deel van de brandstofvraag van het wegtransport.* De rest moet van speciaal daarvoor verbouwde gewassen komen.

Om het wegvervoer op gang te houden, hebben we in Groot-Brittannië jaarlijks 37,8 miljoen ton olieproducten nodig.[61] Van alle biobrandstofgewassen die hier kunnen worden verbouwd, heeft koolzaad de grootste opbrengst: tussen de 3 en 3,5 ton per hectare.[62] Een ton koolzaad levert 415 kilo biodiesel op.[63] Iedere hectare landbouwgrond kan dus 1,45 ton transportbrandstof genereren. Dit betekent dat er, om onze auto's, bussen en vrachtwagens op biodiesel te laten lopen, 25,9 miljoen hectare landbouwgrond nodig is. Het probleem is dat er in heel Groot-Brittannië niet meer dan

---

* Volgens een schatting van de British Association for Biofuels and Oils gaat het hierbij om 100.00 ton per jaar.[60]

5,7 miljoen hectare akkerland voorhanden is.[64] Overschakeling op groene brandstoffen vereist dus viereneenhalf maal zo veel landbouwgrond als we hebben. De doelstelling van de Europese Unie van 20 procent in 2020 zou bijna al onze landbouwgrond opeisen.

Wanneer dergelijke plannen in alle rijke landen zouden worden doorgevoerd, zou dit tot massale hongersnood kunnen leiden onder mensen die de gestegen voedselprijzen niet meer kunnen betalen. Wanneer deze biobrandstoffen wereldwijd ingang zouden vinden, zoals een deel van milieubeweging wil, zou een groot deel van de landbouwgrond op aarde benut moeten worden om auto's te voeden in plaats van mensen. De markt reageert op geld, niet op behoefte. Mensen die auto's bezitten hebben – per definitie – meer geld dan degenen die het risico lopen te verhongeren: autobezitters zorgen voor een effectieve vraag, in tegenstelling tot de allerarmsten. In een wedstrijd tussen mens en machine, zouden de auto's winnen. Er vindt nu al iets soortgelijks plaats. Hoewel 800 miljoen mensen permanent zijn ondervoed, wordt de mondiale groei van de voedselproductie voornamelijk gebruikt voor de aanmaak van veevoer: de mondiale veestapel is sinds 1950 vervijfvoudigd.[65] Dit komt omdat mensen die in staat zijn vlees en zuivel te kopen meer koopkracht bezitten dan zij die zich slechts voeden om te overleven.

Degenen uit de milieubeweging die voor veel meer gebruik van biobrandstoffen pleiten, hebben een beeld voor ogen van de gewassen die hun het meest aanspreken. Ze zien wuivende zonnebloemen of een blauwe zee van bloeiende vlasplanten waaruit lijnzaad wordt gehaald. Ze praten over algen die in vijvers in de woestijn kunnen groeien, of het gebruik van stro en ander afvalmateriaal om ethanol te produceren. Ze zien dorpen en steden die wat betreft brandstofbehoefte zelfvoorzienend zijn, omdat ze door lokale boeren worden bevoorraad. Maar wat ze niet zien – wat ze keer op keer weigeren te begrijpen – is dat de mondiale goederenmarkt niet de mooiste maar de goedkoopste oplossing kiest. Op dit moment (en voor de nabije toekomst) is palmolie de goedkoopste grondstof. Dit betekent dat de produc-

tie van biobrandstoffen niet alleen een recept is voor een humanitaire catastrofe maar ook voor een regelrechte milieuramp.

In 2005 publiceerde het Britse Friends of the Earth een rapport over de gevolgen van de productie van palmolie.

> Tussen 1985 en 2000 was de aanplant van oliepalmplantages verantwoordelijk voor naar schatting 87 procent van de ontbossing in Maleisië.[66]

In Sumatra en Borneo heeft zo'n 4 miljoen hectare bos plaats moeten maken voor palmplantages. Op dit moment staat in Maleisië nog eens 6 miljoen hectare op het punt te worden gekapt, en in Indonesië 16,5 miljoen hectare. Vrijwel al het resterende bos is in gevaar. Zelfs het beroemde Tanjung Puting National Park in Kalimantan wordt opengesteld voor olieboeren. De orang-oetan in het wild zal waarschijnlijk uitsterven. Sumatraanse neushoorns, tijgers, gibbons, tapirs, miereneters, neusapen en vele andere soorten zou hetzelfde kunnen overkomen. Duizenden inheemse bewoners zijn verdreven van hun land en zo'n 500 Indonesiërs zijn gemarteld nadat ze weerstand boden.[67] De hele regio wordt veranderd in een plantaardig olieveld.

Bij de aanleg van oliepalmplantages worden eerst enorme woudreuzen, die veel meer CO_2 hebben vastgelegd dan de palmen ooit in zich op zullen nemen, gekapt en verbrand. De regelmatig terugkerende bosbranden die de regio in smog hullen, worden meestal door palmplanters aangestoken. Nu er geen drogere gebieden meer voorhanden zijn, trekt de palmolieindustrie ook steeds verder de moerasbossen in. Na het kappen van de bomen wordt de veengrond gedraineerd. De drogende turf oxideert, waardoor er nog meer CO_2 vrijkomt dan bij het verbranden van de gerooide bomen. Bij de bosbranden die in 1997 in Indonesië woedden, die zich, deels aangestoken, dankzij de houtkap in het dichte oerwoud steeds verder konden uitbreiden, is volgens een artikel in *Nature* evenveel CO_2 vrijgekomen als bij het opstoken van 13 tot 40 procent van de wereldconsumptie van fossiele brandstoffen.[68] De

biodieselindustrie heeft per ongeluk de meest koolstofintensieve brandstof op aarde uitgevonden.

Nu al wordt de uitbreiding van palmolieplantages opgedreven door de vraag naar biodiesel in de rijke wereld. Volgens de *Malaysia Star*

> spreekt de focus op de nieuwe vraag naar palmolie – voor verwerking tot biodiesel – tot de verbeelding van de markt. De vraag naar biodiesel zal uit de Europese Gemeenschap komen, waar het verplicht is dat diesel voor minimaal 5 procent uit plantaardige olie bestaat. Deze nieuwe vraag naar ruwe palmolie zou, tenminste, het grootste deel van Maleisiës voorhanden zijnde ruwe palmolie opslokken.[69]

De milieuactivist David Bassendine heeft berekend dat als 5 procent van de transportbrandstof in de Europese Unie 'klimaatneutraal' zou zijn, de wereldwijde CO_2-uitstoot met maximaal 0,2 procent zou afnemen.[70] Met andere woorden, de potentiële emissiebesparing die hiermee valt te behalen is slechts een kleine fractie van de mogelijke uitstoot die samenhangt met de productie van biodiesel.

Zelfs wanneer het wordt geconfronteerd met de bouw van negen nieuwe palmolieraffinaderijen om aan de Europese vraag naar biodiesel te voldoen,[71] weigert het deel van de milieubeweging dat deze technologie heeft omarmd, het probleem in te zien. Nadat ik in de *Guardian* de aandacht had gevestigd op de gevolgen van palmolieproductie, werd ik overspoeld met boze brieven waarin fanatiek werd betoogd dat biodiesel in eigen land kan en moet worden geproduceerd. Maar de Britse regering heeft de mogelijkheid van importrestricties al onderzocht en vervolgens afgewezen. In het desbetreffend rapport werd toegegeven dat

> de grootste milieurisico's waarschijnlijk zullen ontstaan door eventueel grootschalige uitbreiding van de productie van grondstoffen voor deze biobrandstoffen, met name in Brazilië (voor suikerruit) en Zuid-Oost Azië (voor palmolieplantages).[72]

Om het probleem aan te pakken, zo werd betoogd, kon men het beste de import van milieuschadelijke brandstoffen verbieden. Daarom werd aan regeringsadviseurs gevraagd of een importverbod strijdig zou zijn met de regels van de wereldhandel. Het antwoord was 'ja': 'verplichte milieucriteria … zouden het risico op internationale juridische aanvechting van het beleid als geheel aanzienlijk vergroten'.[73]

'Dan verander je toch gewoon de regels van de wereldhandel!', antwoorden enthousiastelingen. Dit voorstel heeft misschien wel positieve kanten, maar als we eerst voor een nieuw wereldhandelsregime moeten strijden voordat we een klimaatvriendelijk vervoerssysteem kunnen ontwikkelen, kunnen we maar beter meteen opgeven. Iedereen die de wereldhandelsbesprekingen ooit heeft gevolgd – zowel hun slakkengang als de richting die ze opgaan – weet dat dit veel te lang zou duren.

Het besluit van regeringen in Europa en Noord-Amerika om de ontwikkeling van biobrandstoffen door te zetten, is, wat het milieu betreft, het meest schadelijke dat ze ooit hebben genomen. In het besef dat het creëren van deze markt zal leiden tot een gigantische toename van de import van palmolie uit Maleisië en Indonesië en ethanol uit het Braziliaanse regenwoudgebied; in het besef dat er niets zinvols is dat ze kunnen doen om ze tegen te houden; en in het besef dat deze import klimaatverandering eerder zal versnellen dan afremmen, hebben onze regeringen besloten er toch mee door te gaan.

Waterstof is een stuk interessanter. Volgens voorstanders kunnen auto's, net als onze huizen, van energie worden voorzien door brandstofcellen die op waterstof lopen. Ze zouden stil zijn, geen lokale luchtvervuiling veroorzaken, en ongeveer een derde efficiënter zijn dan verbrandingsmotoren.* De waterstof

---

* Het Tyndall Centre schrijft: 'In brandstofcellen wordt energie met een continu rendement van 60 procent omgezet, terwijl interne verbrandingsmotoren niet boven de 40 of 45 procent uitkomen voor respectievelijk benzine en diesel, en normaal een heel stuk slechter presteren.'[74]

zou gewonnen kunnen worden uit aardgas of steenkool (en de tijdens productie vrijkomende CO_2 kan in de ondergrond worden opgeslagen) of uit de elektrolyse van water met behulp van duurzame energie.

De Europese Commissie heeft al twee miljard euro gestoken in dit project[75] en de regering-Bush heeft dit bedrag ongeveer geëvenaard.[76] De Amerikaanse National Academy of Engineering schat dat in 2034 ongeveer 60 procent van de nieuwe voertuigen in de Verenigde Staten op waterstof zal kunnen rijden, hoewel ze toegeeft dat dit een 'optimistische visie' is.[77] De Japanse overheid zegt dat het in 2010 50.000 waterstofvoertuigen op de weg wil hebben en in 2020 5 miljoen.[78] Volgens een in 2002 verschenen rapport van het Britse Tyndall Centre

> voorspellen de grote autofabrikanten dat voertuigen met brandstofcellen per 2004 op beperkte basis beschikbaar zullen zijn en voertuigen met een verbrandingsmotor op waterstof in 5 tot 7 jaar daarna.[79]

Deze bewering van de fabrikanten berust nergens op. Maar dergelijke hypes gaan er bij mensen die beter zouden moeten weten vaak in als zoete koek. In een poging te laten zien dat hun ideeën door de autofabrikanten werden overgenomen, schreven Paul Hawken en Amory en Hunter Lovins in hun boek *Natural Capitalism* uit 1999

> In 1997 kondigde Daimler-Benz een samenwerkingsverband aan met het Canadese bedrijf Ballard om brandstofcelmotoren op basis van waterstof te ontwikkelen, waarmee een investering van 350 miljoen dollar zal zijn gemoeid. Daimler beloofde per 2005 ieder jaar 100.000 van zulke voertuigen te produceren, een zevende van hun totale productie. Zes maanden later vertelde de directeur van Toyota dat hij deze doelstelling zou overtreffen en voorspelde dat hybride-elektrische auto's in 2005 een derde van de automarkt veroverd zouden hebben … In de lente van 1998 hadden ten minste vijf autofabrikanten

> plannen om op korte termijn grote aantallen auto's in de categorie 1 [liter] op 28 [kilometer] te gaan maken.[80]

Deze schrijvers zouden misschien even stil moeten staan bij het feit dat in 1929 de directeur van General Motors voorspelde dat zijn auto's binnen 10 jaar 1 op 28 zouden rijden.[81] De auto-industrie doet om de zoveel maanden dergelijk grootse voorspellingen om investeerders enthousiast te maken en om aan te geven dat ze van plan zijn de wereld te redden. We zouden er goed aan doen hier geen woord van te geloven.

Toch begint het erop te lijken dat de brandstofcel een haalbare technologie wordt voor het gemotoriseerd verkeer, ook al zal dat niet zo snel gaan als de producenten voorspellen. Ze moeten nog een aantal flinke hindernissen overwinnen voordat ze op grote schaal kunnen worden ingezet.

Het belangrijkste probleem is natuurlijk dat waterstof nergens bij een tankstation verkrijgbaar is. Het kip-of-ei-probleem dat ik hoofdstuk 7 beschreef is nog lastiger bij mobiele brandstofcellen. De modellen voor thuisgebruik hebben voldoende aan een vaste toevoerleiding. De eigenaars van auto's met brandstofcellen moeten er van op aankunnen dat ze waterstof kunnen vinden op elke plek waar de tank toevallig leeg raakt. De pomphouders zullen niet leveren als er geen markt voor waterstof is, en de markt kan zich niet ontwikkelen zolang er geen waterstof wordt geleverd.

Dit wordt nog verergerd door het opslagprobleem (iets waar eigenaren van vaste brandstofcellen zich niet druk over hoeven maken, tenzij ze hun eigen waterstof opwekken). Auto's moeten de waterstof met zich meenemen. Hoewel het gas drie keer de dichtheid van benzine heeft in termen van energie, heeft het bij een druk van 350 bar slechts een tiende van de dichtheid qua volume.*

Dit betekent dat, om dezelfde afstand te kunnen afleggen, de hogedruktank van een auto op waterstof tien maal groter moet

---

* Waterstof bevat bij 350 bar 2 megajoule energie per liter. Benzine bevat onder atmosferische druk 32 megajoule per liter.[82]

zijn dan de tank van een benzineauto. Het zou meer tijd kosten om een dergelijke tank te vullen en het zou bovendien het nodige gevaar kunnen opleveren. Het alternatief is om de waterstof vloeibaar te maken, maar dit zou, zoals ik in hoofdstuk 7 al vertelde, heel veel energie kosten. Zodra de auto geparkeerd is en de motor niet meer loopt, begint de waterstof te verdampen. Volgens de Amerikaanse National Academy of Engineering

> zijn nieuwe oplossingen nodig om voertuigen te maken met een actieradius van minimaal 500 kilometer … tot op heden is er geen opslagsysteem voor waterstof ontwikkeld dat licht, compact, veilig en goedkoop is.[83]

Eén van de nieuwe oplossingen die autofabrikanten hebben uitgeprobeerd is '*on-board reformation*' van waterstof, oftewel een minifabriekje in de auto. De tank is gevuld met benzine of methanol en de *reformer* zet dit tijdens het rijden om in waterstof. Maar dit soort installaties is duur, zwaar en inefficiënt en heeft veel tijd nodig om op te starten.[84] Relevanter hier is echter dat ze geen bijdrage kunnen leveren aan het aanpakken van klimaatverandering, omdat deze productie van waterstof niet met duurzame energie kan plaatsvinden en er geen koppeling mogelijk is aan het ondergronds opslaan van CO_2. De enige voordelen zijn dat de auto's stiller zijn en minder lokale vervuiling veroorzaken. Al deze problemen gelden natuurlijk net zo goed voor de ontwikkeling van interne verbrandingsmotoren die op waterstof lopen.

De enige overgebleven optie lijkt opslag in een of andere vaste stof. Waterstof kan worden geadsorbeerd door koolstof of worden gebruikt om metaalhydrides te maken, die in reactie met water het gas weer afgeven, waarbij ook een behoorlijke portie warmte vrijkomt. Ook deze aanpak is problematisch; waterstoflekkage is niet uitgesloten, en de temperaturen waarbij de reacties plaatsvinden zijn lastig te regelen.[85] De fabrikanten hebben bovendien tot dusverre niet kunnen aangeven hoe de gebruikte metaalhydrides uit de auto kunnen worden gehaald en hergebruikt. Maar experimentele bestelbusjes die borium-

hydride gebruiken als energiedrager zijn al getest door Daimler-Chrysler. Het lijkt erop dat ze licht genoeg zijn en voldoende actieradius hebben om commercieel te kunnen worden toegepast, mits de andere problemen kunnen worden overwonnen.

Dan zijn er de kosten. Het Tyndall Centre rapporteert dat 'brandstofcellen voor voertuigen momenteel zo'n 1.000 dollar per kilowatt kosten, terwijl verbrandingsmotoren 10 dollar per kilowatt kosten.'[86] De National Academy schrijft dat de prijs van het hele systeem

> tot onder de 100 dollar per kilowatt moet zakken voordat brandstofcelauto's een geloofwaardige optie worden … het zal minstens 10 jaar duren voor het zover is.[87]

Maar hoewel het systeem duur is, is de brandstof dat niet. Toen olie 30 dollar per vat kostte, aldus de grafieken van de National Academy, kostte een kilo uit steenkool of aardgas geproduceerde waterstof nauwelijks meer dan een kilo benzine, zelfs wanneer de CO_2 ondergronds zou zijn opgeslagen.[88] Eind 2007 kost olie ongeveer drie keer zo veel, wat betekent dat waterstof momenteel goedkoper is dan benzine. Dit is echter niet het geval wanneer de waterstof met behulp van elektrolyse wordt geproduceerd.

Hoewel waterstofauto's op een dag misschien 's werelds boortorens overbodig zullen maken, zouden ze een enorme toename in andere soorten energieproductie vereisen. In Europa zal de brandstof waarschijnlijk uit aardgas worden gemaakt, wat natuurlijk tot versnelde uitputting van de gasvoorraden zal leiden. In Noord-Amerika, waar de gasreserves een vrije val doormaken, zal het worden gemaakt uit steenkool, of – een duurdere optie – door middel van elektrolyse. Dit zou grofweg een verdubbeling van de nationale energieproductie vergen.[89,90]

Het meest fundamentele probleem met auto's met brandstofcellen is dat – vanwege de onopgeloste technische problemen die ik heb genoemd – hun ontwikkeling simpelweg te langzaam zal gaan, hoeveel miljarden de regeringen van 's werelds rijkste landen er ook tegenaan gooien. Naarmate je verder leest,

lijkt de 'optimistische visie' van de National Academy louter te berusten op *wishful thinking*. Zo wordt er toegegeven dat

> hoewel de transitie naar waterstof het energiesysteem van de Verenigde Staten op lange termijn sterk kan veranderen, de gevolgen voor de olie-import en de CO_2-uitstoot de komende 25 jaar waarschijnlijk beperkt zullen blijven.[91]

Het tijdschrift *New Scientist*, dat deze inschatting lijkt te onderschrijven, schreef in 2003 dat het 'waarschijnlijk 15 tot 20 jaar zal duren voordat auto's met brandstofcellen ook maar een teen tussen de deur van de markt zullen krijgen'.[92]

Hoewel het gebruik van brandstofcellen in voertuigen de wereld misschien ooit zal veranderen, stelt deze technologie voor mijn doelstelling kortom nog bitter weinig voor. Bij het lobbyen voor minder emissies kunnen we onze tijd beter besteden aan het eisen van de massaproductie van de *Hypercar* – die geen onoverkomelijke technische obstakels hoeft te overwinnen – dan aan de toepassing van waterstof.

Er is misschien nog een andere mogelijkheid: een oplossing vinden voor hét grote nadeel van elektrische voertuigen. Elektrische voertuigen zijn niet nieuw en sommige recente modellen zijn net zo snel als welk voertuig dan ook hoeft te zijn. Maar de actieradius wordt beperkt door de capaciteit van de batterij: na 150 tot 500 kilometer zijn zelfs de beste batterijen leeg en het duurt uren voor ze weer zijn opgeladen. Energie-expert Dave Andrews stelt een eenvoudige oplossing voor: de auto's zouden gebruik moeten maken van batterijen die door een netwerk van oplaadstations beschikbaar worden gesteld. Wanneer de batterij leeg raakt rijd je een station binnen, betaal je een vergoeding en wissel je haar in voor een volle. De stations zouden de batterijen kunnen opladen met energie afkomstig van windparken op zee, wanneer de wind hard waait en de vraag naar batterijen gering is. De klimaatkosten van het systeem zijn hierdoor vrijwel nihil, terwijl overtollige windenergie niet meer verloren hoeft te gaan en de stroom relatief goedkoop kan worden geleverd, omdat deze wordt ingekocht op

het moment dat de prijs laag is. Dit lijkt een veel eenvoudiger en goedkopere manier om de CO_2-uitstoot van het wegverkeer te verminderen dan een waterstofnetwerk. Aangezien de alternatieven veel makkelijker te ontwikkelen zijn, lijkt de obsessie van onze overheden voor waterstofauto's onbegrijpelijk.

In haar uitstekende boek *Car Sick* komt transportanaliste Lynn Sloman, op basis van studies in Australië, enkele Britse dorpen en een landelijk gebied in Midden-Wales, tot wat zij de '40:40:20–regel' noemt.[93] Ongeacht de locatie zou nu al ongeveer 40 procent van de huidige autoreizen per fiets, lopend of met het openbaar vervoer kunnen worden gemaakt. Nog eens 40 procent zou met andere vervoersvormen kunnen worden gemaakt indien het openbaar vervoer en de fietsvoorzieningen verbeterd worden. Voor grofweg 20 procent van onze autoreizen bestaat geen alternatief.

De meeste middelen om automobilisten te overtuigen om andere vervoersvormen te gebruiken zijn – in tegenstelling tot de miljarden die worden uitgegeven aan de aanleg van wegen en bruggen – eenvoudig en goedkoop. Eén van de grootste problemen, zo constateerde Sloman, is dat mensen niet op de hoogte zijn van bestaande vervoersdiensten. Door bij de mensen langs te gaan en gratis proefabonnementen uit te delen, hebben busbedrijven in bepaalde delen van Groot-Brittannië hun klandizie aanzienlijk kunnen uitbreiden. Reclame kan helpen om het verkeerde beeld van mensen over de alternatieven bij te stellen: één onderzoek liet zien dat mensen de tijd die een reis per bus kost met 70 procent overschatten en de tijd die deze reis per auto kost met 26 procent onderschatten.[94]

Lokale busdiensten kunnen ook aanzienlijk worden verbeterd. In Duitsland, Nederland en Denemarken bepalen regionale of provinciale overheden welke busdiensten noodzakelijk zijn en eisen dat busbedrijven overeenkomsten tekenen om ze te leveren. In Groot-Brittannië wordt dit daarentegen aan de markt overgelaten. De bedrijven rijden de meest lucratieve routes op de meest lucratieve tijdstippen en zetten de bussen aan de kant voordat ze de chauffeurs overuren moeten beta-

len. Het idee van 'kruissubsidiëring' (waarbij de winsten op drukke routes de kosten op de minder drukke compenseren) wordt in ons land veel besproken maar zelden toegepast.

Onze openbaar vervoersystemen worden geplaagd door een gebrek aan fantasie. Terwijl een busdienst in Groot-Brittannië maar één ding betekent – een bus die op gezette tijden heen en weer rijdt over hetzelfde parcours – behelst deze term in delen van Duitsland, Nederland, Zwitserland en Denemarken een reeks verschillende soorten transport. Zo zijn er bijvoorbeeld taxibussen, die gebruik maken van voertuigvolgsystemen, GPS-satellieten en callcentra. Ze maken onderdeel uit van een soort gedeelde taxiservice, die je van tevoren bestelt en die stopt voor de deur, maar die onderweg ook andere passagiers die gereserveerd hebben ophaalt. Deze 'belbussen' rijden op gezette tijden op stille routes, maar alleen wanneer er iemand gebeld heeft om van de dienst gebruik te maken.[95] Hierdoor zijn ze in staat te besparen op zowel kosten als uitstoot.

Sommige Europese landen – met name Nederland, Duitsland en Zwitserland – hebben ook het soort geïntegreerde vervoersdiensten die ons in 1998 zijn beloofd,[96] maar die nog steeds niet zijn waargemaakt. Hierbij zijn bus- en treindiensten op elkaar afgestemd. Treinen, trams en bussen vervoeren gedurende het grootste gedeelte van de dag fietsen gratis. Veilige, ononderbroken fietspaden zijn met elkaar verbonden en doorkruisen hele steden.

In enkele steden in Groot-Brittannië begeleiden ouders om de beurt zogenaamde loopbussen – groepen kinderen die twee aan twee lopen – naar school. Door kinderen te dwingen gebruik te maken van de aanhangsels die bijna overbodig zijn geworden – namelijk hun benen – verminderen ze zowel de hoeveelheid verkeer als hun overgewicht. Omdat er maar twee volwassenen voor nodig zijn om de kinderen te begeleiden, een 'chauffeur' en een 'conducteur', hoeven hun ouders niet elke dag op en neer naar school.

Geen van al deze voorstellen is duur of ingewikkeld. De meeste lokale en nationale overheden in Groot-Brittannië zijn echter, net als in de Verenigde Staten, domweg niet geïnte-

resseerd. Ze zijn geobsedeerd door filevorming – met andere woorden de beperking van de ingebeelde vrijheid van de automobilist – en proberen dit tegen te gaan door meer ruimte voor de auto te scheppen.

Een andere manier om de CO_2-uitstoot terug te dringen zonder op de komst van nieuwe technologieën te hoeven wachten, is het verminderen van onze noodzaak om überhaupt te reizen. In hoofdstuk 9 stel ik een boodschappensysteem voor dat de noodzaak van particulier autobezit min of meer wegneemt en gepaard gaat met een CO_2-besparing van 70 procent. Ook is er ruimte – hoewel niet zo veel als sommige voorstanders suggereren – om de noodzaak van woon-werkverkeer te verminderen.

Onderzoeken in Californië, Nederland en Duitsland wijzen uit dat mensen die een gedeelte van de week thuis kunnen werken de kosten en de afstand die ze reizen in totaal met 10 tot 20 procent verminderen.[97] Daartegenover staat dat mensen, wanneer ze niet zo vaak naar hun werk hoeven, misschien eerder geneigd zouden zijn verder weg te gaan wonen.

In 2001 werkten in Groot-Brittannië 2,2 miljoen mensen, ofwel 7,4 procent van de beroepsbevolking, minstens één dag per week thuis.[98] De overheidsadviseurs voorspellen dat als het huidige groeitempo aanhoudt, over tien jaar ongeveer 30 procent van de beroepsbevolking op zijn minst enkele dagen thuis zal werken.[99]

Maar de groei van het telewerken kan niet oneindig doorgaan. Het is moeilijk voor te stellen hoe fabriekswerknemers, winkelbedienden, verpleegsters, chauffeurs, bouwvakkers of tuinmannen veel werk mee naar huis zouden kunnen nemen. De adviseurs stellen dat het soort werk dat het makkelijkst mee naar huis kan worden genomen (met telefoons en computers), behoort tot de banensector die het snelst groeit. Ze vergeten er bij te zeggen dat dit ook de sectoren zijn die waarschijnlijk grotendeels naar het buitenland zullen verdwijnen: als je baas je thuis kan laten werken, kan hij je werk ook naar Hyderabad sturen.

Een studie uit de Verenigde Staten toont aan dat 50 procent van de Amerikaanse werknemers 'informatiewerker' is en dat 80 procent daarvan thuis zou kunnen werken. Dit zou betekenen dat het maximale aandeel telewerkers rond de 40 procent zou liggen.[100] Als iedereen voor wie dat mogelijk is twee dagen per week thuis zou werken, zou dit de hoeveelheid woon-werkverkeer met 16 procent verminderen. Dit is optimistisch. Een opiniepeiling in Groot-Brittannië heeft laten zien dat van de werkenden die een computer gebruiken maar die nog niet thuis werken, 77 procent dat niet zou willen, 17 procent het niet zou mogen, en maar 7 procent het zou willen en kunnen.[101] Maar met een beleid op basis van klimaatbudgetten zouden deze verhoudingen veranderen en de mogelijkheid gebruik te maken van een breedband videoverbinding zou misschien het gevoel van isolement kunnen tegengaan dat mensen vaak ontmoedigt om thuis te blijven.

Er zijn ook mogelijkheden om reizen te delen. Verscheidene bedrijven en adviesbureaus in Groot-Brittannië moedigen hun werknemers aan hun auto te delen of halen ze op met minibusjes. Een onderzoek meldt dat gemiddeld 14 procent van de werknemers van bedrijven die een programma voor gedeeld autogebruik hebben, daar ook gebruik van maakt.[102] Twee bedrijven – Marks and Spencer Financial Services en Computer Associates, die beide hun werknemers die carpoolen een premie geven – hebben ongeveer een derde van hun personeel overgehaald om mee te doen met het systeem.[103]

Er zijn ook regelingen voor gedeeld autogebruik voor mensen die geen collega's van elkaar zijn. Om bijvoorbeeld aan Liftshare deel te nemen, hoef je alleen maar op hun website aan te geven wanneer je waarheen gaat en of je een lift zoekt of er één aanbiedt. Het programma zoekt dan iemand die dezelfde kant opgaat.[104] Op de site is te zien hoeveel de reis kost en hoeveel kilogram CO_2 je bespaart door samen met iemand anders te reizen. Het is met andere woorden een soort liftsysteem waarbij je niet in de stromende regen, gebruskeerd door Volvo-rijders, langs de weg hoeft te staan. Het is waarschijnlijk ook veiliger. Liftshare zegt dat het 104.000 leden heeft,

die samen ruim 40 miljoen kilometer per jaar delen en dat 32 procent van de aanvragen succes oplevert.[105] Al deze aantallen – zowel van werkgerelateerde als openbare programma's – zouden na invoering van klimaatbudgetten, die mensen aanmoedigen de klimaatgevolgen van het reizen te delen met anderen, een flinke impuls krijgen.

Veel van deze voorstellen zullen net zo bijdragen aan in het weer bij elkaar brengen van gemeenschappen als aan de vermindering van broeikasgasemissies. Vlak voordat ik dit hoofdstuk schreef, telde ik het aantal mensen op straat toen ik van huis naar de plaatselijke bakker liep, vier straten verderop. Van de 16 kende ik er 12 van naam. Het lopen ging niet bijzonder snel, maar ik kan me geen betere tijdsbesteding bedenken.

Met een totale omschakeling op de *Hypercar* of elektrische voertuigen, een terugkeer naar lagere snelheden en minder hoog opgevoerde prestaties, in combinatie met gedeeld autogebruik, telewerken, een autovrij winkelsysteem, beter openbaar vervoer en betere voorzieningen voor fietsers en wandelaars, moet het mogelijk zijn de uitstoot van het vervoer dat niet door Storkey's systeem kan worden vervangen met meer dan 90 procent terug te dringen. Het probleem is politiek van aard, niet praktisch. We hebben regeringen nodig die zich bezig houden met de vraag hoe ze het beste een systeem voor openbaar vervoer kunnen plannen, in plaats van zich in te spannen om de meest gunstige voorwaarden te scheppen voor privé-vervoer. Dit betekent het aangaan van de confrontatie met een belangengroep die elk jaar meer zelfvertrouwen lijkt te krijgen, omdat de libertijnse politiek die door het autorijden wordt aangemoedigd, het steeds moeilijker maakt enige beperking aan automobilisten op te leggen. Hoe langer overheden om de hete brei heen draaien, des te onwaarschijnlijker drastische veranderingen worden; het probleem dat in andere opzichten het eenvoudigst van alle problemen in dit boek op te lossen is, loopt het risico onoplosbaar te worden. Eén van onze grootste politieke uitdagingen is het bewijzen dat Ilya Ehrenburg ongelijk had.

9 Love miles

Het voertuig varen latend van mijn wolk,
Die mij door heldre dagen stil droeg over land en zee
Faust, Deel II, Vierde Bedrijf[1]

Om de zoveel tijd ontvang ik een e-mail van het bedrijf responsibletravel.com, waarin reclame wordt gemaakt voor 'vakanties die de wereld tot rust laten komen'.[2] Het bedrijf organiseert 'echte, authentieke vakanties waar het milieu en de lokale bevolking baat bij hebben'.[3] Je kunt afreizen naar de Quelqanqa Vallei in Peru, waar je kan helpen met het bouwen van 'drie smalle loopbruggen over de twee rivieren die in de buurt van het dorp stromen'.[4] Je kunt op een 'zevendaagse safari die verschil maakt!' in Kenia, waar met het entreegeld dat je betaalt voor het Samburu National Park en het Masai Mara reservaat 'scholen en medische voorzieningen voor de lokale bevolking' worden bekostigd.[5] Of je kunt naar Hokkaido in Japan, waar je met je vakantie bijdraagt aan het herstel van 'oorspronkelijk moerasgebied'.[6] Op de website staat het eindeloos op t-shirts en posters herdrukte gezegde van de Cree Indianen: 'Pas wanneer de laatste boom is gestorven, de laatste rivier vergiftigd en de laatste vis gevangen, zullen we ons realiseren dat je geld niet kunt eten'.[7]

Zelfs als we over het hoofd zien dat dorpelingen uit de Andes waarschijnlijk beter zijn in het bouwen van bruggen dan IT-consultants uit Noord-Londen, dat de toegangsprijzen van Keniaanse wildparken meestal worden besteed aan van alles en nog wat behalve plaatselijke voorzieningen,[8] dat Japanners niet echt zitten te springen om buitenlandse hulp, en dat – afgaand op hun tarieven – responsibletravel.com het

geld even goed smaakt als andere reisorganisaties, ontbreekt er iets aan dit plaatje. De toeristen moeten er wel zien te komen. Tenzij een fietstocht naar de Masai Mara of een kanovaart naar Hokkaido is opgenomen in her reispakket, moeten ze het vliegtuig nemen.

Zelfs als je drieduizend loopbruggen bouwt, al je spaargeld uitgeeft aan toegangskaartjes voor de Masai Mara of in moerasgebieden aanmoddert tot je zwemvliezen krijgt, compenseer je daarmee nog geen fractie van de gevolgen van je vlucht. Onder het mom van het helpen van mensen in ontwikkelingslanden draagt dit bedrijf uiteindelijk bij aan de hongerdood van Ethopiërs en de verdrinkingsdood van Bangladeshi.

Ik heb responsibletravel.com niet als voorbeeld genomen omdat het zo uitzonderlijk onachtzaam is op de gevolgen van vliegreizen, maar juist omdat het zo exemplarisch is. We hebben de kunst van het verhalen vertellen zo goed onder de knie gekregen, dat ze precies beginnen en eindigen op het punt waar ons dat het beste uitkomt, en dat geldt met name voor onze reizen. Een vakantie – en daarmee haar effect op het milieu – begint zoals we onszelf graag doen geloven bij de aankomst en eindigt bij vertrek. Met de reis ernaartoe en terug hebben we niets te maken.

Zelfs degenen die onderkennen dat we niet op de plek van bestemming aankomen door middel van teleportatie, bagatelliseren de gevolgen van het vliegen. In een artikel in *The Independent* waarin de waarden van 'ethisch toerisme' worden geprezen, geeft Anita Roddick, oprichtster van de Bodyshop en sponsor van talloze goede doelen, toe dat

> sommige mensen het hele idee van ethisch toerisme wantrouwen, omdat je om op de meeste plaatsen te komen per vliegtuig moet reizen – iets dat op zichzelf al onethisch is. Het mag zo zijn dat de overheid een verdubbeling van het aantal luchtvaartpassagiers in 2030 verwacht, en dat het vliegen tegen die tijd de grootste bijdrage aan klimaatverandering zal leveren, maar tegelijkertijd kan de vliegtuigindustrie tegenwoordig ook zuinige vliegtuigen maken. De Sustainable Aviation Group,

waar BA en Virgin onderdeel van uitmaken, streeft ernaar vliegtuigen te introduceren die 50 procent minder CO_2 uitstoten dan modellen uit 2000.[9]

Dit is, zoals we zullen zien, onwaarschijnlijk: de voorspellingen van de luchtvaartmaatschappijen doen niet onder voor die van de auto-industrie en lijken vooral door public-relationsoverwegingen te zijn ingegeven. Zelfs als de verbeteringen er zouden komen, zal dit niet opwegen tegen de stijgende emissies als gevolg van de toename in het aantal vluchten, zoals Roddick zelf laat zien. Ze is ook voldoende geïnformeerd om te weten dat de andere maatregelen die ze voorstelt – emissiehandel en boomaanplant – onder de huidige omstandigheden niet zullen werken, zoals ik zodadelijk en in hoofdstuk 11 zal uitleggen. Maar haar stellige bewering dat verre-vakanties-toerisme op duurzame wijze mogelijk zou zijn, zolang we maar geld en goede wil rondstrooien wanneer we er eenmaal zijn, onderschrijft mijn stelling dat goedbedoelende mensen de biosfeer net zo grondig kunnen verpesten als de bestuurders van Exxon.

Onze morele spagaat ten aanzien van vliegen herinnert me aan iets wat een boeddhist ooit tegen me zei toen ik zijn aankoop van onethische producten in twijfel trok: 'Het maakt niet uit wat je doet, zolang je het maar met liefde doet.' Ik ben ervan overtuigd dat hij net zo goed als ik wist dat onze gemoedstoestand geen enkele invloed heeft op de uitbuiting van arbeiders of de samenstelling van de atmosfeer. Het maakt geen enkel verschil of we denken als ethische mensen, ons kleden als ethische mensen, onze huizen inrichten als ethische mensen, zolang we ons niet ook gedragen als ethische mensen. Wat vliegen betreft lijken goede bedoelingen geen gevolgen te hebben voor het gedrag.

Dit is denk ik deels te wijten aan het feit dat degenen die zich het drukst maken over de inwoners van andere landen, vaak veel hebben gereisd. Een groot deel van de mensenrechtenbeweging bestaat uit mensen waarvan de politieke overtuigingen – net als bij mij – gevormd zijn door hun ervaringen

in het buitenland. Het is makkelijk voor ons om minachting te koesteren voor eigenaren van SUV's, die doorgaans andere politieke overtuigingen hebben dan wij; veel moeilijker is het ons een wereld voor te stellen met beperkingen van onze eigen vrijheden, met name die welke ons hebben gevormd.

Ik heb mensen horen betogen dat minder reizen van rijke naar arme landen kan resulteren in een vernauwing van de publieke opinie. Dit zou best waar kunnen zijn. Maar het is ook duidelijk – zoals de publieke reactie op de tsunami in Azië en het enthousiasme om de armoede in Afrika aan te pakken laten zien – dat ons medeleven met anderen even goed kan worden opgewekt door een effectief gebruik van de media.

Pijnlijker is dat in sommige gevallen onze vrijheden veranderen in verplichtingen. Als je relaties opbouwt met mensen uit andere landen, bouw je *love miles* op: de afstand tussen jouw thuisbasis en die van de mensen van wie je houdt of de mensen van wie zij houden. Als je schoonzus trouwt in Buenos Aires, is het immoreel om te gaan – vanwege klimaatverandering – maar niet gaan is óók immoreel, vanwege de verontwaardiging die het veroorzaakt. Bij dat besluit staan twee steekhoudende morele overwegingen lijnrecht tegenover elkaar. Het mag dan ook geen verbazing wekken dat 'ethische' mensen de gevolgen van vliegen niet onder ogen willen zien.

Er zijn twee redenen waarom geen enkele andere particuliere activiteit zoveel klimaatschade veroorzaakt als vliegen. Dat komt in de eerste plaats door de enorme afstanden die we hiermee kunnen overbruggen. Volgens de Britse Royal Commission on Environmental Pollution is de CO_2-uitstoot per passagierskilometer 'voor een geheel gevulde lijnvlucht vergelijkbaar met een personenauto met drie of vier inzittenden.[10]

Met andere woorden, de uitstoot per persoon is ongeveer de helft van een auto met daarin het gemiddelde van 1,56 passagiers. Maar terwijl in Groot-Brittannië de gemiddelde afstand die per jaar per auto wordt afgelegd ongeveer 15.000 kilometer bedraagt,[11] kunnen we die afstand met een vliegtuig in één dag overtreffen. Op een retourvlucht van Londen naar

New York produceert elke passagier ongeveer 1,2 ton CO_2*: precies de hoeveelheid waar ieder van ons *in een heel jaar* recht op zal hebben als we de 90 procent emissiereductie hebben bereikt.**

De tweede reden is dat de luchtvaart het klimaat ook op andere wijzen beïnvloedt dan door CO_2-uitstoot alleen. Bij iedere vlucht komen roetdeeltjes en diverse gassen vrij. Sommige hiervan leiden tot een afkoeling van de atmosfeer, andere tot een opwarming. Het nettoresultaat is volgens het International Panel on Climate Change een opwarming die 2,7 keer sterker is dan het effect van de CO_2-uitstoot alleen.[13] Dit komt voornamelijk doordat de vochtige warme lucht uit de uitlaat van de straalmotoren zich vermengt met de koude lucht in de hogere troposfeer waarin de meeste grote vliegtuigen vliegen. Door condensatie van deze waterdamp kunnen 'vliegtuigstrepen', ofwel *contrails,* ontstaan, die op hun beurt waarschijnlijk leiden tot de vorming van cirruswolken – de dunne, waaiervormige formaties ijskristallen hoog in atmosfeer die we sluierbewolking noemen. Hoewel ze een gedeelte van de zonnewarmte terugkaatsen in de ruimte, houden ze vooral 's nachts ook warmte vast in de atmosfeer. Het lijkt erop dat met name het vasthouden van de warmte een grotere invloed heeft.[14] Dit betekent dat een subsonisch vliegtuig, indien alle stoelen bezet zijn, per passagierskilometer ongeveer net zo veel opwarming veroorzaakt als een auto. Hoewel de verschillende opwarmingseffecten niet direct vergelijkbaar zijn, omdat koolstofdioxide veel langer in de atmosfeer aanwezig blijft dan condensstrepen of cirruswolken, zouden we, als we de emissies op het retourtje Londen-New York met 2,7 zouden vermenigvuldigen, ons jaarlijks klimaatbudget door die reis met dezelfde factor overschrijden.

---

* Volgens het Britse Ministerie van Verkeer leidt een langeafstandsvlucht tot de uitstoot van 110 gram CO_2 per passagierkilometer.[12] New York ligt op 5.585 kilometer van Londen.

** 0,33 ton koolstof x 3,667.

Supersonische vliegtuigen, zoals de Concorde (die inmiddels met vervroegd pensioen is gestuurd) en een aantal militaire toestellen, zijn nog veel schadelijker. Ze vliegen niet in de hogere troposfeer (tussen de 10 en 13 kilometer hoogte), maar in de stratosfeer, tussen de 17 en 20 kilometer boven het aardoppervlak. De waterdamp die ze daar produceren zorgt ervoor dat hun totale invloed op de opwarming ongeveer 5,4 keer zo groot is als die van de CO_2 alleen. In een discussie over de ontwikkeling van de supersonische zakenjets, die NASA, General Electric en Lockheed Martin volgens geruchten nastreven,[15] laat de Royal Commission haar gebruikelijke terughoudendheid varen.

> De bijdrage van dit type vliegtuig aan wereldwijde klimaatverandering zou dermate disproportioneel zijn dat de ontwikkeling en promotie hiervan als volstrekt onverantwoordelijk moet worden beschouwd.[16]

Er is geen enkele bron van broeikasgassen die de laatste jaren zo snel is gegroeid als de luchtvaart. Tussen 1990 en 2004 steeg in Groot-Brittannië het aantal mensen dat gebruik maakte van luchthavens met 120 procent en steeg de hoeveelheid energie die vliegtuigen verbruikten met 79 procent.[17] In deze periode is de hiermee samenhangende CO_2-uitstoot bijna verdubbeld – van 20,1 naar 39,5 miljoen ton[18] – ofwel 5,5 procent van alle emissies van Groot-Brittannië.[19]

Tenzij er iets gedaan wordt om deze groei te stoppen, zal de luchtvaart alle besparingen die we elders weten te realiseren teniet doen. De overheid voorspelt dat 'bij voldoende beschikbare capaciteit' het aantal luchthavenbezoekers in Groot-Brittannië zal stijgen van de huidige 200 miljoen naar 'tussen de 400 en 600 miljoen' in 2030.[20] Ze heeft blijkbaar de intentie dit vooruitzicht te verwezenlijken. Door de nieuwe landingsbanen die ze wil aanleggen 'zouden er per 2030 ongeveer 470 miljoen passagiers kunnen worden vervoerd'.[21]

Men kan zich afvragen hoe de Britse regering dit vooruitzicht kan rijmen met haar doelstelling van een reductie in

broeikasgasemissies met 60 procent in 2050. Het antwoord is dat het dat niet hoeft. Zoals het Ministerie van Verkeer opgewekt toegeeft:

> Internationale vluchten tellen momenteel niet mee in het nationale quotum van broeikasgasemissies omdat er nog geen internationale overeenstemming bestaat over hoe deze uitstoot moet worden toegewezen.[22]

Dit is een opmerkelijke uitvlucht. Het mag wel zo zijn dat er hierover 'nog geen internationale overeenstemming' is bereikt, maar een kind kan bedenken dat je de uitstoot gewoon door tweeën moet delen. Het land waaruit passagiers vertrekken en waar ze aankomen, accepteren beide 50 procent van de verantwoordelijkheid. Moeten we nu echt geloven dat de ambtenaren van het Ministerie van Verkeer dit niet zelf kunnen bedenken? Aangezien 97 procent van de vermoedelijke vliegtuigemissies in 2030 te wijten zal zijn aan internationale vluchten,[23] is dit blijk van incompetentie op zijn zachtst gezegd erg gemakszuchtig. Je hoeft niets te doen aan de CO_2-emissies van vliegtuigen omdat ze officieel niet bestaan.

Als remedie stelt het verkeersministerie voor dat de luchtvaartsector 'de externe kosten die ze met haar activiteiten aan de samenleving oplegt moet vergoeden'.[24]

Dit is zeker een interessante optie, maar helaas legt het ministerie niet uit hoe dit kan worden geregeld. Moet er elke keer als er iemand in Ethopië van de honger omkomt een stewardess geofferd worden? Zal de regering eisen dat wanneer Bangladesh onderloopt er een evenredig aantal bestuurders van luchtvaartmaatschappijen ritueel wordt verdronken? Dat zou nog niet eens zo gek zijn. Maar de enige mogelijke maatregel waarmee ze komt is een accijns op vliegtuigbrandstof:

> Een hypothetische accijns van 100 procent zou leiden tot … een stijging van 10 procent van de luchtvaarttarieven, aangenomen dat de toegenomen kosten volledig aan de passagiers

worden doorberekend. Dit zou vervolgens de vraag met 10 procent doen dalen.[25]

Een aantal pagina's verder geeft het ministerie toe dat een dergelijke maatregel in feite zinloos is, aangezien luchtvaartmaatschappijen in hun overige kosten zullen blijven snijden.[26] De overheid is zich er ook van bewust dat het feitelijk onmogelijk is belasting te heffen op de brandstof die op internationale vluchten wordt gebruikt. Een dergelijke belasting zou in strijd zijn met het internationale recht op basis van Artikel 24 van de Chicago Convention van 1994, die is verwerkt in zo'n 4.000 internationale verdragen.[27] Wij milieuactivisten zijn zo stom om te doen wat de industrie wil dat we doen en roepen luidkeels om een belasting waar zij toch niet voor hoeft te vrezen.[28]

In plaats van belastingheffing vertrouwt de overheid er daarom op dat de luchtvaart (in 2008) wordt opgenomen in het Europese Emissiehandelssysteem. In principe – hoewel met de belangrijke kanttekeningen die ik in hoofdstuk 3 heb gemaakt – is het een goed idee: aan alle deelnemende industrieën wordt een totaal emissieplafond opgelegd, waarbij de onderlinge verdeling van deze 'emissieruimte' aan de markt wordt overgelaten. Het probleem is dat zolang de overheid de groei van de luchtvaart blijft stimuleren en lage prijzen de vraag blijven opstuwen, alle andere industrietakken in het systeem veel sneller hun emissies zullen moeten terugdringen om de groei van de luchtvaart in te passen. Anders spat het emissiehandelssysteem uit elkaar. De tweede optie lijkt het meest waarschijnlijk. Het opnemen van de luchtvaart in het systeem zónder het invoeren van maatregelen om haar groei te temperen betekent slechts uitstel van een onontkoombaar regeringsbesluit, terwijl de rest van de klimaatinspanningen hiermee op losse schroeven komt te staan.

De enige zekere manier om te voorkomen dat het aantal vluchten toeneemt, is het enige wat de Britse regering weigert te doen: een grens stellen aan de capaciteit van onze luchthavens. Ze hanteert de 'voorspel en accommodeer'-aanpak

die, toegepast op het wegtransport, zo desastreus is gebleken:* hoe meer ruimte wordt aangeboden om aan de voorspelde vraag te voldoen, hoe meer verkeer er ontstaat om die extra capaciteit te benutten, waardoor nog meer ruimte moet worden gecreëerd om aan de volgende verwachtingen te voldoen. Als de capaciteit niet was toegenomen, was de vraag überhaupt niet gestegen. Het Environmental Audit Committee van het Lagerhuis heeft berekend dat de door de regering voorgestane capaciteitsuitbreiding neerkomt op 'ieder vijf jaar een nieuw Heathrow'.[30] In de laatste paar jaar hebben twaalf regionale vliegvelden in Groot-Brittannië uitbreidingsplannen aangekondigd.[31] Ministers beginnen zich inmiddels ook uit te spreken voor extra landingsbanen op Heathrow, Stanstead, Birmingham, Edinburgh en Glasgow.

In 2005 vroeg Friends of the Earth het Tyndall Centre te berekenen wat deze groei zou betekenen voor de uitstoot van broeikasgassen.[32] De resultaten waren verbijsterend. Als we de concentratie CO_2 proberen te stabiliseren op 550 ppm (wat ruwweg overeenkomt met de overheidsdoelstelling) en de luchtvaart groeit in overeenstemming met de gedane voorspellingen, zou het vliegen in 2050 50 procent van onze CO_2-uitstoot voor haar rekening nemen. Als we zouden proberen de concentratie te stabiliseren op 450 ppm (wat dichter bij mijn doelstelling ligt) zou vliegen 101 procent produceren van wat de hele economie zou mogen uitstoten. Als deze cijfers worden vermenigvuldigd met een factor 2,7 om recht te doen aan de volledige effecten van de luchtvaart op het klimaat, dan zouden ze respectievelijk 134 en 272 procent bedragen.**[34] De on-

---

* Het Environmental Audit Committee schrijft: 'Ondanks tegengeluiden is het zonneklaar dat het Witboek Luchtvaart kiest voor een strategie op basis van 'voorspellen en accommoderen'.[29]

** De schrijvers lichten toe: 'Hoewel hier percentages zijn opgenomen die met een vermenigvuldigingsfactor van 2,7 zijn verhoogd, moet worden opgemerkt dat er nog veel wetenschappelijke onzekerheden bestaan ten aanzien van zowel de juiste grootte van deze factor als de gebruikte methode, waarbij de CO_2-uitstoot simpelweg wordt

derzoekers gingen ervan uit dat de vliegtuigen in deze periode jaarlijks 1,2 procent zuiniger zouden worden. Dit zou nog wel eens een veel te optimistische inschatting kunnen blijken.[35]

Terwijl de Britse regering vastberaden lijkt het land te veranderen in de natie die George Orwell voor ogen had in zijn boek *1984* – Airstrip One – tiert de luchtvaart ook elders welig. Wereldwijd is zij sinds 1997 met gemiddeld 5 procent per jaar gegroeid.[36] Het International Panel on Climate Change heeft voorspeld dat in 2050 haar aandeel tussen de 3 en 10 procent van de mondiale koolstofuitstoot zal bedragen[37] (en dat het effect ervan 2,7 maal sterker zou kunnen zijn). Maar de Royal Commission rapporteert dat de groei de verwachtingen inmiddels heeft overschreden: de voorspelling van het panel 'is waarschijnlijk eerder een onder- dan een overschatting'.[38]

Geconfronteerd met de kracht van hun lobby en de aspiraties van hun passagiers, lijkt vrijwel geen enkele regering dapper genoeg om de strijd met de luchtvaartmaatschappijen aan te gaan. Het Britse Ministerie van Verkeer beweert, net als de luchtvaartmaatschappijen, dat het uitbreiden van de luchthavencapaciteit 'maatschappelijk verantwoord' is, omdat het ook mensen met een smallere beurs de mogelijkheid biedt om te vliegen.[39] Maar zoals het Environmental Audit Committee opmerkt, lijkt het ministerie geen enkel onderzoek naar dit onderwerp te hebben verricht.[40] Een organisatie die dat wel deed – de Civil Aviation Authority – concludeerde dat mensen in de sociaal-economische klassen D en E (onderaan de officiele economische schaal) niet of nauwelijks vliegen. Hoewel de vluchten vaak heel goedkoop zijn, kunnen ze zich geen vakanties in het buitenland veroorloven: zelfs in een tijd dat je voor een vlucht maar een euro hoeft neer te tellen, kopen mensen in deze klassen slechts 6 procent van het totale ticketaanbod.[41] Een onderzoek van MORI in opdracht van de Freedom to Fly

---

vermenigvuldigd ter vergelijking met de reeds bekende emissieprofielen. Strikt genomen, worden hiermee twee ongelijke grootheden vergeleken.[33]

Coalition (een belangengroep opgericht door de luchtvaartindustrie) concludeerde dat 75 procent van de mensen die gebruik maken van de budgetmaatschappijen afkomstig zijn uit de klassen A, B en C.[42] Een ander onderzoek laat zien dat mensen met een tweede huis in het buitenland gemiddeld zes retourvluchten per jaar nemen.[43] Maar ook al zou iedereen in de rijke landen het zich kunnen permitteren ieder jaar te vliegen, zou het effect van de luchtvaart regressief zijn – omdat de mensen die het kwetsbaarst zijn voor klimaatverandering de allerarmsten in de armste landen zijn, waarvan de overgrote meerderheid nooit een vliegtuig van binnen zal zien.

Er zijn maar twee manieren waarop de groei van het aantal vluchten met de noodzakelijke CO_2-emissiereductie kan worden verzoend: door een spectaculaire toename in de brandstofefficiëntie van vliegtuigen, of door een nieuw soort brandstof.

In haar Witboek Luchtvaart beweert de Britse regering dat

> de door het Advisory Council for Aeronautical Research in Europe overeengekomen onderzoeksdoelen suggereren dat een reductie van 50 procent in de CO_2-uitstoot per 2020 haalbaar is.[44]

Deze uitspraak is opzettelijk misleidend, zoals ook het Environmental Audit Committee van het Lagerhuis opmerkte.[45] Wat het Advisory Council eigenlijk zei is dat het doel, dat louter uit ambities bestaat, met bestaande vliegtuigmotoren niet haalbaar is. Het vereist 'doorbraaktechnologieën', die er nog niet zijn.[46] Wanneer je de levensduur van moderne vliegtuigen in aanmerking neemt, blijken de 'onderzoeksdoelen' zelfs nog verder van de realiteit af te staan. Vliegtuigen gaan opmerkelijk lang mee. De 747 – de Jumbojet – werd in 1970 in gebruik genomen en vliegt tot op de dag van vandaag. Het Tyndall Centre voorspelt dat de Airbus A380 in 2020 nog steeds in de lucht zal zijn (zij het in 'geleidelijk aangepaste vorm') en gebruik zal blijven maken van 'turbinestraalmotoren met hoge compressie met slechts marginale verbeteringen ten opzichte van voorgaande modellen'.[47,48]

Een reductie van 50 procent per 2020 vereist niet alleen dat er een nieuwe technologie wordt ontdekt, met het daaraan verbonden proces van ontwerpen, testen, afgeven van vergunningen voor en bouwen van nieuwe vliegtuigen, maar ook het afschrijven en vervangen van de gehele vloot, inclusief de tientallen miljarden die luchtvaartmaatschappijen er in hebben geïnvesteerd.

Wat betreft vliegtuigmotoren lijken 'doorbraaktechnologieën' nog ver verwijderd. De Royal Commission rapporteert dat

> het basisontwerp van de gasturbinemotor dateert van 1947. Het is de afgelopen 50 jaar in verreweg de meeste vliegtuigen gebruikt en er zijn geen serieuze aanwijzingen dat dit in de nabije toekomst zal veranderen.[49]

Het is moeilijk voor te stellen hoe met deze motor nog substantiële efficiëntieverbeteringen kunnen worden gehaald. De voorstellen die de vliegtuigindustrie naar voren heeft gebracht, zouden volgens de Royal Commission de brandstofefficiëntie iets kunnen verhogen, maar alleen ten koste van meer herrie en meer lokale luchtvervuiling als gevolg van stikstofoxiden.[50] Ik denk niet dat dat gepikt zal worden door de mensen die onder de vliegroutes wonen – en dat worden er naarmate de luchtvaart groeit steeds meer.

Het is nog erger, stelt een rapport van luchtvaartwetenschapper Ulrich Schumann voor de Europese Commissie:

> uit recente experimenten blijkt dat condensstrepen zich op geringere hoogte vormen, en dus vaker, naarmate er gebruik gemaakt wordt van efficiëntere motoren.[51]

Zoals boven uitgelegd zijn deze condensstrepen verantwoordelijk voor een enorme versterking van de klimaateffecten van de luchtvaart. Hoewel het misschien mogelijk is efficiëntere straalmotoren te bouwen, zullen deze met andere woorden uiteindelijk tot net zoveel opwarming kunnen leiden, zoniet meer.

De enige technologie waarmee een forse verbetering in brandstofefficiëntie te behalen valt, die minder condensstrepen veroorzaakt (omdat ze op geringere hoogte wordt gebruikt) en waarvan bekend is dat ze werkt, komt niet uit de toekomst maar uit het verleden: het propellervliegtuig. Volgens het industriële samenwerkingsverband Avions de Transport Régional gebruikt een propellervliegtuig per passagierskilometer slechts 59 procent van de brandstof van een jet.*[52] Maar, zoals het 'Régional' in hun naam al doet vermoeden, bepleiten ze het gebruik ervan alleen voor de korte afstand. Korte vluchten zijn van nature inefficiënt, omdat het opstijgen en op hoogte komen een relatief groter gedeelte van de reis uitmaakt. Ze zijn doorgaans ook onnodig, omdat dit soort afstanden goed op andere manieren is af te leggen: voor het milieu zou het beter zijn om per bus of trein te reizen. In de volgende tabel staan nogmaals de cijfers uit hoofdstuk 8, aangevuld met de uitstoot van een korteafstandsvlucht.

Vervoerswijze, Londen naar Manchester	*CO_2-uitstoot per passagier (kg)*
vliegtuig [i] (70% bezetting)	63,9
auto (1,56 passagiers)	36,6
trein (70% bezetting)	5,2
bus (40 passagiers)	4,3

i. Volgens een schatting van het Britse Ministerie van Verkeer veroorzaken korteafstandsvluchten 150 gram CO_2 per passagierkilometer.[53] Manchester ligt op 298 km van Londen. Met een vol vliegtuig betekent dit 44,7 kg per passagier.

Niemand binnen de industrie lijkt een terugkeer naar propellervliegtuigen op intercontinentale vluchten serieus te overwegen, omdat deze zoveel langzamer zijn dan straalvliegtuigen. Voor wat betreft ontwerpaanpassingen aan de rest van het

* 16 liter per 200 zeemijlen in plaats van 27.

vliegtuig, is het meest veelbelovende concept de zogenaamde *blended wing-body*. Dergelijke vliegtuigen zouden enorme holle vleugels hebben waarin een gedeelte van de passagiers zou zitten. Als gevolg van verminderde luchtweerstand zouden dit soort vliegtuigen tot 30 procent minder brandstof gebruiken.[54] Maar, zoals de Royal Commission opmerkt, het is nog slechts een concept en 'de stabiliteit en bestuurbaarheid van zo'n vliegtuig is onbewezen'.[55]

Door efficiëntere luchtverkeersleiding (zodat vliegtuigen minder lang boven de luchthaven rondjes blijven draaien) valt er ook enige besparing op het brandstofverbruik te behalen. Daarnaast zou er directer van A naar B kunnen worden gevlogen. Maar dit levert slechts een besparing op van zo'n 10 procent.[56] Als vliegtuigen lager zouden vliegen, zouden ze minder condensstrepen en sluierbewolking veroorzaken, maar omdat de lucht daar dichter is – waardoor de weerstand toeneemt – zouden ze meer brandstof verbruiken.[57] Hoewel het nettoresultaat positief zou kunnen uitpakken, is dit is nog allerminst zeker.[58]

De alternatieve brandstoffen die voor vliegtuigen in aanmerking komen zijn min of meer dezelfde als bij auto's. Volgens een artikel van onderzoekers van het Imperial College in Londen is het technisch mogelijk om vliegtuigen te laten vliegen op een mengsel van normale vliegtuigbrandstof (kerosine) en een kleine hoeveelheid biodiesel.[59] Bij lage temperaturen ontstaan er in olie vlokken en bij afkoeling met nog een paar graden wordt het een gel. Hierdoor kunnen de brandstoffilters, brandstofleidingen en bougies van de motor verstopt raken. Het 'vlokpunt' van biodiesel ligt veel hoger dan dat van kerosine. Een mengsel dat slechts 10 procent biodiesel bevat kan het vlokpunt al van minus 51° naar minus 29° doen stijgen. Vanwege de lage temperaturen in de hogere troposfeer, zouden de motoren van een vliegtuig dat op normale hoogte vliegt hierdoor wel eens stil kunnen vallen. Maar als de brandstof herhaaldelijk wordt afgekoeld en de kristallen die zich vormen eruit worden gefilterd, verhoogt een mengsel van 10 procent het vlokpunt met slechts 4 graden (er wordt niet ver-

meld hoeveel energie dit afkoelen zou kosten).[60] Dit zou een vliegtuig in staat stellen tot op 9.500 meter hoogte te vliegen. Bij het gebruik van biodiesel in vliegtuigen zijn uiteraard dezelfde milieukanttekeningen te plaatsen als bij het gebruik in auto's: het leidt eerder tot méér in plaats van minder opwarming.

Ook ethanol is volgens het artikel onbruikbaar: de dichtheid is te laag en het gebruik in vliegtuigen zou extreem gevaarlijk zijn. Hoewel kerosine in principe uit hout zou kunnen worden gewonnen, zal in de praktijk (nog afgezien van de enorme kosten) de beperkte hoeveelheid beschikbare landbouwgrond grenzen stellen aan de mogelijke productie. We kunnen de bomen maar beter gebruiken voor belangrijker zaken zoals verwarming. U heeft het waarschijnlijk al geraden: er rest ons niets dan terug te vallen op het reeds vertrouwde waterstof.

In dit geval zou het niet in brandstofcellen worden verbrand, maar in verbrandingsmotoren vergelijkbaar met die welke nu worden gebruikt. Vloeibare waterstof lijkt voor vliegtuigen een meer haalbare optie dan voor auto's, maar de benodigde energie (ongeveer 35 procent) om de temperatuur onder de -259° te houden blijft hetzelfde. Meerdere vliegtuigen hebben al gevlogen met één motor die op waterstof liep. In principe zouden jets deze brandstof vandaag al kunnen gebruiken – mits ze, in plaats van mensen en goederen, uitsluitend waterstof zouden vervoeren. Hoewel het lichter is, ligt de hoeveelheid energie per volume vier keer lager dan die van kerosine. Maar als dit probleem verholpen kan worden, zouden volgens de onderzoekers van het Imperial College de totale klimaatgevolgen van vliegtuigen die op waterstof vliegen 'veel lager zijn dan bij kerosine'.[61]

Helaas lijken ze iets te zijn vergeten. Bij de verbranding van waterstof ontstaat water. Een waterstofvliegtuig zou 2,6 maal zo veel waterdamp produceren als een vliegtuig op kerosine. Ze geven toe dat wanneer waterstofvliegtuigen even hoog zouden vliegen als normale vliegtuigen, dit een aanzienlijk probleem zou zijn. Maar ze gaan ervan uit dat als er op minder dan 10.000 meter wordt gevlogen, waar de kans op het ontstaan

van condensstrepen kleiner is, de gevolgen verwaarloosbaar klein zullen zijn. Ze hebben echter iets over het hoofd. Omdat waterstof een veel grotere brandstoftank vereist dan kerosine, moet de vliegtuigromp veel groter worden, waardoor ook de weerstand weer toeneemt. De Royal Commission on Environmental Pollution, die zoals gewoonlijk aan alles gedacht lijkt te hebben, stelt dan ook dat 'door de combinatie van meer wrijving en een lager gewicht op grotere hoogte moet worden gevlogen' dan kerosinevliegtuigen doorgaans doen.[62] In de praktijk zullen waterstofvliegtuigen, als ze ooit worden gebruikt, vooral worden ingezet als supersonische jets in de stratosfeer. Voor het milieu zal dit rampzalig zijn.

> De stralingsforcering [een mate voor klimaatveranderend effect] van een supersonisch vliegtuig op waterstof dat op stratosferisch niveau vliegt is vermoedelijk ongeveer 13 keer groter dan die van een conventioneel subsonisch vliegtuig op kerosine.[63]

En daarmee, ben ik bang, zijn de mogelijkheden uitgeput. Ook het Intergovernmental Panel on Climate Change kan niet anders dan concluderen dat

> het er niet op lijkt dat er de komende decennia praktische alternatieven voor brandstoffen op kerosinebasis voor commerciële straalvliegtuigen beschikbaar zullen zijn.[64]

Zelfs de Britse overheid, die meestal wel een manier vindt om tot de door de vliegtuigindustrie gewenste conclusies te komen, geeft toe dat 'er momenteel geen levensvatbaar alternatief voor kerosine als vliegtuigbrandstof bestaat'.[65]

Er is met andere woorden geen *technofix*. De groei van de luchtvaart en de noodzaak iets te doen aan klimaatverandering zijn onverenigbaar. Aangezien de te verwachten verbeteringen in efficiëntie gering zullen zijn en de neiging hebben elkaar teniet te doen of om andere redenen onacceptabel zijn, vereist een uitstootvermindering van 90 procent niet alleen dat er aan de groei een einde komt, maar ook dat het merendeel van de

vliegtuigen die nu in gebruik zijn aan de grond blijven. Ik ben me ervan bewust dat dit geen populaire boodschap zal zijn. Maar gegeven de beschikbare feiten, valt moeilijk anders te concluderen.

De voor de hand liggende vraag is nu: zijn er andere manieren om dezelfde afstanden te overbruggen met de snelheden die we nu gewend zijn?

Commerciële vliegtuigen zoals de Boeing 747 of de Airbus A321 hebben kruissnelheden van rond de 900 kilometer per uur. De snelste vorm van massavervoer over het aardoppervlak is de hogesnelheidstrein. De Franse TGV – *Train à Grande Vitesse* – heeft het record voor een trein op wielen, 515 kilometer per uur.[66] Locomotieven die boven het spoor zweven als gevolg van magnetische afstoting – zogenaamde zweeftreinen – kunnen nog sneller. In 2003 haalde een testtrein in Japan 581 kilometer per uur.[67] Maar de snelste trein in commercieel gebruik is de TGV van Parijs naar Aix-en-Provence. Deze legt 290 kilometer in 66 minuten af, een gemiddelde snelheid van 263 kilometer per uur.[68] Treinen zijn niet – of nog niet – zo snel als vliegtuigen, maar als de tijd voor het inchecken en het reizen van en naar het vliegveld wordt meegerekend, kunnen ze afstanden van een paar honderd kilometer in ongeveer dezelfde tijd afleggen. Omdat treinreizen doorgaans comfortabeler en meer ontspannen zijn dan reizen per vliegtuig, zijn mensen misschien te overtuigen van de voordelen van ultrasnelle treinen voor reizen tot ongeveer 2.000 kilometer, ook al zouden ze wat langer duren. Bij grotere afstanden zou de reis, voor mensen die gewend zijn met Faust's snelheid te reizen, saai beginnen te worden: bij een snelheid van 260 kilometer per uur duurt een reis van 8.000 kilometer – bijvoorbeeld van Londen naar Peking – 31 uur. De bedrijven en overheden die nieuwe ultrasnelle verbindingen willen stimuleren, hopen mensen uit het vliegtuig te lokken door de gemiddelde snelheden te verhogen tot 350 of zelfs 500 kilometer per uur.[69,70,71]

Het eerste struikelblok zijn de kosten. Het 30 kilometer lange zweeftreintraject tussen Shanghai en het vliegveld kostte

omgerekend zo'n 850 miljoen euro.[72] De 71 kilometer lange verbinding tussen Edinburgh en Glasgow die sommige politici voorstaan, zou waarschijnlijk zo'n 5,7 miljard euro kosten.[73] De kosten van een zweeftreinverbinding van 500 kilometer tussen Tokyo en Osaka worden op zo'n 57,7 miljard euro geschat.[74] Deze prijzen impliceren kosten van 28 à 115 miljoen euro per kilometer. Het is de Fransen daarentegen gelukt om TGV-lijnen veel goedkoper aan te leggen. De Méditerranée-verbinding kostte 23 miljoen euro per kilometer en de Atlantique 10 miljoen.[75] Als de kosten even laag kunnen worden gehouden als bij de Atlantique, zal de aanleg van 8.000 kilometer spoor 67 miljard euro kosten.

Het zou wel een tijdrovend proces zijn. Er zouden hoorzittingen moeten worden gehouden in de landen waar de spoorlijn doorheen zal lopen. Over het recht op doortocht moet worden onderhandeld, het land moet worden opgekocht, en vervolgens zal er een gigantisch bouwproject in gang moeten worden gezet. Wanneer we ervoor zouden kiezen een netwerk van transcontinentale TGV-verbindingen aan te leggen, zou dat vóór 2030 kunnen zijn voltooid, binnen het tijdsbestek dus dat dit boek bestrijkt. Maar is het zinvol?

Het zal u waarschijnlijk niet verbazen wanneer ik u vertel dat er een addertje onder het gras zit. Hoewel treinen bij normale snelheden een veel lagere CO_2-uitstoot veroorzaken dan vliegtuigen, neemt het energieverbruik bij snelheden boven de 200 kilometer per uur dramatisch toe. Volgens berekeningen van professor Roger Kemp van de Lancaster University[76] leidt een verhoging van de snelheid van 225 naar 350 kilometer per uur tot bijna een verdubbeling van het brandstofverbruik. Als de treinen op elektriciteit rijden en deze elektriciteit wordt opgewekt in energiecentrales die fossiele brandstof verbranden, zou voor een reis van Londen naar Edinburgh in een trein met een snelheid van 350 kilometer per uur het equivalent van 22 liter brandstof per zitplaats nodig zijn. Voor dezelfde reis met een Airbus A321 is 20 liter per zitplaats nodig.[77]

Treinen produceren natuurlijk geen condensstrepen, dus is de totale invloed op de opwarming van de aarde kleiner. Maar

dan moeten we nog altijd de CO_2-uitstoot met 90 procent zien te verminderen. Het spoortraject met 350-kilometer-per-uur-treinen tussen Londen en Schotland dat Tony Blair in 2004 leek te steunen,[78] zou vergeleken met vliegen tot 10 procent hogere CO_2-emissies leiden. Zelfs als de snelheid tot 250 kilometer per uur beperkt zou blijven, zouden de treinen volgens Kemp's grafieken nog steeds 14 liter per zitplaats verbruiken, equivalent aan een uitstootvermindering van slechts 30 procent.[79] In de praktijk zouden ultrasnelle treinen een nog grotere impact hebben, omdat ze mensen niet alleen uit de vliegtuigen zouden lokken, maar ook uit de langzamere treinen en interlokale bussen.

Hogesnelheidstreinen kunnen dus alleen bijdragen aan een oplossing als ze rijden op elektriciteit die afkomstig is uit duurzame bronnen of van fossiele-brandstofcentrales met CO_2-afvang en -opslag. Aangezien ze waarschijnlijk maar een klein percentage zullen gebruiken van de totale energie van een land, moet dit haalbaar zijn binnen de grenzen die ik mij in dit boek heb gesteld. Dergelijke snelle treinen met een eigen brandstofvoorziening kunnen we helemaal uit ons hoofd zetten. Als we het spoor willen blijven gebruiken voor personenvervoer is het goedkoper en milieuvriendelijker de gemiddelde snelheid onder het huidige (Britse) maximum van ongeveer 180 kilometer per uur te houden. Hoge prestaties en een laag brandstofverbruik zijn opnieuw niet met elkaar te verenigen.

De kruissnelheid van de snelste oceaanstomer voor passagiers ligt op zo'n 30 knopen ofwel 54 kilometer per uur. Ze zouden evenwel sneller kunnen varen. Het bedrijf BGT International beweert motoren voor vrachtschepen te hebben ontwikkeld die 70 knopen (130 kilometer per uur) halen.[80] Zelfs al zouden passagiersschepen met dit soort snelheid kunnen varen, ze zouden nog steeds maar één zevende van de snelheid van een vliegtuig halen. Daarenboven is het niet eens duidelijk of het reizen per schip wel tot minder CO_2-uitstoot leidt.

Het is opvallend moeilijk aan vergelijkende gegevens over brandstofverbruik te komen, maar George Marshall van het

Climate Outreach Information Network heeft een grove berekening gemaakt voor de *Queen Elisabeth II*, een luxe-cruiseschip van Cunard met een kruissnelheid van 25 à 28 knopen (45-50 kilometer per uur). Nu wordt op de QEII de ruimte niet bepaald optimaal benut. Er zijn zeven restaurants, zeven lounges, een vestiging van Harrods en tientallen andere winkels, hutten die groot genoeg zijn om met zijn tienen te dineren, en 920 bemanningsleden om slechts 1790 passagiers te bedienen.[81] Maar zelfs als met dit alles rekening wordt gehouden, zien de prestaties er niet rooskleurig uit. Cunard meldt dat het schip zo'n 433 ton brandstof per dag verbruikt en zes dagen doet over de reis van Southampton naar New York. Op een vol schip verbruikt elke passagier met een retourtje dus 2,9 ton. Een ton scheepsbrandstof bevat 0,85 ton koolstof, hetgeen bij verbranding 3,1 ton CO_2 oplevert. Elke passagier is daarmee verantwoordelijk voor 9,1 ton CO_2-uitstoot.[82] Met de QEII naar New York reizen en terug verbruikt met andere woorden bijna 7,6 maal zo veel CO_2 als dezelfde reis met het vliegtuig.

Het brandstofverbruik bij scheepsreizen over korte afstanden zou nog ongunstiger kunnen uitpakken. Volgens voorlopige berekeningen van Roger Kemp is de CO_2-uitstoot van een autoferry die met een snelheid van 48 kilometer per uur naar Noorwegen vaart, zo'n 20 maal hoger dan de uitstoot van een trein die 200 kilometer per uur rijdt en verschillende malen hoger dan die van een vliegtuig.[83] Ook hier geldt weer dat autoferry's een vrij inefficiënte manier zijn om mensen te verplaatsen, omdat de auto's die ze meenemen meer wegen dan de passagiers, maar zelfs als we daarmee rekening houden, geven deze eerste uitkomsten reden om somber te zijn over de prestaties van schepen. Er zijn wel bepaalde technische aanpassingen mogelijk die de uitstoot van schepen omlaag zouden kunnen brengen – zoals het dusdanig ontwerpen van de romp dat er luchtzakken worden gevormd, het aanbrengen van een gladde kunststoflaag[84] of het gebruiken van een 'trekvlieger'[85] – maar de meeste zijn speculatief van aard en het lijkt erop dat hun toepasbaarheid beperkt is. Tenzij we

bereid zijn om, net als onze vracht, heel langzaam te reizen, is scheepvaart niet de oplossing.

Bijna ten einde raad, ben ik mij gaan oriënteren op luchtschepen: met gas gevulde voertuigen die blijven zweven. In bepaalde opzichten zijn ze veelbelovend – volgens het Tyndall Centre is hun totale klimaatimpact 80 à 90 procent minder dan die van vliegtuigen.[86] (Dit is echter niet hetzelfde als een CO_2-reductie van 80 tot 90 procent, omdat er hierbij ook rekening is gehouden met de andere emissies van straalvliegtuigen.) Door gebruik te maken van efficiëntere motoren of misschien brandstofcellen op waterstofbasis zouden deze prestaties mogelijk nog verder kunnen worden verbeterd. Kevin Anderson van het Tyndall Centre wijst erop dat als ze voor hun opwaartse kracht waterstof in plaats van helium zouden gebruiken, de brandstof onderweg aan de ballast onttrokken zou kunnen worden.[87] Dit is best een slim voorstel. De huidige luchtschepen worden lichter naarmate hun brandstofvoorraad slinkt, en daarmee moeilijker bestuurbaar. Als Anderson's voorstel praktisch haalbaar blijkt, zouden de luchtschepen gedurende de hele reis ongeveer hetzelfde drijfvermogen kunnen behouden. Ondanks de blijvende herinneringen aan de ramp met de Hindenburg, lijkt het erop dat luchtschepen veilig zijn. Ze hebben een actieradius tot 10.000 kilometer en hoewel ze sneller zijn dan schepen, ligt hun maximum snelheid momenteel rond de 130 kilometer per uur: een vlucht van Londen naar New York zou ongeveer 43 uur duren. Ze hebben problemen met opstijgen en landen en ze komen met tegenwind slechts moeizaam vooruit. Hierdoor zijn zowel de vertrektijden als de reistijden minder betrouwbaar dan bij de huidige straalvliegtuigen. Maar als we toch per se de Atlantische Oceaan willen oversteken en tegelijkertijd de CO_2-uitstoot willen terugdringen, zijn luchtschepen vreemd genoeg daarvoor misschien wel het beste vervoermiddel.

Hiermee ben ik echt door mijn opties heen. Niet alleen is er geen manier om de emissies van vliegtuigen terug te dringen tot een niveau dat zelfs maar in de buurt komt van wat nood-

zakelijk is, er bestaat ook geen vervoersmiddel dat verder komt dan een kwart van de snelheid van de luchtvaart zonder vergelijkbare uitstoot. Er is simpelweg geen andere manier om het probleem te lijf te gaan dan het aantal, de lengte en de snelheid van de reizen die we maken te verminderen.

Als we de condensstrepen en andere 'additionele' klimaatveranderende effecten van vliegen even buiten beschouwing laten en aannemen – misschien ietwat optimistisch – dat een verbetering van 20 procent in brandstofefficiëntie per 2030 mogelijk is, zouden we om mijn doelstelling te halen het aantal vluchten met 72 procent moeten verminderen. Maar wanneer we wél rekening houden met deze andere effecten op het klimaat, en in gedachte houden dat iedere verbetering van de brandstofefficiëntie waarschijnlijk door condensvorming teniet zal worden gedaan, moeten we het aantal vluchten met maar liefst 96 procent verminderen. Als de huidige straalvliegtuigen op langeafstandsvluchten zouden worden vervangen door propellervliegtuigen die lager vliegen dan de hoogte waarop condensstrepen worden gevormd, komen we misschien weg met een geringere reductie. Het alternatief is de broeikasgasemissies van andere economische sectoren met meer dan 90 procent terug te dringen om ruimte te creëren voor de bovenmatige bijdrage van de luchtvaart. Als we hiervoor zouden kiezen, zouden we met goede redenen moeten aankomen waarom we vliegen belangrijker vinden dan verwarming of verlichting. Aangezien het – mondiaal gezien – slechts de rijken zijn die vliegen, zouden deze redenen moeilijk steekhoudend te noemen zijn.

Ik wil er nogmaals op wijzen dat dit geen zelfgewilde uitkomst is. Als het u niet bevalt, daag ik u uit om te bewijzen dat ik het bij het verkeerde eind heb, maar dan wel op overtuigender wijze dan het voorstel dat één van mijn lezers mij stuurde om mensen met behulp van kosmische energie te transporteren.

Nee, ik bied u in dit hoofdstuk geen bemoedigende boodschap. Een CO_2-reductie van 90 procent betekent het einde van verre vakanties, tenzij je bereid bent om flink wat tijd uit

te trekken om er te komen. Het betekent dat vergaderingen via internet of videoconferenties moeten worden gehouden. Het betekent dat transcontinentale reizen alleen per trein – en dan niet eens de snelste – of bus gemaakt kunnen worden. Het betekent dat verre reizen moeten worden opgespaard om de mensen te bezoeken van wie je houdt, en dat die reizen meer tijd zullen vergen en aanspraak doen op je klimaatbudget. Het betekent het einde van winkelreisjes naar New York, feesten op Ibiza, tweede huizen in Toscane, en, voor mij persoonlijk het meest pijnlijk, politieke bijeenkomsten in Porto Alegre. Maar ik vraag u nadrukkelijk om u te realiseren dat deze ontberingen slechts een zeer klein deel van de wereldbevolking treffen. Dat ze zo draconisch lijken, komt omdat ú waarschijnlijk bij dit zeer klein deel hoort.

Erkennen dat het mogelijk was voor een mens om te vliegen; vervolgens dat het mogelijk was voor een mens om over lange afstanden te vliegen; daarna dat het voor véél mensen mogelijk was om dit te doen; toen dat het voor ú mogelijk was om dit te doen, vereiste een aantal sprongen in de verbeelding. Het vereiste dat de mensen van de 20e eeuw een wereld schiepen die voorheen niet bestond. Voordat vliegen dit mogelijk maakte, kwam het bij niemand op om in New York te winkelen of vrienden in Australië te bezoeken. Erkennen dat, hoewel vliegen nog steeds kan, dit niet langer voor veel mensen is weggelegd, sterker nog, dat het voor ú niet langer mogelijk zal zijn, vereist een vergelijkbare reeks stappen die van verbeelding getuigen. Als het toen mogelijk was een andere wereld te creëren, kunnen we dat toch zeker opnieuw doen, en ons vervolgens aan zo'n wereld aanpassen (al lijkt ze nu nog onvoorstelbaar), zoals we ons toentertijd aanpasten aan dat andere – toen nog minder voorstelbare – bestaan?

Dit zal heus niet makkelijk zijn. Mijn bevindingen zullen me niet veel vrienden opleveren. Degenen waarvan de vrijheden moeten worden ingeperkt, behoren toevallig tot de machtigste klassen op aarde. Om precies te zijn: het gaat om óns. De beloften die ons zijn gedaan – van een tropisch zonnetje midden in de winter, van zevendaagse safari's in de Masai Mara, van

heroïsche daden om de brugloze inwoners van de Peruaanse Andes te redden, van het snoepen van exotische vruchten en goddelijke delicatessen uit de pas ontdekte wereld – hebben onze verwachtingen, de voorstelling die we hebben van ons toekomstig leven, vormgegeven. We zijn ervan overtuigd geraakt dat alles binnen ons bereik ligt. Alles lígt ook binnen ons bereik. De acceptatie dat we niet langer over Faustiaanse krachten beschikken, dat de wereld niet langer bestaat voor ons gerief, verlangt van ons dat we erkennen dat vooruitgang voortaan terughoudendheid zal vereisen – en dat lijken we in de rijke wereld te zijn verleerd.

Met budgettering alleen zijn we niet in één keer van alle beslissingen af. Als er geen paal en perk wordt gesteld aan de uitbreiding van de luchthavencapaciteit – ja, zolang deze niet doelbewust wordt teruggedrongen – zal het budgetsysteem falen, net als, ervan uitgaand dat de huidige voorspellingen uitkomen, het emissiehandelssysteem. De kloof tussen wat we zouden kúnnen doen en zouden móeten doen zou simpelweg te groot worden; de politieke roep om de toewijzing van emissierechten uit te breiden, opdat de nieuwe mogelijkheden ten volle worden benut, wordt onweerstaanbaar. Nog voordat een budgetsysteem wordt ingevoerd, moeten we aandringen op een moratorium op nieuwe landingsbanen. Deze campagne is in veel rijke landen – waaronder Groot-Brittannië – al begonnen. Actievoerders tegen klimaatverandering hebben zich verenigd met bezorgde mensen die in de buurt van de geplande landingsbanen wonen, die bang zijn dat hun leven zal worden verwoest.[88, 89]

Ik heb op alle mogelijke manieren geprobeerd om tot een andere oplossing te komen, niet in de laatste plaats omdat dit mijn beoogde doel – mensen te winnen voor de in dit boek gedane voorstellen – een stuk makkelijker zou maken. Maar het is mij duidelijk geworden dat reizen over lange afstanden met hoge snelheden niet verenigbaar is met de beperkingen die klimaatverandering ons oplegt. Wanneer je vliegt, verwoest je de levens van anderen.

10 Virtueel winkelen

Dit treft mij meer dan al het reeds aanschouwde;
Wáár, in dit dood seizoen, haalt gij die druiven,
Nu alle takken dor staan zonder vrucht?
Doctor Faustus, Vierde Bedrijf, Tweede Scène[1]

Bij het doorlezen van de negen hoofdstukken besef ik dat ik voor mijn doen ongewoon mild ben geweest voor het bedrijfsleven. Ik heb me vooral toegelegd op de dingen die we zelf kunnen doen om onze directe broeikasgasuitstoot te beperken en tot nu toe de gassen die de industrie namens ons uitstoot onbesproken gelaten. In een poging om mijn reputatie te redden zal ik mij daarom nu op twee bedrijfstakken richten: de detailhandel en de cementindustrie. Mijn keuze is hierop gevallen omdat hun respectievelijke CO_2-uitstoot – in beide gevallen buitensporig hoog – op het eerste gezicht heel moeilijk te bedwingen lijkt.

De commerciële praktijken van grote supermarktketens lijken soms met opzet bedacht om de biosfeer in maximaal tempo naar de knoppen te helpen. Bij het aanvoeren van alle producten, bijvoorbeeld, lijkt het alsof ze hun best doen de vervoerstrajecten zo lang mogelijk te maken. Tijdens de research voor een ander boek (*Captive State*) kwam ik het geval tegen van groenten die in de schappen lagen van twee grootwinkelbedrijven aan de rand van Evesham, in Worcestershire, Midden-Engeland. Ze waren slechts twee kilometer buiten de stad verbouwd. Voordat ze in de schappen belandden waren ze 70 kilometer naar Herefordshire getransporteerd, vervolgens 130 kilometer naar een verpakkingsdepot in Dyfed, in het zuiden van Wales, 290 kilometer naar een distributiecen-

trum in Manchester en tenslotte 180 kilometer terug naar Evesham.[2]

Net als Doctor Faustus, die 'dankzij een snelle demon die in mijn dienst staat' druiven van het zuidelijk halfrond kon halen om een zwangere hertogin te behagen, beantwoorden de supermarkten aan een vraag naar buitenseizoense producten – een vraag die ze overigens zelf helpen aanwakkeren. Vóór het tijdperk van het goedkope luchtvervoer, haalde niemand behalve Koningin Victoria het in haar hoofd verse producten van de andere kant van de wereld te eisen. Er wordt verteld dat ze een grote beloning in het vooruitzicht stelde voor degene die haar een verse mango kon bezorgen. Bij gebrek aan Faustiaanse krachten bleek daartoe niemand in staat. Vandaag de dag is het in een Britse supermarkt soms makkelijker een mango of papaja te vinden dan een appel van eigen bodem. Haringen zijn moeilijker verkrijgbaar geworden dan scampi's. Maar de winkels profiteren niet alleen van de tegenovergestelde seizoenen op het andere halfrond, maar ook van de lagere lonen, lagere grondprijzen en schaalvoordelen. We zijn er inmiddels aan gewend dat er buiten het seizoen Cox-appels uit Nieuw-Zeeland – met een smaak van tissues die in dieetcola zijn gedrenkt – in de schappen liggen op het moment dat onze eigen appels rijp zijn, maar wegens gebrek aan kopers ongeplukt uit de boom vallen. Iedereen kent de aardappels en uien uit Zuid-Afrika, Chili of Australië en de flessen water – van ons eigen kraanwater nauwelijks te onderscheiden – die van de andere kant van Europa worden geïmporteerd.

Maar dit is niet het zoveelste hoofdstuk over vervoer. Zodra er klimaatbudgetten zijn ingevoerd, zal dit soort overbodige transportbewegingen gewoonweg onbetaalbaar worden. Ik besef dat er mensen zijn die dit moeilijk zullen kunnen verkroppen. In haar boek *Hoe te Eten* wuift de bekende Britse tv-chefkok Nigella Lawson de groeiende zorgen over lange transportafstanden als volgt weg:

> Als je in de Toscaanse heuvels woont, kun je waarschijnlijk elke maand van het jaar allerlei lekkernijen vinden, maar in

> ons geval zou het betekenen dat we de helft van het jaar van kool en knollen zouden moeten leven. Waarom zouden we dan niet dankbaar mogen zijn dat we in het tijdperk van het snelle vliegen leven, met een grote verscheidenheid aan culinaire importen? Er zijn nauwelijks onderwerpen waarover zoveel zelfingenomen onzin wordt uitgekraamd.[3]

Lawson's behoefte aan asperges in oktober heeft duidelijk voorrang boven de overlevingsdrang van mensen elders in de wereld. Maar ze geeft ook blijk van een beperkte fantasie. Raket, veldsla, postelein, snijsla, winterkers, boerenkool, prei, cichorei, paksoi, choisum, mizuna, komatsuna, mooli, winterbonenkruid, koriander, peterselie, kervel, lente-uitjes, spinazie, zuring en zeebieten blijven in Groot-Brittannië allemaal 's winters doorgroeien. Om ze tegen de ergste vorst te beschermen moeten sommige weliswaar in een koude bak of onder plastic, maar er is er geen één die een verwarmde kas nodig heeft. Wortels, pastinaak, diverse soorten aardappel, bieten, uien, knoflook, koolrapen, pompoenen, courgettes, selderij, haverwortel en schorseneer kunnen allemaal buiten de ijskast worden bewaard. Talloze oude appelrassen, waaronder enkele van de smakelijkste ooit geteeld – Asmead's Kennel, Ribston Pippin, Aromatic Russet, Belle de Boskoop, Pitmaston Pineapple, Allen's Everlasting, Court Pendu Plat, D'Arcy Spice – zijn juist ontwikkeld met het oogmerk om in een geïsoleerde schuur de hele winter te worden bewaard. Zelfs in de tijd van Marlowe was de tuinbouw dusdanig ontwikkeld dat ze een appel hadden – de Winter Greening, of Apple John – die, hoewel gerimpeld, nog *twee jaar* na de pluk eetbaar was;[4] vandaar het beklag van Falstaff in *Hendrik de Vierde,* Deel 1:

> mijn vel hangt van mijn lijf als een losse damesmantel; ik ben net zo verschrompeld als een oude *apple john*.[5]

En dan heb ik het niet gehad over het hele scala aan ingemaakte, gedroogde, gerookte, gezouten en op zuur gezette produc-

ten (waarvan enkele, zoals kroosjesjam en frambozenazijn, werkelijk om van te smullen zijn). Als Nigella Lawson het niet voor elkaar krijgt om met ingrediënten als deze een fatsoenlijke maaltijd te maken, moet ze maar een andere baan zoeken. Veel van het voedsel dat vanuit de hele wereld hiernaartoe wordt gesleept, is bovendien zo vroeg geplukt dat het gaat rotten voordat het rijpt. Kortom, als we onze voedselkeuzes meer geografisch zouden beperken, zou ons eetpatroon – en zelfs dat van mensen met een smaak zo geraffineerd en veeleisend als Lawson – er nog flink op vooruit kunnen gaan.

Maar ook wanneer we de aanvoer en distributie even terzijde schuiven (omdat de oplossing voor deze enorme brandstofverkwisting zo voor de hand ligt), dan nog is het energieverbruik in winkels buitensporig hoog. In de volgende tabel staan de verbruikscijfers voor winkels en andere typen gebouwen. Aangezien er in winkels niets wordt gemaakt behalve winst, lijkt het in eerste instantie nauwelijks voorstelbaar dat er hier bijna net zoveel energie aan ruimteverwarming opgaat als in een fabriek, en het stroomverbruik zelfs bijna zes keer hoger ligt. Maar wanneer je erover nadenkt valt het allemaal op zijn plaats. Als je een supermarkt binnenloopt, krijg je bij de ingang 's winters een stoot warme, en 's zomers een stoot koude lucht (als de bedrijfsleider heeft gesukkeld, kan het ook andersom). Eenmaal binnen moet je eerst even knipperen om aan het licht te wennen. Dan loop je een gangpad in dat is ommuurd met open vrieskisten en koelvitrines. Eigenlijk is dit nauwelijks te geloven, maar tegelijkertijd blijkbaar

Sector	*Ruimteverwarming en warm water (voor menselijk gebruik) (kWh per m²)*	*Elektriciteit (kWh per m²)*
pakhuizen e.d.	64	81
overheidsgebouwen	95	39
kantoorgebouwen	147	95
fabrieken	245	47
detailhandel	185	275

Bron: Royal Commission on Environmental Pollution.[6]

volkomen normaal. Hoewel je dus langs ijsdalen loopt, blijft het heerlijk warm. De vriezers en de verwarming moeten de hele dag tegen elkaar opboksen. Dit gevecht speelt zich af in gigantische, meestal ongeïsoleerde ruimtes met doorgaans gevelbrede ramen – in ruimtes, kortom, die warmte noch koude kunnen vasthouden.

Op zoek naar manieren waarop de grote supermarkten hun energieverbruik drastisch zouden kunnen beperken, heb ik een afspraak gemaakt met een hoog geplaatste manager bij een van de grote supermarktketens. Zijn naam of de naam van het bedrijf kan ik hier niet noemen, maar deze keten onderscheidt zich in energiegebruik niet van de andere. Hij vertelde me om te beginnen waar alle energie aan opgaat.

De heteluchtkanonnen boven de deuren hebben elk een vermogen van 50 kilowatt – ongeveer zeventien keer zo sterk als een ventilatiekachel voor huishoudelijk gebruik. In de gangpaden heerst een lichtsterkte van 1.000 lux – bijna net zo sterk verlicht als een tv-studio en twee of drie keer feller dan een kantoor. Op de uitgestalde producten worden extra spots gezet – soms tot een lichtsterkte van 2.000 lux. Vis, vooral, moet schitteren en daarom wordt het beschenen met dezelfde soort gasontladingslamp waarmee 's nachts kastelen en kathedralen worden belicht. Het dringt pas door wat dit werkelijk betekent wanneer je beseft dat de op ijs uitgestalde vis bij deze lichtsterkte tegelijkertijd gebakken dreigt te worden. Maar, vertelde mijn contact, 'als je het goed verlicht, verkoopt het. Je kunt het je niet permitteren het niet te doen.' Tussen de 20 en 25 procent van het energiebudget van de keten waarvoor hij werkt, is voor verlichting, zo zei hij.

Van de rest gaat het grootste gedeelte – 64 procent – aan koeling op. Elke open vrieskist kost zijn bedrijf jaarlijks minimaal 20.000 euro. Toen de bovenste helft van deze vitrines van deurtjes werden voorzien (in de Britse situatie, het verticale gedeelte op ooghoogte), bespaarde het bedrijf gelijk 25 procent op zijn uitgaven aan koeling. Eenzelfde besparing zou opnieuw kunnen worden geboekt door ook de (horizontale) koelvakken daaronder van schuifdeuren te voorzien. 'Maar

de commerciële jongens – de bedrijfsleiders – moeten er niets van hebben.' Als een klant een vitrine opent en sluit, kan de vitrine beslaan, waardoor de koopwaren aan het zicht worden onttrokken.

Vervolgens hebben we gepraat over wat zijn bedrijf zou kunnen doen om de energiebehoefte omlaag te brengen. Zo te horen, had hij vrijwel alle mogelijkheden onderzocht en het antwoord wist hij inmiddels: vrijwel niets. De gasontladingslampen die de keten tegenwoordig gebruikt om bepaalde waren uit te lichten zijn drie keer efficiënter dan halogeenlampen en over een paar jaar zouden deze kunnen worden vervangen door LEDs, die weer drie keer beter zijn. Maar op het moment hebben LEDs niet 'de kracht die we zoeken' en bovendien blijft de vraag om extra verlichting almaar stijgen. Iets vergelijkbaars geldt voor de koeling, ook al is het bedrijf begonnen geleidelijk aan zijn oudere modellen koelvitrines te vervangen:

> We krijgen het koelbudget niet omlaag, omdat het aantal koelvakken sneller toeneemt dan onze efficiëntiemaatregelen.

Als de bedrijfsleiders alerter zouden omgaan met het uitzetten van apparaten die niet per se aan hoeven, zouden ze de energiebehoefte van hun winkel misschien met 5 procent omlaag kunnen brengen. Door het pand 's nachts te luchten zouden ze kunnen bezuinigen op de airco die de volgende ochtend voor de eerste klanten meteen wordt aangezet, maar dit soort natuurlijke ventilatie is bij de bedrijfsleiders niet populair, zo kreeg ik te horen, omdat het dan moeilijk wordt een gelijkmatige temperatuur te garanderen. In nieuwe winkelpanden zou het misschien mogelijk zijn een deel van het warmteoverschot 's zomers de grond in te pompen en dan 's winters te benutten. Ik opperde dat zijn winkelketen misschien op deze wijze warmte zou kunnen oogsten van onder de parkeerplaats aangelegde buizen, maar enthousiast was hij niet.

> Mijn gevoel zegt dat het niet zal gaan. Tijdens de bouw rijden er trucks en bulldozers over het hele terrein.

Ze zouden de buizen vernielen nog voor het asfalt was gelegd. Hij had de mogelijkheden van 'zonnepijpen' bekeken: reflecterende buizen die ervoor zorgen dat er meer daglicht de winkel binnenkomt.

> Hoewel aantrekkelijk, zijn ze nogal duur en ze veranderen niets aan de kapitaalkosten, want als het donker wordt hebben we net zo goed behoefte aan volledige verlichting.

Een windmolen in de buurt, vervolgde hij, heeft geen zin: 'op koude, windstille dagen heb je een probleem.' Zonnepanelen zijn veel te duur en leverden in de gebouwen waar hij was geweest veel minder stroom dan door de installateurs was beloofd. Warmtekrachtkoppeling kost momenteel meer dan zijn superieuren willen betalen.

> Het enige wat telt zijn de kosten. … Iedereen wacht op de ander. Als wij als enige stappen ondernemen, zijn we weg. Wie beweegt zich het eerst? De detailhandel is een uiterst harde business.

Een van de ketens – J. Sainsbury – beweert dat zij als eerste met de ogen heeft geknipperd. In 1999 opende ze de op het Greenwich-schiereiland in Londen 'de meest milieuverantwoorde supermarkt in Groot-Brittannië'.[7] Het gebouw wordt via op het noorden gerichte ramen deels van daglicht voorzien, heeft een gasgestookte mini-warmtekrachtcentrale, zonnepanelen en twee windturbines, en gebruikt voor zijn airco 'aardkoelte'. Met deze innovaties, zo beweerde het bedrijf, was 'de verwachting dat het energieverbruik tot 50 procent zou dalen, vergeleken bij een normale winkel van deze omvang en dit type'.[8]

Als dit soort grote besparingen overal zouden worden gerealiseerd, samen met de in de hoofdstukken 5, 6 en 7 besproken maatregelen om de klimaatgevolgen van ons brandstof- en stoomgebruik fors te beperken, zouden we op een totale besparing van rond de 90 procent kunnen uitkomen (ervan uitgaand

dat het energieverbruik van supermarkten niet verder stijgt). Maar zijn deze besparingen reëel? Mijn researchassistent heeft tot drie keer toe met J. Sainsbury contact opgenomen met het verzoek de praktijkgegevens in te zien en de vraag of het bedrijf de prestaties ook onafhankelijk heeft laten beoordelen.[9] We zijn nu zes maanden verder en hebben nog steeds niets gehoord. In afwachting van hun bericht – en moe van de valse beweringen van allerlei andere commerciële bedrijven – neem ik de vrijheid geen woord van hun verhaal te geloven. Sterker nog, de enige betrouwbare gegevens die ik over deze 'doorbraak in supermarktarchitectuur'[10] kan vinden, verhogen slechts mijn argwaan. De twee windturbines, die bij het oprijden van de parkeerplaats voor de klanten goed zichtbaar zijn, hebben elk een diameter van 3,6 meter.[11] Hieruit leid ik af dat bij een gemiddelde windsnelheid van 4 meter per seconde deze molens samen een gemiddelde opbrengst van iets meer dan 0,4 kilowatt hebben* – een minuscule fractie van de stroom die deze winkel ongetwijfeld gebruikt. Zelfs deze opbrengst is waarschijnlijk een overschatting, want de turbines staan slechts 12 meter hoog en aan de onderbouw hangen grote reclameborden die ongetwijfeld voor turbulentie zorgen.

Ik heb het taboewoord 'parkeerplaats' al uitgesproken, wat mij brengt op het derde en misschien wel lastigste aspect van de grote supermarkten. Bijna 62 procent van alle winkelbezoeken wordt per auto afgelegd[13]; bij de megastores aan de rand van de stad geldt dat vrijwel alle klanten per auto komen. Volgens cijfers van het Ministerie van Verkeer wordt 20 procent van alle autoritten in Groot-Brittannië ten behoeve van het winkelen gemaakt; in termen van jaarlijks afgelegde kilometers gaat het om 12 procent.[14]

Ik weet niet zo gauw hoe je mensen die dit soort megawinkels buiten de stad bezoeken ervan moet overtuigen dat ze het anders moeten doen: het sjouwen van de boodschappen voor

---

* In het boek *Building for the Future* staat dat een turbine van 3,5 meter bij een windsnelheid van 4,0 meter per seconde een jaaropbrengst van 1766 kilowatt-uur heeft.[12]

de hele week op de fiets of per bus is niet meteen de leukste bezigheid. Te beoordelen aan de grootte van de parkeerplaatsen die deze megamarkten blijven bouwen en hun inspanningen – tot nu toe geslaagd – de overheidspogingen te dwarsbomen om heffing van parkeergeld verplicht te stellen,[15,16] zijn ze ook geenszins van plan hun klanten te bewegen hun gewoontes te veranderen. De klanten, van hun kant, lijken daartoe ook niet echt te wíllen worden gestimuleerd. In elk geval in dit opzicht lijken winkels helemaal vast te zitten in een orgie van energieverkwisting.

Als we de bestaande infrastructuur en winkelgewoontes overeind houden, zijn er met andere woorden slechts geringe mogelijkheden om de daarmee samenhangende CO_2-uitstoot te beperken. Toch kunnen we deze misschien met 90 procent omlaag brengen zonder dat we het gemak en tempo van het tegenwoordige winkelen hoeven op te geven. Met mijn voorstel kan zowel het transportvraagstuk als het verlichtings- en koelprobleem in één klap worden opgelost. Nauwelijks nieuw te noemen, wel revolutionair, heet het 'thuisbezorgen'.

Volgens het Britse Ministerie van Verkeer

> hebben computerberekeningen en aanvullend onderzoek uitgewezen dat het gebruik van bestelvoertuigen in plaats van particuliere auto's de verkeersdrukte met 70 procent of meer zou kunnen verminderen.[17]

Het lijkt er dus op dat elke bestelwagen die de supermarkt inzet drie auto's van de weg haalt. Zelfs in de huidige situatie zien we bepaalde supermarkten (en ook veel nieuwe bedrijven) met behulp van tv en internet deze distributiemethode weer oppakken, die al tientallen jaren uit de gratie is. Minstens twee of drie keer per week zie ik een bestelbusje van de Tesco-supermarkt mijn straat inrijden. Ik vermoed dat het, heel toepasselijk, mijn lot zal zijn een keer omver te worden gereden door een bezorgservice van biologische groentepakketten. Het Office of National Statistics heeft berekend dat tegenwoordig van alle particuliere inkopen zo'n 4 procent, in

waarde gemeten, aan huis wordt geleverd; als we de gegevens van het verkeersministerie mogen geloven, zou deze schatting overigens best aan de lage kant kunnen zijn.[18] De verkoop van spullen via internet lijkt haast exponentieel te groeien, al zijn er om voor de hand liggende redenen geen betrouwbare cijfers beschikbaar.

Geen van deze ideeën is op zichzelf genoeg om ons te redden. Onder het huidige bestel zullen we onze boodschappen voornamelijk met de auto blijven doen en de winkels zullen doorgaan met vriezen en stoken in één en dezelfde tochtige loods. Maar als thuisbezorgen het winkelen in de megastores in zijn geheel zou vervangen, zouden we wel eens de oplossing gevonden kunnen hebben voor een vermindering van 80 of 90 procent van de hiermee samenhangende broeikasgasuitstoot – zelfs voordat we aan duurzame stroom en CO_2-afvang en -opslag zijn begonnen.

Mijn voorstel komt op het volgend neer: dat de functie van de grote supermarkten aan de rand van de stad door pakhuizen wordt overgenomen. De enige mensen die hier komen zijn leveranciers en het personeel dat er werkt. Hier geen behoefte aan verblindende verlichting, geen open koelvitrines, geen heteluchtkanonnen boven de deur.

Pakhuizen, zoals af te lezen valt uit de tabel een paar bladzijden terug, hebben per vierkante meter ongeveer 35 procent van de warmtebehoefte van het gemiddelde winkelpand en 29 procent van het elektriciteitsverbruik. Maar je kunt heel wat meer artikelen kwijt op een vierkante meter pakhuis dan op een vierkante meter megastore. Er zijn geen toonbanken, brede gangpaden of kassa's nodig en er passen veel meer voorraadschappen boven elkaar. Mijn informant vertelde me dat de distributiecentra waar elk artikel van hun winkel doorheen komt – al is het maar even – vermoedelijk voor slechts 5 procent bijdragen aan de totale energierekening van 'zijn' winkelketen.

Bij het huidige thuisbezorgen pakken de supermarkten de artikelen van de winkelschappen, laden ze vervolgens in een bestelwagen en leveren ze thuis af. Maar als ze de bood-

schappen direct bij het pakhuis zouden inladen, zouden ze hiermee niet alleen de verkeersuitstoot van hun klanten met 70 procent terugbrengen, maar ook hun eigen 'statisch' energieverbruik* met 95 procent verminderen. Er zou in één klap een einde komen aan de 'grote inkoop'. Lokale winkels (die voor hun bereikbaarheid veel minder van auto's afhankelijk zijn) zouden open kunnen blijven, onder voorwaarde dat ze dezelfde soort efficiëntiemaatregelen nemen die in andere bedrijfstakken gelden.

Mij lijkt dat dit voorstel nog een ander milieuvoordeel met zich meebrengt: dat het overdreven verpakken verleden tijd wordt. Aangezien de computer of telefoon voortaan als verkooppunt dient en een catalogus als visuele prikkel (hetzij elektronisch, hetzij gedrukt), kunnen de producten in een eenvoudige verpakking worden geleverd, met niet meer papier of plastic dan nodig is om ze schoon en vers te houden. Zo koop ik bijvoorbeeld mijn groentezaden. De bedrijven waar ik ze koop hebben elk een online-catalogus met prachtige foto's van vitaal uitziende planten (die in niets lijken op de door slakken aangevreten exemplaren die ik teel) en sturen de bestelde zaden in bruine papieren zakjes op. Deze presentatie doet niets af aan de spanning die ik voel als ze aankomen, noch aan de eventuele teleurstelling een jaar later.

Op het eerste gezicht lijken de zakelijke argumenten voor een volledige omschakeling naar virtueel winkelen net zo sterk als de milieuargumenten. De winkels kunnen op deze wijze flink bezuinigen op kapitaal, personeel en vaste lasten. Maar het zou naïef zijn te veronderstellen dat de bestaande winkelketens op zo'n omschakeling zitten wachten. Dat ze zoveel winst kunnen opstrijken komt deels door de schaarste aan locaties waarvoor een detailhandelvergunning wordt verleend. Er zijn gebieden genoeg waar één enkel bedrijf een plaatselijke monopoliepositie heeft verworven. In het pak-

---

* Hiermee bedoel ik het energieverbruik binnen de winkel, in tegenstelling tot het gebruik dat met het vervoer samenhangt.

huismodel kunnen veel meer firma's meedoen, dankzij kostenbesparingen en het feit dat er meer geschikte bedrijvenlocaties beschikbaar komen – zoals blijkt uit de explosieve groei van het aantal kleine biologische groentetelers die thuis bezorgen.

Maar of ze het nu leuk vinden of niet, de megastores hebben zélf de haalbaarheid van het plan al aangetoond. Hun leveringen aan huis zijn het betrouwbaarst van alle bedrijven. Terwijl veel firma's de hele dag op zich laten wachten, belooft Tesco, in Groot-Brittannië de marktleider op het gebied van internetwinkelen, dat je bestelling binnen twee uur wordt afgeleverd.[19] In de meeste delen van het land kun je op een doordeweeks dag de boodschappen op elk tijdstip tussen 9 uur 's ochtends en 11 uur 's avonds laten bezorgen en in het weekend tijdens een groot deel van de dag.[20] Kortom, hoe de firma's er ook over mogen denken, het kan best zijn dat hun klanten deze manier van winkelen makkelijker vinden dan het bestaande model – reden waarom thuisbezorgen steeds populairder wordt. Als mijn idee zou worden verwezenlijkt, zou deze vorm van winkelen ook een heel stuk goedkoper worden. Sommige mensen komen met het bezwaar dat de verplichting bestellingen via telecommunicatiemiddelen te plaatsen degenen zónder deze technologieën uitsluit; maar er zijn tegenwoordig veel minder huishoudens zonder telefoon, tv of computer dan zonder auto. Mijn voorstel sluit dus minder mensen uit dan de huidige praktijk.

Het sluiten van de megastores aan de rand van de stad, om de hier genoemde redenen, zal niet vanzelf gaan. Het zal doelbewust moeten worden gestimuleerd: hetzij indirect, door een beleid op basis van klimaatbudgetten, hetzij direct, via overheidsregels. Maar het is in beide gevallen een omschakeling die de menselijke vrijheid niet noemenswaardig beperkt, lijkt me, tenzij je het recht om de ringweg te nemen naar een overbelichte glazen doos en in een rij staan wachten ziet als een onvervreemdbaar element van leven, vrijheid en het nastreven van geluk.

Ik heb door schade en schande geleerd dat mensen niet makkelijk te interesseren zijn voor het onderwerp cement. Maar mij interesseert het wel, voor een deel omdat de broeikasgasuitstoot die met cementproductie samenhangt niet louter door het verbranden van fossiele brandstoffen ontstaat. Bij de productie van 'Portlandcement', het grijze poeder dat we allemaal kennen als 'cement'* wordt mergel of een ander soort kalksteen (calciumcarbonaat) in calciumoxide omgezet. Hierbij wordt onherroepelijk CO_2 geproduceerd.**

Bij dit 'gloeien' van het kalksteen, de eerste stap in het productieproces, komt bij het aanmaken van elke ton eindproduct ongeveer 500 kilo CO_2 vrij.[22] De grondstoffen moeten bovendien worden fijngemalen en tot rond de 1450 graden verhit. Volgens een in de *Annual Review of Energy and Environment* gepubliceerde studie, leidt de productie van 1000 kilo cement tot een totale CO_2-uitstoot van gemiddeld 814 kilo.***[23] Hierbij is er nog geen rekening gehouden met de energiegerelateerde uitstoot die met kalkwinning en transport samenhangt. Daarom is het aannemelijk dat de productie van één ton cement met de uitstoot van ruwweg één ton CO_2 gepaard gaat.

In een ingezonden brief aan *The Guardian* heeft David Ireland van het Empty Homes Agency geschreven dat er bij de bouw van een gemiddelde woning zo'n 25 ton beton wordt gebruikt voor de funderingen en vloeren, en 4 ton voor het metsel- en stukwerk. Er wordt ongeveer 1 ton verknoeid.[24] Hij stelt vervolgens dat er hierdoor in totaal 30 ton CO_2 vrijkomt. Maar hij lijkt beton met cement te hebben verward. Het beton dat voor de funderingen en vloeren wordt gebruikt, bevat één

---

* Toen het in het begin van de negentiende eeuw werd ontwikkeld, vergeleek men het graag met het fijn zoetwaterkalksteen dat op het schiereiland Portland in het zuidwesten van Engeland werd gewonnen.

** In vereenvoudigde vorm luidt de reactie $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. In werkelijkheid bevat Portlandcement ook silicaten: $5CaCO_3 + 2SiO_2 \rightarrow (3CaO, SiO_2)\ (2CaO, SiO_2) + 5CO_2$.[21]

*** 222 kg C x 3,667.

deel cement op ongeveer vijf delen zand en grind. Maar zelfs dan, als de andere gegevens kloppen, is er voor het bouwen van een gemiddelde woning toch nog zo'n 5 ton cement nodig, waarmee er ongeveer 5 ton CO_2 in de atmosfeer terechtkomt. Zelfs als we alle andere materialen buiten beschouwing laten die bij het bouwen van een huis te pas komen, komt dit neer op viermaal iemands jaarlijkse klimaatbudget in het jaar 2030.

Afhankelijk van wiens cijfers je gelooft, draagt de mondiale cementproductie in totaal tussen de 5 en 10 procent bij aan de door de mensheid veroorzaakte CO_2-uitstoot.[25,26,27] In Groot-Brittannië, waar we onze woningen slechts mondjesmaat vervangen, gaat het om een bijdrage van minder dan 2 procent.[28] Mede door de grote constructiewoede die momenteel in zuidelijk en oostelijk Azië heerst, stijgt de mondiale cementproductie jaarlijks met ongeveer 5 procent.[29]

Het afvangen van de CO_2 die zowel bij het gloeien van de kalksteen als bij het stoken van de brandstof ontstaat, lijkt net zo eenvoudig te realiseren als bij een elektriciteitscentrale.[30] Ondergrondse opslag is echter heel wat lastiger. Anders dan bij centrales, zijn cementfabrieken aan geologische locaties verbonden waar geschikt kalksteen voorhanden is. Hoewel ze allemaal in afzettingsgebieden liggen, is er geen duidelijk verband tussen de plaatsen waar kalksteen aan de oppervlakte komt en de zoutwatervoerende lagen en olie- of gasvelden waar CO_2 eventueel zou kunnen worden opgeslagen. Hoewel de meeste cementfabrieken in Groot-Brittannië waarschijnlijk wel binnen 500 kilometer van een geschikte laag liggen (ongeveer de maximumafstand waarover gastransport rendabel blijft[31]), valt bij gebrek aan kaarten van geschikte CO_2-opslagplaatsen niet met zekerheid uit te maken of deze technologie overal een haalbare kaart zou zijn. Maar wat ik wel zeker weet is dat Groot-Brittannië – op zo'n klein oppervlak het geologisch meest afwisselende land ter wereld – verre van typisch is. In grotere, geologisch minder gevarieerde landen, kan het niet anders dan dat er cementfabrieken zijn waar ondergrondse CO_2-opslag niet tot de mogelijkheden zal behoren.

Het probleem kan slechts voor een deel worden opgelost door paal en perk te stellen aan constructieactiviteiten. Er zijn zeker een hoop betontoepassingen, zoals met name nieuwe snelwegen en startbanen, die onnodig en niet duurzaam zijn, en de klimaatgevolgen van de cementproductie zijn de zoveelste goede reden om onze transportinfrastructuur niet verder uit te breiden. Maar tegelijkertijd, zoals ik heb besproken in hoofdstuk 4, zijn veel van de Britse woningen gewoonweg niet gebouwd om warmte binnen en regen en kou buiten te houden. Als kan worden aangetoond dat er grote en snelle CO_2-besparingen te behalen zijn door het slopen van deze woningen en het bouwen van nieuwe, dan zal het slooptempo verhoogd moeten worden. In de passiefhuizen waardoor ze, als het aan mij ligt, worden vervangen, worden meer bouwmaterialen gebruikt dan bij een standaardwoning, omdat ze een grote 'warmtemassa' moeten hebben. Zelfs als dit niet zo was, zouden ze niet volledig uit het puin van oude woningen kunnen worden gebouwd: hoewel beton kan worden gerecycled, krijg je daardoor nog geen cement, maar steenslag.* Voor de funderingen van onze windturbines zullen we ook veel beton nodig hebben.

De volgende voor de hand liggende stap is een manier te vinden om het cement dat we gebruiken spaarzamer in te zetten. In eerste instantie lijkt AirCrete, een soort 'gasbeton', de oplossing te bieden.[33] Als cement met ongebluste kalk, zand, water en aluminiumpoeder wordt vermengd, rijst het in de gietvorm als brood. AirCrete-stenen zijn sterk en ook warmteisolerend. Omdat ze qua volume voor 60 tot 85 procent uit lucht(bellen) bestaan,[34] bevatten ze veel minder cement dan andere bouwstenen. Maar doordat ze ook aluminiumpoeder bevatten, wordt een deel van de CO_2-besparingen helaas teniet gedaan.[35] Dit is het ingrediënt dat als een soort gist in het betondeeg werkt, en dat de luchtbellen produceert waardoor

---

* Volgens het Intergovernmental Panel on Climate Change, 'is recycling van cement in een gesloten kringloop vooralsnog technisch onmogelijk'[32]

het gaat rijzen. Al worden er veel kleinere hoeveelheden van gebruikt, de productie van één kilo aluminium vereist nog altijd ongeveer veertig keer meer energie dan de productie van één kilo cement.[36]

Aantrekkelijker lijkt het vervangen van standaardmengsels met hogesterktebeton, waarin ultrafijn siliciumpoeder* en sterk vermalen vliegas is verwerkt. Door zijn zeer grote sterkte** kan er met de helft van het gewicht aan beton worden gebouwd.[38] De toevoegingen zijn vrij prijzig, maar door de besparingen op gewicht en transport vallen de totale kosten over het algemeen toch lager uit.[39]

Het probleem hierbij is echter dat de industrieën die het ultrafijn siliciumpoeder produceren juist uit de rijke landen vertrekken, waardoor de klimaatkosten van het transport van deze grondstof zullen stijgen, terwijl vliegas vooral uit kolengestookte elektriciteitscentrales komt – waarvan ik er juist zo min mogelijk wil. Een soortgelijk probleem doet zich voor bij een ander voorstel om de klimaatgevolgen van cement te beperken: het bijmengen van slakken uit hoogovens. Want ook in het geval van de staalproductie geldt dat de fabrieken in de meeste rijke landen dichtgaan, terwijl de bedrijven die wél blijven op nieuwere productietechnieken overschakelen (zoals de vlamboogoven), waarvan de slakken niet de gewenste eigenschappen bezitten.[40]

In 1997 heeft Roger Jones, een materiaaldeskundige uit Nevada, voor grote opschudding gezorgd in die delen van de media (toegegeven, niet bijzonder talrijk) waar ontwikkelingen in de cementindustrie op de voet worden gevolgd.[41,42] Hij was namelijk met het voorstel gekomen cement weer in kalksteen te veranderen, door te bewerkstelligen dat de CO_2 die het materiaal tijdens het gloeiproces verliest, opnieuw wordt opgenomen.

---

* Dit zogenaamde *silica fume* is een afvalproduct van de ferrochroom- en ferromangaan-industrieën.

** Het kan meer dan 4.200 ton per vierkante meter dragen.[37]

Nu gebeurt dit sowieso, al is het maar heel langzaam. Volgens het blad *New Scientist* 'zou een grote betonplaat er 30.000 jaar over kunnen doen om geheel in calcium carbonaat te veranderen'.[43] Dit reikt iets verder dan de tijdschaal van dit boek (hoewel het in het geval van het Britse woningenbestand niet ondenkbaar is dat sommige huizen gewoonweg in kalksteen zullen veranderen voordat ze aan vervanging toe zijn). Jones had ontdekt dat superkritische CO_2 (verhit en onder zo'n 75 maal de atmosferische druk[44]) dwars door beton kan, waardoor het materiaal binnen enkele minuten in carbonaat wordt omgezet en in sterkte verdubbeld.[45] Het cement zou alle tijdens het gloeiproces verloren CO_2 weer opnemen. Het superkritische gas zou er volgens Jones gewoon op verneveld kunnen worden.[46] In plaats van de CO_2 die bij cementfabrieken vrijkomt ondergronds op te slaan, zou het afgevangen gas in het cement kunnen worden teruggestopt.

In april 2006 heb ik Roger Jones in Nevada gebeld om te horen hoe het met zijn voorstel verder was gegaan. 'Het was niet echt voor beton bedoeld, George,' vertelde hij mij. 'Het ging om kunststoffen. Het is een heel duur proces en het is nooit onze bedoeling geweest dat het die kant op zou gaan.'[47]

Dit was verrassend, met name omdat een persbericht dat nog steeds op de website van zijn bedrijf staat, vermeldt dat zijn procédé

> dankzij behandeling met kooldioxide Portlandcement en ook andere soorten cement- en kleimaterialen kan omzetten… In nabootsing van levend koraal kunnen we thans kooldioxide uit het milieu halen en er onze huizen mee bouwen.[48]

Het blijkt, kortom, opnieuw dat je zeer op je hoede moet zijn wanneer het gaat om grote uitspraken van mensen die iets willen verkopen. Om dezelfde reden was ik terughoudend toen ik hoorde van de plannen van het bedrijf TecEco om cement op basis van magnesium- in plaats van calciumoxide te produceren, al lijkt een dergelijk proces in bepaalde opzichten wel aantrekkelijk.

Om cement uit magnesiumcarbonaat te maken hoef je het gesteente tot slechts 650 graden te verhitten,[49] zodat voor de productie veel minder energie nodig is. Het aldus ontstane oxide lijkt bovendien CO_2 veel sneller op te nemen dan kalkcement dat doet: de man die het bedrijf runt, beweert dat het maar een paar maanden duurt en dat het materiaal dan sterker is dan gewoon cement.[50] Het probleem is dat de aardkorst minder magnesiumcarbonaat dan kalksteen bevat, waardoor het eerste duurder is en – tenzij het cement alleen daar wordt verhandeld waar het gesteente van nature voorkomt – ook hogere transportkosten met zich meebrengt. Maar in bepaalde regio's zou het zeker een uitkomst kunnen zijn.

Wellicht is er echter nog een andere oplossing, en alweer gaat het terug op een heel oud concept. Het gaat om een materiaal dat veel weg heeft van *pozzolana*, of 'Romeins beton', waarmee de Romeinen het gewelfde dak van het Pantheon en talloze andere bouwwerken construeerden, waarvan verschillende nu nog overeind staan.[51] Het instituut dat dit materiaal promoot, beweert dat het zo snel uithardt en daarbij ook zo sterk wordt dat 'een zware Boeing of Airbus op een landingsbaan kan neerstrijken' die slechts een paar uur van tevoren met dit materiaal is gerepareerd.[52]

Hoewel ik waarschijnlijk een ander voorbeeld zou hebben gekozen, getuigt het van eigenschappen die ik in geen enkele publicatie heb zien tegenspreken. Het materiaal hardt snel uit, lijkt sterker dan gewoon beton, gaat langer mee, krimpt minder en is meer brandbestendig.[53] 'Geopolymeren', zoals dit soort materialen heten, kunnen zowel uit diverse soorten klei en industrieel afval als uit verschillende, vrij algemeen voorkomende afzettingsgesteenten worden gemaakt.* Dit soort cement is goedkoop en, voor ons vooral belangrijk, leidt bij de productie tot 80 tot 90 procent minder CO_2-uitstoot dan Portlandcement.[54,55] Dit komt omdat deze materialen bij lagere temperaturen worden geproduceerd (rond de 750 graden)

---

* Het gaat daarbij met name om het aluminium- en siliciumgehalte.

en omdat het chemisch proces niet op uitdrijving van CO_2 is gebaseerd. Volgens CSIRO, de onderzoeksinstelling die de Australische regering wetenschappelijk adviseert, kunnen dit soort cementvarianten in alle toepassingen worden gebruikt waarvoor nu Portlandcement wordt gebruikt.[56] Dat kunstmatige geopolymeren – die in tegenstelling tot het oorspronkelijke *pozzolana* niet louter uit één type vulkanische as wordt geproduceerd dat alleen bij Napels voorkomt – niet op grotere schaal worden gebruikt, komt omdat ze pas aan het einde van de jaren '70 zijn ontwikkeld.[57] De bouwwereld is notoir behoudend en de cementbedrijven hebben een groot economisch belang bij het handhaven van hun bestaande productielocaties, in plaats van ergens anders met een nieuw procédé te beginnen.

Maar we lijken nu toch, in ieder geval grotendeels, de oplossing te hebben gevonden: in het jaar 2030 draaien er in de rijke landen alleen nog cementbedrijven die óf hun CO_2 ondergronds opbergen, óf van Portlandcement op geopolymeerproductie zijn overgestapt. En als er voor het bouwen van betere huizen extra materialen nodig zijn, dan moet de daarmee samenhangende groei maar worden gecompenseerd – en wellicht omgebogen – door het aanleggen van nieuwe wegen en landingsbanen te staken.

Nu ik de tweede helft van dit hoofdstuk opnieuw doorlees, moet ik eerlijk toegeven dat er interessantere onderwerpen zijn dan cement. Maar als ik alleen die CO_2-bronnen onder de loep had genomen die interessant zijn, was ik weer in een ander soort drogreden van de esthetiek getrapt – en daarom dank ik uw voor uw geduld.

Ik denk dat ik mijn doelstelling in grote lijnen heb gehaald. Ik hoop dat ik heb kunnen aantonen dat we in – op één na – alle sectoren die ik heb onderzocht, onze CO_2-uitstoot met ongeveer 90 procent kunnen terugbrengen: in onze woningen, op de weg, en in twee bedrijfstakken waar omschakeling aanvankelijk een zware opgave leek. De enige sector waarin het me niet is gelukt – en ik hoop dat ik me er hiermee niet te mak-

kelijk vanaf maak – is toevallig precies de sector die voor onze overleving het minst noodzakelijk is. Anders dan verwarming, verlichting, vervoer naar het werk, de bouw en boodschappen doen, zal de beschaving ook zónder vliegtuigen overeind blijven, ook al zal het verlies ervan ongetwijfeld hard aankomen bij de meeste mensen die daar nu gebruik van maken.

Dat mijn voorstellen een enorme uitdaging inhouden is zonneklaar. Zij kunnen alleen worden verwezenlijkt indien klimaatverandering wordt uitgeroepen tot politieke prioriteit nummer één, niet alleen in Groot-Brittannië, maar in álle rijke landen. Deze omschakeling zal heel veel geld, politiek doorzettingsvermogen en expertise vergen. Maar wat ik bovenal hoop te hebben aangetoond is dat het mogelijk is de planeet te redden. En omdat het mógelijk is, zie ik geen enkele reden waarom we het niet zouden proberen. Dat ons leven hierdoor zal worden ontwricht is duidelijk – doch in veel mindere mate dan wanneer we de klimaatverandering die we in gang hebben gezet ongehinderd haar gang laten gaan.

11 Apocalyps uitgesteld

Kon ik maar ééns de hel aanschouwen én
veilig terugkeren, … dán was ik gelukkig!
Doctor Faustus, Tweede Bedrijf, Derde Scène[1]

Een week voordat dit boek af moest zijn, werd mijn dochter geboren. Hoofdstuk 10 heb ik met één hand getypt terwijl ze op mijn been zat. Terwijl mijn gedachten voortdurend heen en weer schakelden tussen cement en spuug, tussen windkracht en winderigheid en weer terug, werd alles waarover ik had nagedacht ineens – voor het eerst – reëel.

Mensen die over dit soort onderwerpen schrijven, verkeren in een merkwaardige positie. Om enige grip te krijgen op de vaak ingewikkelde materie waarover je je zorgen maakt, moet je de vertrouwde wereld van alledag verruilen voor een schimmenrijk vol grafieken, tabellen, formules en voorspellingen. In dit rijk moet je juist stoppen met je zorgen maken. De ecosystemen die de revue passeren worden 'koolstofputten' of 'koolstofbronnen', de mensen statistische gegevens.

Ik heb een jaar of twee in Afrika doorgebracht en van alle landen die ik heb bezocht, heeft Ethiopië mij het meeste getroffen. Overal in het land maak je heel snel vrienden. Misschien omdat de mensen daar al zo lang aan de rand van de afgrond leven, nemen gesprekken vaak een diepere wending. In de minuscule marktstad Jinka, in zuidelijk Ethiopië, waar de meeste mensen analfabeet zijn, werd mijn brein door de bewoners net zo hard aan het werk gezet als door de inwoners van mijn woonplaats Oxford.*

---

* Ik vraag me wel eens af of het minder in aanraking komen met de dood in de afgelopen eeuwen er verantwoordelijk voor is dat het de

Nu pas realiseer ik me dat ik, terwijl ik in dit boek schreef over 'de Ethiopiërs' en de mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor hen, geen enkele keer aan de mensen heb gedacht die ik daar heb ontmoet. 'De Ethiopiërs' werden een abstract begrip, of erger nog: een soort hulpmiddel waarmee ik mijn betoog kon uitbouwen. Een bepaalde mate van klimaatopwarming zou via een daling van zoveel ton in de graanoogst mogelijk tot verdwijning van een bepaald aantal exemplaren van de soort *Homo sapiens* leiden. Ik legde geen verband tussen deze 'exemplaren' en de mensen die ik daar had ontmoet – waarschijnlijk omdat deze levendige, grappige, stimulerende mensen in niets leken op een kolom cijfers op een bladzijde.

Zo is het ook gegaan toen ik beschreef wat mensen in mijn eigen land misschien te wachten staat, of in andere delen van de rijke wereld – waar, dankzij ons vriendelijker klimaat en het geld dat we aan beschermende maatregelen kunnen uitgeven, de gevolgen van de opwarming wat minder snel voelbaar zullen zijn. Ook hierbij kon ik de vermoedelijke gevolgen gemakkelijk opsommen, maar ze me tegelijkertijd haast niet voorstellen. Op intellectueel niveau kan ik begrijpen dat 'het leven' in dit land over dertig jaar er best heel anders zou kunnen uitzien; dat als we klimaatverandering haar gang laten gaan het zelfs fundamenteel en catastrofaal ánders zou kunnen worden. Maar op de een of andere manier is het me niet gelukt deze kennis om te zetten in een besef dat mijn eigen leven zal veranderen. Net als iedereen die zijn hele leven lang van de dood is afgeschermd, heb ik de toekomst altijd voorgesteld als een herhaling van voorvallen uit het heden. De wereld zal misschien wel veranderen, maar ik niet.

Achter deze ontkenning ligt de dubbelzinnigheid die onze houding ten opzichte van álle catastrofes kenmerkt: epidemieën, oorlogen, hongersnoden en ook de dood zelf. Hoewel

---

huidige generatie Britse schrijvers ontbreekt aan een zelfvertrouwen in de discussie over existentiële zaken die Shakespeare of Marlowe nog wel bezaten.

de aanstaande catastrofe mij vervult met diepe angst, ben ik er ook van overtuigd dat zij mij – bij de gratie Gods of andere lotsbeschikkingen die me tot op heden hebben beschermd – niet persoonlijk zal treffen. Als we niet allemaal ergens diep binnenin geloofden dat we op een of andere wijze aan de dood zouden kunnen ontsnappen – in weerwil van het zichtbaar sterven van ánderen – zouden we nauwelijks nog over enige levensmoed beschikken. Want, zoals Doctor Faustus aan het einde van Marlowe's toneelstuk al ontdekte, is er in het licht van de eeuwigheid geen enkel verschil tussen vierentwintig jaar – of zelf 24.000 jaar – en vierentwintig minuten.

Dit soort zelfbedrog is vooral bij schrijvers in trek, want ergens in je achterhoofd hoop je stiekem dat je woorden zullen voortleven ook lang nadat je lichaam is vergaan. Soms lijkt het zelfs alsof schrijvers nonchalanter met hun leven omspringen dan andere mensen van dezelfde maatschappelijke klasse. Wat maakt het nu uit dat je jezelf dood zuipt wanneer je geest blijft voortleven in 'memoires die de milde spin verhult'? Hier speelt een zekere arrogantie mee – die ik niet alleen bij anderen heb bespeurd – waarbij de angst voor de dood wordt beschouwd als iets voor de gewone sterveling: een aardse bezigheid waarmee degenen die proberen een flinterdunne draad toe te voegen aan de etherische gedachtestroom die vanaf *Gilgamesj* naar de ondoorgrondelijke toekomst reikt, niet lastiggevallen dienen te worden.

Maar deze baby, dit vreemde kleine wezentje, veel dichter bij de natuur dan een volgroeid mens, deels elfje, deels kikker, deels klein knuffelbeest, inmiddels zestien dagen oud en opgekruld op mijn schoot, als een boontje dat gaat ontkiemen, verandert alles. Ineens schrijf ik niet meer over wat 'mensen' in dit land over dertig jaar misschien zal overkomen. Ik schrijf over haar. Terwijl ze trillend aan de drempel van het leven staat, is haar sterfelijkheid pijnlijk duidelijk. Die lijkt veel reëler dan de mijne. De in hoofdstuk 1 beschreven wereld, waarin onbeheerste klimaatverandering een bedreiging vormt voor de bestaansvoorwaarden voor het menselijk leven zelf, is misschien haar toekomstige wereld. De opwarming van de aarde is niet langer

een veralgemeniseerd verschijnsel, en de slachtoffers ervan zijn geen abstractie. Onder hen zou ook mijn kind kunnen zijn. Of uw kind. Of uzelf. En ook ik. Van alle ingewikkelde materie die met dit onderwerp samenhangt, is dit tot nu toe het moeilijkste te bevatten.

Ik realiseer me ook – oog in oog met de biologische werkelijkheid vóór mij – dat zelfs bij het aanschouwen van de grimmigste voorspellingen en het manoeuvreren langs de ijzeren wetten van de thermodynamica, ik op een of andere manier ook steeds een soort chiliastisch geloof behield in de ultieme redding. Ergens in mijn achterhoofd, ergens in het achterhoofd van iedereen die over deze dingen heeft nagedacht, vermoed ik, is er iets dat zegt dat, hoe hachelijk de situatie ongetwijfeld is en hoe moeilijk het is om daaruit te ontsnappen, het gewoonweg niet waar *kan* zijn. We zullen toch door iets of iemand worden gered?

Een geloof in wonderen loopt naadloos over in excuses om niets te hoeven doen. Het gaat hierbij in de eerste plaats om de hoop die veel mensen vestigen – ikzelf soms ook – op onbewezen technologieën. De ontwrichting van de biosfeer zullen 'ze' – de ondefinieerbare, alziende wetenschappers die de plaats van God hebben ingenomen en die in de uithoeken van ons bewustzijn schuilen – toch niet toestaan? Binnen het vereiste tijdsbestek – ja, net op het laatste moment, zo houden we onszelf voor – zullen ze ons verlossen van den boze, door een machine uit te vinden waarmee kernfusie, kunstmatige fotosynthese, 'hydrino-kracht' of op de maan opgewekte zonne-energie in één klap binnen bereik komen.*

Om de paar weken word ik benaderd door iemand met een plan voor iets wat ik alleen als perpetuum mobile kan omschrijven. Hij (het zijn altijd mannen) kan mij genoeglijk bewijzen, zo krijg ik te horen, dat hij, anders dan alle kwakzalvers, excentriekelingen en kakadorissen die mij ongetwij-

---

* Dit lijkt misschien door mij verzonnen, maar het gaat om een serieus voorstel dat in 2001 op het 18e Congres van de World Energy Council is ingediend.[2]

feld bekend zijn, het probleem daadwerkelijk heeft opgelost. Hij heeft een bijzondere katalysator, een nieuwe formule, of anders een *hotline* naar God, die het bewijs vormt voor wat andere natuurkundigen voor onmogelijk houden: dat energie uit het niets kan worden getoverd. In mijn verbeelding lijkt het soms alsof ik naar de tijd van Marlowe ben teruggeflitst. Mijn enige verweer tegen dit soort mensen is het verzoek dat ze me eerst een artikel in een door vakgenoten beoordeeld wetenschappelijk tijdschrift bezorgen – waarna ik nooit meer wat van ze hoor.

Dit is misschien niet helemaal fair. Het zou kunnen zijn dat iemand, ergens, daadwerkelijk een nieuw soort brandstof heeft ontwikkeld, die indruist tegen de alom aanvaarde hypotheses van de wetenschap en waarover, juist omdát het hiertegen indruist, geen enkel zelfrespecterend tijdschrift durft te publiceren. Elk beroep is uiteindelijk conservatief, zelfs die beroepen die proberen te anticiperen op de toekomst. Maar het aanvaarden van de gedachte dat er meer is tussen hemel en aarde dan in onze natuurkundige laboratoria voor mogelijk wordt gehouden, is heel iets anders dan te vertrouwen op verlossing via een wetenschappelijk mirakel. Dit soort blind vertrouwen biedt zo weinig handelingsperspectief dat we net zo goed met ons allen een klimaatdans kunnen uitvoeren.

De suggestie dat alle technologische speculaties even wazig zijn is ook niet helemaal fair. Terwijl energiewinning uit kernfusie in de afgelopen decennia steeds 'pas over vijfendertig jaar' werkelijkheid zou worden, kunnen we er niet zeker van zijn dat dit ook zo zal blijven. Om de zoveel tijd wordt immers een 'doorbraak' wereldkundig gemaakt, waardoor het er heel even op lijkt dat kernfusie nu ineens over twintig jaar beschikbaar zal zijn (maar ook dit lijkt een vast gegeven te zijn). Hoe het ook zij, zelfs met het soort versnelde programma dat ik in hoofdstuk 5 heb voorgesteld, zie ik met geen mogelijkheid in hoe er binnen het tijdsbestek van de komende vierentwintig jaar een nieuwe energiebron, hoe veelbelovend ook, zowel kan worden doorgrond en beheerst als wereldwijd geschikt worden gemaakt voor alle toepassingen – warmte, elektriciteit,

transport op het land, vliegverkeer – waarvoor we het nodig zullen hebben. Toegeven aan dit soort hoop is net zo gevaarlijk als toegeven aan de wanhoop.

Het tweede wonder der verlossing, of excuus om niets te hoeven doen, is aan het eerste verwant: het geloof dat we met behulp van een of andere nieuwe techniek de kooldioxide uit de lucht kunnen halen die we er eerst in hebben geloosd, of anders dat we de planeet op kunstmatige wijze kunnen doen afkoelen. Hiertoe zijn op experimentele schaal al enkele pogingen ondernomen. De meest bekende hiervan bestaat uit het strooien van ijzerdeeltjes op het oceaanoppervlak om de groei van plantaardig plankton te stimuleren. Het achterliggende idee is dat de uitdijende planktonmassa CO_2 uit het omgevingswater zal opnemen en vervolgens met zijn lading naar de zeebodem zal zinken, het gas eeuwig aan de kringlopen onttrekkend. Maar het werkt niet. Wetenschappers op de Universiteit van Princeton hebben met behulp van een computermodel aangetoond dat er van het gas dat door het plankton wordt opgenomen nauwelijks iets naar de bodem zinkt.[3] Bovendien leidt deze 'bemesting' met ijzer tot onttrekking van zuurstof uit de lucht, waardoor het broeikasgas methaan wordt gevormd.[4] Het lijkt erop dat deze techniek niet alleen tot ontwrichting van het mariene ecosysteem zou leiden, maar ook tot méér in plaats van minder klimaatverandering.

Anderen hebben voorgesteld de CO_2 met behulp van chemicaliën uit de (open) lucht te 'wassen' – ongeveer zoals bij het toekomstige afvangen van het gas bij elektriciteitscentrales, maar dan op veel grotere schaal. Maar in geen enkele van de verslagen die ik hierover heb gelezen staat iets over de kosten van zo'n onderneming.[5,6,7] Ik heb gebeld met het bedrijf dat het idee promoot, Global Research Technologies uit Tucson, Arizona, in de hoop dat ze me een idee zouden kunnen geven van de hoeveelheid energie en geld die het kost om een ton CO_2 uit de atmosfeer te halen. Na mijn verzoek intern te hebben besproken, belden ze me terug met de mededeling 'het antwoord is "geen commentaar"'.[8] Mij lijkt dat de kosten astronomisch hoog zouden zijn.

John Latham van het Amerikaanse National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado, heeft geëxperimenteerd met apparaten die verneveld zeewater in de lucht brengen. De bedoeling is dat hierdoor wolken worden gevormd, die een deel van het zonlicht tegenhouden voordat het de aarde bereikt.[9] Maar dit project zou ook desastreus kunnen uitpakken: het blijkt dat kleine zoutdeeltjes die enerzijds de mistbanken opwekken, anderzijds de ontwikkeling van regenwolken kunnen belemmeren, met als gevolg droogte in benedenwinds gelegen landen.[10]

De erfenis van Edward Teller, de 'vader van de waterstofbom', omvat ook een tweede gift aan de mensheid: het idee om de atmosfeer te bezaaien met talloze metaal- of andere deeltjes, om daarmee licht van bepaalde golflengtes te weerkaatsen. Zijn volgelingen (die net als Teller aan kernwapens werken) hebben dit concept verder uitgewerkt en zijn met het voorstel gekomen om elk jaar een miljoen ton aan minuscule, met waterstof gevulde ballonnen te lanceren. Ik weet niet welke van hun activiteiten gevaarlijker is: de uitvoering van hun plan zou namelijk naar alle waarschijnlijkheid de ozonlaag vernietigen.[11] Helaas lijkt voor sommige lieden het experimenteren met sterfte op ongekende schaal een tweede natuur te zijn geworden.

De derde quasi-uitweg betreft, paradoxaal genoeg, de aanstaande oliepiek. Ik ben de tel kwijt van mensen die mij hebben uitgelegd dat we ons over klimaatverandering geen zorgen hoeven maken, omdat de mondiale olievoorraden gaan opdrogen voordat het allemaal uit de hand loopt: de olieprijs zal exponentieel stijgen, waardoor automobilisten en vliegtuigpassagiers niet anders dan thuis kunnen blijven.

Nu zou het best kunnen zijn dat wanneer er een oliepiek optreedt voordat er afdoende tegenmaatregelen zijn genomen, de wereld in zo'n catastrofale depressie terecht komt dat de industriële beschaving – en daarmee de menselijke CO_2-uitstoot – min of meer ophoudt. Ik schaar me niet bij degenen die hierop zitten te wachten. We hebben naar mijn mening ook geen vast omlijnd idee van wanneer zo'n piek komt. Toen

ik iemand voor het eerst hoorde voorspellen dat dit wel eens heel snel zou kunnen gebeuren – een geofysicus vertelde me in 2003 dat hij er '99 procent zeker' van was dat dit in 2004 zou plaatsvinden[12] – vond ik het overtuigend. Maar hoe meer ik erover lees, hoe harder ik ga twijfelen. Zoals altijd in dit soort discussies vind je aan beide kanten mensen met goede geloofsbrieven.[13,14,15,16] Het zou best kunnen zijn dat de olietoevoer binnen de komende tien jaar stagneert; maar het zou net zo goed pas over 30 jaar kunnen zijn. Wanneer dat zo is en we ons hebben ingesteld op het opraken van de olie terwijl we tegelijkertijd niets doen aan besparing en het ontwikkelen van alternatieven (helaas, niet zo'n onwaarschijnlijk scenario), dan lopen we kans catastrofale klimaatverandering én een ongekend diepe economische depressie tegemoet te gaan.

In één opzicht zou het pieken van de olieproductie wel eens tot een verergering van klimaatverandering kunnen leiden. Een van de aanbevelingen die in het in hoofdstuk 3 aanhaalde rapport van de Amerikaanse Ministerie van Energie wordt gedaan om op het probleem vooruit te lopen, is de productie van zogenaamde synthetische brandstoffen, of *synfuels*, fors uit te breiden.[17] Alweer is het middel erger dan de kwaal: omdat deze uit teerhoudend zand en steenkool worden gemaakt, veroorzaken ze juist meer CO_2-uitstoot dan gewone aardolie.

Het vierde excuus om niets te hoeven doen is meer alledaags: het waanidee dat we onszelf een uitweg uit de problemen kunnen blijven kopen. In zijn in 1855 uitgegeven boek *De opkomst van de Nederlandsche Republiek* beschrijft John Lothrop Motley hoe de Nederlandse bevolking in de vijftiende en zestiende eeuw in staat werd gesteld haar zonden af te lossen.

> Met het geldelijk afkopen van zonden konden de priesters aanzienlijke rijkdom vergaren … Goddelijke vergiffenis voor reeds gepleegde of aanstaande misdrijven werd volgens een oplopende tariefschaal openlijk aangeboden. Het vergiftigen van iemand was aldus voor elf dukaten en zes livres tournois af te kopen. Absolutie voor incest kostte zesendertig livres en drie dukaten. Voor meineed moest zeven livres en drie carlines

> worden neergeteld. Vergiffenis voor moord, mits niet door vergiftiging, was goedkoper. Zelfs voor vadermoord kon men voor genade terecht bij de goddelijke rechtbank, tegen betaling van één dukaat, vier livres en acht carlines.[18]

Vandaag de dag zijn de actuele tarieven voor aanstaande misdrijven op talloze prijslijsten in cyberspace te vinden. Bedrijven die zich op 'klimaatcompensatie' hebben toegelegd, beloven dat ze door te bemiddelen tussen ons en de atmosfeer, absolutie kunnen verlenen voor de milieukosten van onze CO_2-uitstoot, in de vorm van boomaanplant, het sponsoren van duurzame-energieprojecten in verre landen en, ongetwijfeld, hulp aan dorpelingen in de Andes bij het bouwen van bruggen. Zoals je in de vijftiende en zestiende eeuw met je zus kon slapen, iemand kon vermoorden en meineed kon plegen zonder je om eeuwige verdoemenis te bekommeren, kun je vandaag je ramen wijd open laten terwijl de verwarming aanstaat, auto blijven rijden en overal naartoe vliegen zonder het klimaat in gevaar te brengen, mits je je dukaten overdraagt aan een van de bedrijven die in aflaten handelt. Zelfs het Kyoto-verdrag bevat een bepaling waardoor landen hun officieel toegestane uitstoot van broeikasgassen kunnen verhogen door in andere landen 'klimaatvriendelijke' projecten te financieren.* Ik ga hier geen opsomming geven van de landonteigeningen, conflicten met lokale gemeenschappen, dubbeltellingen en pure oplichterij waarmee een deel van dit soort projecten gepaard gaat. Dat is reeds elders gebeurd.[19,20,21] Mijn bezwaren zijn van meer fundamentele aard.

Het eerste is dat nauwkeurige 'koolstofboekhouding' bij veel projecten simpelweg onmogelijk is, hoe oprecht het ook wordt geprobeerd. Zo kun je bijvoorbeeld berekenen dat een vlucht van Londen naar New York tot de uitstoot leidt van een bepaald gewicht aan koolstof, in de vorm van CO_2, en vaststellen hoeveel koolstof een bepaalde boom van een gegeven

---

* Het gaat om het zogenaamde *Clean Development Mechanism*.

soort en grootte bevat. Je kunt vervolgens de tonnen koolstof van je vlucht delen door de tonnen koolstof in één boom en dan uitrekenen hoeveel bomen je zou moeten planten om je uitstoot te compenseren. Maar de uitkomst daarvan zal niets zeggen over de werkelijkheid.

Het planten van bomen betekent bijvoorbeeld het niet-planten – of het laten staan – van andere gewassen op hetzelfde land. Je kunt onmogelijk weten wat er over twintig jaar daarvoor in de plaats zou hebben gestaan. Als het antwoord 'andere bomen' luidt, zou je, om de werkelijke mate van compensatie voor je handelingen te bepalen, de koolstof die er misschien zou zijn geweest moeten aftrekken van de koolstof die er is. Omdat er geen manier is om aan het eerste een numerieke waarde te geven, is de berekening onuitvoerbaar.

Het planten van bomen op één plaats kan tot bossterfte op een andere leiden; het nieuwe bos kan immers zoveel water aan een rivier onttrekken dat een stroomafwaarts gelegen bos eronder lijdt.[22] Wanneer boomaanplant land in beslag neemt dat anders voor het verbouwen van voedsel had kunnen dienen, zal de lokale bevolking zijn toevlucht nemen tot het rooien van bossen elders, om nieuwe landbouwgrond te ontginnen. Uw bomen kunnen ook sterven voordat ze tot volle wasdom zijn gekomen, vooral omdat de omstandigheden waaronder ze zullen moeten groeien, dankzij klimaatverandering, voorturend zullen veranderen. Ze zouden door houtdieven gekapt kunnen worden, of door bosbranden verwoest. Kortom, bij het vliegen naar New York kunnen we er zeker van zijn dat er CO_2 in de atmosfeer komt, maar bij het planten van bomen bestaat er geen enkele zekerheid dat er CO_2 uit zal worden gehaald.

Belangrijker nog, een ton CO_2 die vandaag wordt vermeden is, om de in hoofdstuk 1 besproken redenen, een veel waardevollere actie om klimaatverandering te beteugelen dan een ton CO_2 die over twintig jaar wordt vermeden. Maar niet één van de CO_2-compensatiebedrijven die ik ben tegengekomen – alsof ze daarmee willen bewijzen hoe weinig ze zich om de échte gevolgen bekommeren – gebruikt een afschrijvingspercentage voor de vermeden uitstoot (waarmee je een verschil in waarde

tussen het heden en de toekomst tot uitdrukking zou kunnen brengen). Naar mijn mening kun je ze daarom met recht van stelselmatige pseudo-boekhouding beschuldigen, al is het niet opzettelijk.

Het Britse Forestry Commission merkt hierover het volgende op:

> tijdens de jeugdgroei [van de bomen] is het tempo van CO_2-vastlegging relatief laag (en kan, door het verlies van koolstof uit de bestaande begroeiing en de bodem bij het voorbereidende werk, zelfs negatief zijn). Dit wordt gevolgd door de hoofdgroeifase, waarin het opnametempo relatief hoog ligt, waarna dit tempo afvlakt naarmate het bos volgroeid wordt, om uiteindelijk te dalen.[23]

Het kan 60 jaar of langer duren voordat een boom tot volle wasdom is gekomen.

Zelfs bij projecten die beloven onze broeikasgasuitstoot goed te maken door mensen in armere landen van betere kachels of zuinige lampen te voorzien, duurt het een tijd voordat dit effect sorteert, omdat ze uitgaan van het verschil tussen de CO_2 die anders door de oude kachels en lampen zou zijn geproduceerd en de CO_2 die door de nieuwe vrijkomt. In het beste geval bereik je met dit soort projecten slechts uitstel van het moment dat er daadwerkelijk uitstoot wordt vermeden. In het ergste geval laten ze ons in de waan dat we met onze vervuiling kunnen doorgaan, net als, vóór de Reformatie, mensen door de handel in aflaten werden aangespoord erin te geloven dat ze konden blijven zondigen. Ik kan geen betere manier bedenken om de moeilijke keuzes die we nu moeten maken uit te stellen.

Maar mijn voornaamste bezwaar is dit: om de daling van onze broeikasgasuitstoot, die ik in dit boek heb besproken, te bereiken, zal iédereen zijn of haar uitstoot moeten beperken, hetzij vandaag, in de rijke landen, hetzij morgen, in de arme. Het is geen kwestie van kiezen tussen stoppen met vliegen of armere mensen zuinige lampen helpen kopen. We moeten én

stoppen met vliegen én armere mensen aan zuinige lampen helpen. De handel in 'klimaatcompensatie' is net als het schuiven van het voedsel op je bord om de indruk te wekken dat je het hebt opgegeten.

In dit boek heb ik willen aantonen dat het technisch en economisch mogelijk is onze uitstoot van broeikasgassen in de vereiste mate te verminderen, al wordt het moeilijk. Ik heb niet aangetoond dat het politiek mogelijk is, en dat heeft een reden: het is niet aan mij om dat te doen, maar aan u.

Degenen onder ons die al actief zijn in de strijd tegen klimaatverandering, kunnen dit niet alleen aan. Als je ziet hoe ongelooflijk weinig mensen zich hiervoor inzetten, zou je niet zeggen dat we voor de grootste uitdaging staan waarmee de mensheid ooit is geconfronteerd. Het blijkt veel makkelijker mensen over te halen om te protesteren tegen het afschaffen van hun favoriete themamuziekje, of het verlies van de traditionele Engelse gewichtsmaten, of, als we het er toch over hebben, voor afschaffing van flitspalen en hoge brandstofprijzen, dan ze te bewegen in actie te komen tegen de bedreiging van ons hele bestaan. Dit heeft een voor de hand liggende reden: in de bovenstaande voorbeelden wordt ons iets aangedaan; het bedreigen van ons bestaan doen we zelf. Bij het bestrijden van klimaatverandering moeten we het niet alleen tegen de olieconcerns, de luchtvaartmaatschappijen en de regeringen van de rijke landen opnemen, maar ook tegen onszelf.

Het probleem is niet dat er bitter weinig concrete vooruitgang is geboekt bij de internationale klimaatbesprekingen. Het probleem is dat wij niet wilden dat die vooruitgang er kwam. Zeker, de regeringen van de Verenigde Staten en Australië hebben alles gedaan wat binnen hun mogelijkheden lag om de besprekingen te laten mislukken, en zelfs om ze überhaupt te verhinderen. Jazeker, deze onderhandelingen worden gekenmerkt door het voortdurende doorschuiven van de schuldvraag. De regeringen van de rijke landen roepen dat het geen zin heeft hun uitstoot te verminderen zolang de uitstoot van China en India blijft groeien. De regeringen van China en India roepen

dat beperking van hun emissies verspilde moeite blijft zolang de rijke landen – waar de uitstoot per inwoner nog altijd vele malen hoger ligt – niet bereid zijn de benodigde reducties door te voeren. En jazeker, de fossiele-brandstofgiganten gebruiken hun overweldigende rijkdom om alles te kopen wat ze nodig hebben, waaronder de politicus en zijn stem.

Maar dat de regeringen die zich hebben verbonden aan het stoppen van klimaatverandering zich in hun pogingen belemmerd voelen, komt voor een deel omdat ze belemmerd wílden worden. Ze weten dat bij hun kiezers ergens diep vanbinnen een zacht maar vasthoudend stemmetje spreekt dat ze oproept het te proberen, maar daarin vooral te falen. Ze weten dat als ze per ongeluk toch zouden slagen, onze hele levenswijze zou moeten veranderen. En ze weten dat we een omslag in het leven alleen bij anderen kunnen voorstellen, maar niet bij onszelf.

Dus houden ze zich aan het script dat we met ons allen hebben geschreven. Ze zullen bezorgde toespraken houden over de bedreiging van onze planeet en over de noodzaak er iets aan te doen. Ze zullen ons voorhouden dat het vraagstuk zo belangrijk is dat het de gebruikelijke politieke scheidslijnen overstijgt en een consensus tussen alle partijen vereist. Ze zullen de bevolking oproepen om gezamenlijk aan deze enorme dreiging het hoofd te bieden. Dan zullen ze tot hun grote teleurstelling ontdekken dat er geen vooruitgang is geboekt, en dat dergelijke vooruitgang ook bijzonder moeilijk is, waarmee een beslissing over wat er nu daadwerkelijk dient te gebeuren voor de zoveelste keer zal moeten worden uitgesteld.

Mijn researchassistent Matthew Prescott heeft me erop gewezen dat in Groot-Brittannië het beleid van de regering niet wordt neergelegd in de rapporten en studies waartoe ze opdracht geeft; deze rapporten en studies zíjn het regeringsbeleid. Door eindeloze onderzoeken te gelasten naar het probleem en naar mogelijke strategieën om het aan te pakken, spiegelt de regering de bevolking voor dat er iets aan gedaan wordt, terwijl ze hiermee juist verhindert dat er iets gebeurt tot de verschijning van de volgende allesomvattende studie

(waarin de conclusies uit de vorige allesomvattende studie moeten worden besproken). Ik zie de Britse premier in het Lagerhuis al voor me, tot over zijn nek in het water, terwijl hij van wal steekt over 'de binnenkort te verschijnen nota over energie-efficiëntie…'.

Regeringen zullen net zo lang blijven dralen – ongeacht de menselijke gevolgen – tot het ze politiek meer gaat kosten dan het alternatief. Het is nu aan klimaatactivisten die kosten op te jagen en de weegschaal te laten doorslaan. Daarom moeten we ontwaken uit de ingeslapen toestand waarin we het afgelopen decennium vrijwel allemaal zijn beland: het lakse geloof dat iemand anders het wel voor ons op zal nemen.

Ik ben er nog niet helemaal uit hoe dit zover heeft kunnen komen. In het begin van de jaren '90 bezetten Britse activisten snelwegen, zaten ze in boomhutten en op de daken van ministerswoningen, verstoorden toespraken, versierden de trappen van Downing Street 10 met nepbloed en gedroegen zich zo enorm lastig dat ze uiteindelijk, ondanks de verwoede pogingen van de politici om ze buiten beeld te houden, toch werden gehoord. Nu luieren we op ons uitdijend zitvlees en klagen voortdurend hoe iedereen altijd zo klaagt, terwijl we geen van allen iets doen.

Dit zal wel deels komen door de niet aflatende groei van de wereldeconomie van de laatste jaren. We zijn eenvoudig te verwend geraakt, en hebben daarmee teveel te verliezen. Het komt ook deels door het feit dat, gelijktijdig met deze groei (en tot op zekere hoogte fungeert dit ook als motor ervan), de particuliere schulden enorm zijn toegenomen, vooral onder jongere mensen die ooit in de frontlinie stonden. Het hebben van schulden leidt tot een soort opgewekte paniek, die ervoor zorgt dat degenen die onder een dergelijke last leven zelden verder dan een paar weken vooruit kunnen kijken.

Maar ik wil de schuld voor een deel ook bij internet leggen – vaak opgehemeld als het emancipatorisch medium bij utstek. Natuurlijk is het geweldig handig: het laat ons informatie uitwisselen, maakt het mogelijk alle feiten te vinden die we maar nodig hebben, men waarschuwt elkaar voor het komende on-

heil, en ga zo maar door. Maar het is ook een schijnwereld waarin het slechts lijkt alsof er iets gebeurt. Het laat ons in de waan dat we de wereld kunnen veranderen zonder uit onze stoel te hoeven komen. We worden gehoord! Onze stemmen zingen de hele wereld rond; ze lokken reactie en discussie uit; inspireren de één, voeden de woede van de ander. Er gebeurt iets! Er ontstaat een beweging! Maar op zichzelf, zoals ik zelf maar al te goed weet, verandert het schrijven, lezen, bediscussiëren of uitdragen van dissidente meningen niets. Deze activiteiten hebben alleen waarde voorzover ze tot actie inspireren. Actie betekent dat je in beweging komt. Als dit boek u niet heeft gemotiveerd iets te gaan doen, wil ik u dringend verzoeken het naar de winkel terug te brengen en uw geld terug te eisen, omdat het van nul en generlei waarde is gebleken.

Maar *wat* te doen? Op de volgende bladzijden staan de adressen van organisaties die al strijden tegen klimaatverandering en de oorzaken ervan. Ik wil dat u zich daarbij aansluit. Ik wil dat u alleen uw eigen groep opricht als blijkt dat deze organisaties op een dood spoor zitten: ik heb genoeg bewegingen door afsplitsingen uit elkaar zien vallen. Ik wil dat u erachter komt hoe u deze organisaties het beste kunt helpen. Maar bovenal wil ik dat u met uw verbeelding een sprong maakt die zelden van u wordt verlangd door regeringen of reclamebureaus of kranten of docenten.

Want de strijd tegen klimaatverandering is hoogst eigenaardig. Anders dan bijna alle maatschappelijke protesten die er ooit zijn geweest, is dit geen strijd voor méér van iets, maar voor versobering. Het is geen strijd voor meer vrijheid, maar juist voor minder. En het merkwaardigste van alles: het is geen strijd tegen anderen, maar een strijd tegen onszelf.

Adressen in Nederland

HIER, Nederland klimaatneutraal
Hamburgerstraat 28A, 3512 NS Utrecht, t: 030 2348259,
e: info@klimaatbureau.nl,
i: www.hier.nu (website met lijst van organisaties)

World Information Service on Energy (WISE)
Ketelhuisplein 43, 1040 LC Amsterdam, t: 020 6126368,
e: wiseamsterdam@antenna.nl, i: www.tegenstroom.nl

Milieudefensie
Postbus 19199, 1000 GD Amsterdam, t: 020 6262 620,
e: service@milieudefensie.nl, i: www.milieudefensie.nl

De Kleine Aarde
Het Klaverblad 1, 5283 TV Boxtel, t: 0411 68 49 21,
e: info@dekleineaarde.nl, i: www.dekleineaarde.nl

Organisatie voor Duurzame Energie (ODE)
Postbus 750, 3500 AT Utrecht,
e: info@duurzameenergie.org, i: www.duurzameenergie.org

Cool Climate
i: www.coolclimate.nu

Greenpeace Nederland
Postbus 3946, 1001 AS Amsterdam, t: 0800 422 33 44,
e: info@greenpeace.nl, i: www.greenpeace.nl

Stichting Natuur en Milieu
Postbus 1578, 3500 BN Utrecht, t : 030 233 13 28,
i: www.snm.nl

Aarde-Werk
Hugo de Grootstraat 8, 2518 ED Den Haag, t: 070 356 03 29,
i: www.aarde-werk.nl

Dwars
Oude Gracht 229, 3511 NJ Utrecht, t: 030 233 32 63,
e: dwars@dwars.org, i: www.dwars.org

Meer informatie op www.hitte.nu.

Adressen in België

Klimaatcoalitie
Secretariaat van de klimaatcoalitie p.a. WWF België,
Avenue E. Jacqmainlaan 90, B-1000 Brussel, t: 02 340 09 97,
e: info@coalitionclimat.be,
i: www.hierbeginthet.be (website met lijst van organisaties)

Ecolife
Valkerijgang 26, B-3000 Leuven, t: 016 22 21 03,
e: info@ecolife.be, i: www.ecolife.be

Bond Beter Leefmilieu
Tweekerkenstraat 47, B-1000 Brussel, t: 02 282 17 20,
e: info@bblv.be, i: www.bondbeterleefmilieu.be

Terra Reversa
De Ster 56, B-2540 Hove, t: 03 455 47 17,
i: www.terrareversa.be

Greenpeace België
Haachtsesteenweg 159, B-1030 Brussel, t: 02 274 02 00,
e: info@be.greenpeace.org, i: www.greenpeace.be

Vlaams Overleg Duurzame Ontwikkeling (VODO)
Vlasfabriekstraat 11, B-1060 Brussel, t: 02 536.19.90,
e: vodo@vodo.be, i: www.vodo.be

Kilowat?uur
t.a.v. Anne Van Houtte, Sparrelaan 6, B-3590 Diepenbeek, t: 011 32.10.39,
e: vanhoutteanne@yahoo.com, i: www.co2minderen.be

Meer informatie op www.hitte.nu.

Noten

Voorwoord

1. Tony Blair, 27 april 2004 bij de start van de Climate Group. http:/www.pm.gov.uk/output/Pages5716.asp
2. Energy Saving Trust, 'Green Barometer', 28 maart 2007: http://www.energysavingtrust.org.uk/aboutest/news/pressreleases/index.cfm?mode=view&pressid=557
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*, februari 2007, p.8: http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf *
4. Het gemiddelde tempo over de laatste 3.000 jaar wordt hier vermeld: IPCC, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, 2001, hoofdstuk 11 (Changes in Sea Level), Executive Summary: http://www.grida.no/climate/ipcctar/wg1/409.htm
5. Het huidige tempo wordt hier vermeld: IPCC, *op. cit.* (noot 3, boven), tabel SPM-1, p.7.
6. Sir Nicholas Stern, *The Economics of Climate Change*, Britse Ministerie van Financiën, oktober 2006: http://www.hm-treasury. gov-uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm. Er verscheen een handelseditie bij Cambridge University Press, 2007.)
7. *Ibid*., deel 3, p.300. (Alle pag.cijfers verwijzen naar de elektronische versie.)
8. *Ibid*., deel 2, p.113.
9. *Ibid*., deel 3, figuur 13.4, p.294.
10. *Ibid*., Exectutive Summary, p.vii.
11. *Ibid*., deel 2, tabel 3.1, p.57.
12. *Ibid*., Exectutive Summary, p.iii.
13. *Ibid*., deel 3, p.295.
14. *Ibid*., Exectutive Summary, p.vi.
15. *Ibid*., deel 2, p.99, voernoot 31.
16. *Ibid*., deel 3, p.201.
17. *Ibid*., deel 3, p.193.
18. *Ibid*., deel 1, p.28.
19. *Ibid*., deel 1, p.30.
20. Sir Rod Eddington, 'The Eddington Transport Study', hoofdrapport: 'Transport's Role in Sustaining the UK's Productivity and Competitiveness', december 2006: http://www. hm-treasury.gov-uk/independent_reviews/eddington_transport_study/eddington_main_report.cfm
21. Britse Regering, Conceptwetgeving m.b.t. klimaatsverandering, maart 2007: http://www.official-documents.gov.uk/document/cm70/7040/7040.pdf

---

* IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change.

22. Mark Maslin e.a., 'UK Greenhouse Gas Emissions: Are We On Target?', University College Londen Enviromental Institute, 5 maart 2007: http://www.ucl.ac.uk/environment-insitute/pdfs/UCLEI-report. pdf
23. Britse Ministerie van Verkeer, 'The Future of Air Transport' (Witboek), voortgangsrapportage, 14 december 2006: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_aviation/documents/pdf/dft_aviation_pdf_613840.pdf
24. Britse Ministerie van Verkeer, 'The Future of Transport' (Witboek), juli 2004.
25. Britse Ministerie van Financiën, 'Pre-budget Report 2006', 6 dec. 2006, hoofdstuk 7: http://www.hm-treasury.gov.uk/media/571/CF/pbr06_chapter7.pdf
26. Britse Ministerie van Verkeer, 'The Future of Air Transport' (Witboek), december 2003, p.150: http://www. dft.gov.uk/stellent/groups/dft_aviation/documents/page/dft_aviation_031516.pdf
27. *Ibid*., p.154.
28. Britse Ministerie van Verkeer, 'Assessing the Impact of Graduated Vehicle Exhaust Excise Duty: Main Findings', 30 juni 2003: http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/research/consumerbehaviour/assessingtheimpactofgraduate3817?page=3
29. Britse Ministerie van Financiën, *Budget 2007*, maart 2007, hfst. 7, p.185.
30. Ruth Kelly, 'Shaping a Low Carbon Future – Our Environmental Vision', 13 december 2006: http://www.communities.gov.uk/index.asp?id1505202
31. Association for the Conservation of Energy, 'A Step Backward for Energy Efficiency', 21 december 2006.
32. Association for the Conservation of Energy, 'Planning Bill Gets Talked Out by Government Minister', persbericht, 21 december 2006: http://www.ukace.org/index.htm#newstag
33. James L. Connaughton & John H. Marburger III, 'Open Letter on the President's Position on Climate Change', Witte Huis, Washington, DC, 7 februari 2007: http://www.state.gov/g/oes/rls/or/80451.htm
34. Amerikaanse Senator Larry Craig, aangehaald door J.R. Pegg, 'us Congress Warming to Climate Debate', *Environment News Service*, 30 januari 2007: http://www.ens-newswire.com/ens/jan2007/2007-01-30-10.asp
35. Amerikaanse Ministerie van Buitenlandse Zaken, *U.S. Climate Change Policy*, 2006: http://www.state.gov/g/oes/climate
36. Bank Sarasin, *Sustainability Report*, 'Biofuels – Transporting Us to a Fossil-free Future', juli 2006, p.14.
37. Volgens de US Energy Information Administration bedroeg het Amerikaanse benzineverbruik in oktober 2006 (de laatste maand waarvoor er gegevens beschikbaar zijn) 287.857.000 vaten. Ervan uitgaand dat dit een gemiddelde maand was, bedraagt het jaarverbruik 3,45 miljard vaten, oftewel 660 miljard liter. http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_cons_psup_dc_nus_mbbl_m.htm. In zijn *State of the Union*-toespraak van 2007 kondigde Bush een langetermijndoelstelling van 160 miljard liter aan.
38. Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties, 'Food Outlook 2', december 2006: http://www.fao.org/docrep/009/j8126e/e01a.htm
39. Amerikaanse Regering, 'U.S. Government Review of the Second Order Draft of wgiii Contribution "Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change"', 14 september 2006. De uitgelekte memo staat te lezen op: http://image.

guardian.co.uk/sys-files/Guardian/documents/2007/01/26/USGReview_pp6_7.pdf

40. IPCC, 2007. Working Group III contribution to the IPCC Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers Table SPM.5: Characteristics of post-TAR stabilization scenarios.
41. http://environment.newscientist.com/channel/earth/dn12775-zero-emissions-needed-to-avert-dangerous-warming.html

Inleiding: Gestrand in goede bedoelingen

1. Christopher Marlowe, 1604. *Doctor Faustus*. Nederlandse vertaling: Bert Bakker / Daamen N.V., 's Gravenhage, 1960, p.61.
2. George Monbiot, 'Climate Change: A Crisis of Collective Denial?', Professor David Hall-lezing, gehouden voor de Environmental Law Foundation in het gebouw van de Law Society op 4 mei 2005. De tekst staat op: http://www.elflaw.org/files/David%20Hall%20Lecture%202005%20transcript.doc
3. Ian McEwan, *Saturday* (Jonathan Cape, Londen, 2005), p.149-50.
4. Colin Forrest, 'The Cutting Edge: Climate Science to April 2005': http://www.climate-crisis.net/downloads/THE_CUTTING_EDGE_CLIMATE_SCIENCE_TO_APRIL_05.pdf
5. US Energy Information Administration, *International Energy Annual 2003*, 2005, tabel H.1cco2 (World Per Capita Carbon Dioxide Emissions from the Consumption and Flaring of Fossil Fuels, 1980-2003): http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/tableh1cco2.xls
6. *Ibid.*
7. Martha Buckley, 'Bling Bling Merrily on High', *BBC News Online*, 23 december 2004: http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/4116563.stm
8. C. McLean, 'The Importance of Being Earnest', *The Guardian*, 28 mei 2005.
9. *Ibid.*
10. Bob Flowerdew, *Organic Bible* (Kyle Cathie Ltd, Londen, 2003), p.17.
11. *Ibid.*, p.178.
12. Bill Dunster Architects, 'Zedupgrade: An Introduction to Refurbishment Systems for Existing Homes', 19 maart 2005: http://www.zedfactory.com/ZEDupgrade_A4_Brochure.pdf
13. Het Windsave 1000-systeem: http://www.windsave.com/WS1000.htm
14. Derek Taylor, 'Potential Outputs from 1-2m Diameter Wind Turbines', *Building for a Future*, winter 2005/6, themanummer windenergie. Deze gegevens zijn uit de grafiek afkomstig en gelden voor een jaargemiddelde windsnelheid van 4 meter per seconde. In het hieraan voorafgaande artikel legt Nick Martin uit dat, in de bebouwde kom, 'zeer weinig installaties boven het equivalent van 4 meter per seconde gemiddelde windsnelheid zullen uitkomen'.
15. Nick Martin, 'Can We Harvest Useful Wind Energy from the Roofs of Our Buildings?', *Building for a Future*, winter 2005/6, thema windenergie, tabel 2.
16. Godfrey Boyle, Bob Everett & Janet Ramage (red.), *Energy Systems and Sustainability* (Oxford University Press, Oxford, 2003), tabel 3.1, p.104.
17. *Ibid.* p.104.

Hoofdstuk 1: Een Faustiaans verbond

1. *Doctor Faustus*, p.77.
2. Aangehaald door Stuart Atkins, 'Survey of the Faust Theme', in: Cyrus Hamlin (red.). *Faust: a Norton Critical Edition* (Norton, New York, 2001), p.573.
3. *Ibid.*
4. *Ibid.*, p.574.
5. *Doctor Faustus*, Proloog, p.25.
6. *Ibid.*, Eerste Bedrijf, Eerste Scène, p.29.
7. *Ibid.*, Eerste Bedrijf, Eerste Scène, p.31.
8. *Ibid.*, Eerste Bedrijf, Derde Scène, p.49.
9. *Ibid.*, Eerste Bedrijf, Vijfde Scène, p.75.
10. Anonymus, 1589? *The History of the Damnable Life and Deserved Death of Doctor John Faustus* (uitgegeven door Thomas Orwin in 1592), hfdst. 2.
11. J.U. Nef, *The Rise of British Coal Industry* (Routledge, Londen, 1932). Aangehaald door Godfrey Boyle, Bob Everett & Janet Ramage (red.), *Energy Systems and Sustainability*, (Oxford University Press, Oxford, 2003), p.160.
12. US Energy Information Administration, 'Country Analysis Brief: the United Kingdom', april 2005: http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/uk.html
13. *Ibid.*
14. Urs Siegenthaler e.a., 'Stable Carbon Cycle-Climate Relationship During the Late Pleistocene', *Science*, vol. 310 (25 november 2005), p.1313-7.
15. Renato Spahni e.a., 'Atmospheric Methane and Nitrous Oxide of the Late Pleistocene from Antarctic Ice Cores', *Science*, vol. 310 (25 nov. 2005), p.1317-21.
16. Siegenthaler e.a., *op. cit.* (noot 14, boven).
17. Het IPCC schrijft: 'het tempo waarmee deze de laatste eeuw stijgt is ongekend en heeft zich sinds minstens 20.000 jaar niet voorgedaan'. IPCC, *Climate Change 2001: Working Group I – The Scientific Basis*. C.1 'Observed Changes in Globally Well-Mixed Greenhouse Gas Concentrations and Radiative Forcing', 2001: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/016.htm
18. Britse Ministerie van Milieu, Voedsel & Plattelandszaken, 'Methane emissions by source: 1970-2003', 23 januari 2006: http://www.defra.gov.uk/environment/statistics/globatmos/kf/gakf08.htm
19. IPCC, *Summary for Policy-makers to Climate Change 2001: Synthesis Report of the IPCC Third Assessment Report* (IPCC , Londen, 2001), p.4.
20. Wereld Meteorologische Organisatie, 'Extreme Weather Events Might Increase', persbericht, 2 juli 2003: http://www.wmo.ch/web/Press/Press695.doc
21. Tim P. Barnet e.a., 'Penetration of Human-Induced Warming into the World's Oceans', *Science*. vol. 309 (8 juli 2005), p.284-7.
22. Tim Barnett, aangehaald in Fred Pearce, 'Climate Evidence Finds us Guilty as Charged', *New Scientist*, 11 juni 2005.
23. Naomi Oreskes, 'The Scientific Consensus on Climate Change', *Science*, vol. 306 (3 december 2004), p.1686. In het oorspronkelijke artikel stond abusievelijk dat er naar de woorden 'climate change' werd gezocht, maar in een latere editie werd dit in 'global climate change' veranderd.
24. *Ibid.*

25. Royal Society e.a., 'The Science of Climate Change', *Science*, vol. 292 (18 mei 2001), p.1261.
26. National Academy of Science, *Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions* (National Academy Press, Washington, DC, 2001): http://fermat.nap.edu/html/climatechange/
27. American Meteorological Society, 'Climate Change Research: Issues for the Atmospheric and Related Sciences' (door AMS Council aangenomen, 9 febr. 2003), *Bulletin of the American Meteorological Society*, april 2003, p.508-15.
28. American Geophysical Union Council, 'AGU Position Statement on Human Impacts on Climate', *Eos*, vol. 84 (december 2003), p.574.
29. American Association for the Advancement of Science, 'AAAS Atlas of Population and Environment: Climate Change', 2000: http://www.ourplanet.com/aaas/pages/atmos02.html
30. Roy W. Spencer & John R. Christy, 'Precision and Radiosonde Validation of Satellite Gridpoint Temperature Anomalies. Part II: a Tropospheric Retrieval and Trends During 1979-90', *Journal of Climate*, vol. 5 (1992), p.858-66.
31. Carl A. Mears & Frank J. Wentz, 'The Effect of Diurnal Correction on Satellite-Derived Lower Tropospheric Temperature', *Science*, vol. 309 (2 september 2005), p.1548-51.
32. B.D. Santer e.a., 'Amplification of Surface Temperature Trends and Variability in the Tropical Atmosphere', *Science*, vol. 309 (2 september 2005), p.1548-51.
33. Steven J. Sherwood, John R. Lanzante & Cathryn L. Meyer, 'Radiosonde Daytime Biases and Late-20th Century Warming', *Science*, vol. 309 (2 september 2005), p.1556-9.
34. Steven J. Sherwood, aangehaald door Zeeya Merali, 'Sceptics Forced into Climate Climb-down', *New Scientist*, 20 augustus 2005.
35. National Snow and Ice Data Centre, 'Sea Ice Decline Intensifies', persbericht, 28 september 2005: http://nsidc.org/news/press/20050928_trendscontinue.html. Het National Snow and Ice Data Center (NSIDC), van de universiteit in Boulder, Colorado meldt op 2 oktober 2007 dat de oppervlakte van het zeeijs op de Noordpool is afgenomen van 5,6 miljoen km² in september 2005 tot 4,3 miljoen km² in september 2007.
36. De instorting van de ijsplaat wordt beschreven door de wetenschappers die er getuigen van waren, in een artikel door John Vidal, 'Antarctica Sends 500 Million Billion Tonne Warning of the Effects of Global Warming', *The Guardian*, 20 maart 2006
37. Andrew Shepherd, Duncan Wingham, Tony Payne & Pedro Skvarca, 'Larsen Ice Shelf Has Progressively Thinned', *Science*, vol. 302 (31 okt. 2003), p.856-8.
38. IPCC, 2001, *op cit.* (noot 19, boven), p.12.
39. Britse Meteorologische Dienst, *International Symposium on the Stabilisation of Greenhouse Gases: Tables of Impacts* (Hadley Centre, Exeter, 2005), tabel 3 (Major Impacts of Climate Change on the Earth System): http://www.stabilisation2005.com/impacts/impacts_earth_system.pdf
40. World Glacier Monitoring Service, *Glacier Mass Balance Data 2004*, 2006: http://www.geo.unizh.ch/wgms/mbb/mb04/sum04.html
41. F. Pearce, 'Climate Warning as Siberia Melts', *New Scientist*, 11 aug. 2005.

42. Erica Goldman, 'Even in the High Arctic, Nothing Is Permanent', *Science*, vol. 297 (30 augustus 2002), p.1493-4.
43. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 39, boven).
44. Wereld Gezondheids Organisatie, *Climate Change*, 2003: http://www.who.int/heli/risks/climate/climatechange/en/index.html
45. IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*, p.13: http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf
46. Daniel A. Stainforth e.a., 'Uncertainty in Predictions of the Climate Response to Rising Levels of Greenhouse Gases', *Nature*, vol. 433 (27 januari 2005), p.403-6.
47. Martin Parry e.a., 'Millions at Risk: Defining Critical Climate Change Threats and Targets', *Global Environmental Change*, vol. 11 (2001), p.181-3.
48. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 39, boven), tabel 2a (Impacts on Human Systems Due to Temperature Rise, Precipitation Change and Increases in Extreme Events): http://www.stabilisation2005.com/impacts/impacts_human.pdf
49. H. Schroder e.a., *Assessment of Renewable Ground and Surface Water Resources and the Impact of Economic Activity on Runoff in the Basin of the Ili River, Republic of Kazakhstan* (Kazakh Academy of Sciences, Almaty, Kazakhstan, 2002); P. Wagnon e.a., 'Energy Balance and Runoff Seasonality of a Bolivian Glacier', *Global and Planetary Change* 22 (1-4) (1999), p. 49-58; beide aangehaald in World Wildlife Fund, 'Going, Going, Gone: Climate Change and Global Glacier Decline', 2003: http://assets.panda.org/downloads/glacierspaper.pdf
50. IPCC, *Climate Change 2001:Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability:* http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/005.htm
51. T. N. Palmer & J. Raisanen, 'Quantifying the Risk of Extreme Seasonal Precipitation Events in a Changing Climate', *Nature*, vol. 415 (31 januari 2002), p.512-4.
52. Günther Fischer, Mahendra Shah, Harrij van Velthuizen & Freddy O. Nachtergaele, *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century* (International Institute for Applied Systems Analysis/Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties. juli 2001): http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/pdf/gaez2002.pdf
53. Julia M. Slingo, Andrew J. Challinor, Brian J. Hoskins & Timothy R. Wheeler, 'Introduction: Food Crops in a Changing Climate', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 360 (29 november 2005), p.1983-9.
54. Shaobing Peng e.a., 'Rice Yields Decline with Higher Night Temperature from Global Warming', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 101 (28 juni 2004), p.9971-5.
55. Günther Fischer e.a., *op. cit.* (noot 52, boven).
56. Stephen P. Long, Elizabeth A. Ainsworth, Andrew D. B. Leakey & Patrick B. Morgan, 'Global Food Insecurity', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 360 (29 november 2005), p.2011-20.
57. *Ibid.*
58. *Ibid.*

59. Martin Parry, Cynthia Rosenzweig & Matthew Livermore, 'Climate Change, Global Food Supply and Risk of Hunger, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 360 (29 november 2005), p.2125-38.
60. Julia M. Slingo e.a., *op. cit.* (noot 53, boven).
61. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 48, boven).
62. Jonathan A. Patz, Diarmid Campbell-Lendrum, Tracey Holloway & Jonathan A. Foley, 'Impact of regional climate change on human health', *Nature*, vol. 438 (17 november 2005), p.310-7.
63. IPCC, *op. cit.* (noot 50, boven).
64. Jonathan A. Patz e.a., *op. cit.* (noot 62, boven).
65. Conference of the International Association of Hydrogeologists, verslag van Fred Pearce, 'Cities may be Abandoned as Salt Water Invades', *New Scientist*, 16 april 2005.
66. *Ibid.*
67. IPCC, *op. cit.* (noot 50, boven).
68. Zo waarschuwde professor Chris Rapley, directeur, British Antarctic Survey, tijdens een presentatie voor de Amerikaanse Association for the Advancement of Science op 18 februari 2006, *West Antarctic Ice Sheet: Waking the Sleeping Giant?:* http://www.eurekalert.org/pub_releases/2006-02/bas-wai021406.php
69. IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Working Group I – The Scientific Basis*, Observed Changes in Climate Variability and Extreme Weather and Climate Events. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/014.htm
70. P.J. Webster, G.J. Holland, J.A. Curry & H.R. Chang, 'Changes in Tropical Cyclone Number, Duration and Intensity in a Warming Environment', *Science*, vol. 309 (16 september 2005), p. 1844-6.
71. Kerry Emanuel, 'Increasing Destructiveness of Tropical Cyclones Over the Past 30 Years', *Nature*. vol. 436 (4 augustus 2005), p. 686-8.
72. P.J. Webster e.a., *op. cit.* (noot 70, boven).
73. Aangehaald door het Select Committee on Economic Affairs van het Britse Hogerhuis, 6 juli 2005, *The Economics of Climate Change*, Volume I: Report (Stationery Office, Londen), p.24.
74. Peter A. Stott, D. A. Stone & M. R. Allen, 'Human Contribution to the European Heatwave of 2003', *Nature*, vol. 432 (2 december 2004), p.610-4.
75. *Ibid.*
76. IPCC, 2001 (noot 50, boven).
77. Chris D. Thomas e.a., 'Extinction Risk from Climate Change', *Nature*, vol. 427 (8 januari 2004), p.145-8.
78. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 39, boven), tabel 1a (Impacts of Level of Temperature Change on Ecosystems): http://www.stabilisation2005.com/impacts/impacts_ecosystems.pdf
79. *Ibid.*
80. Royal Society, 'Ocean Acidification Due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide. Policy Document 12/05 (juni 2005): http://www.scar.org/articles/Ocean_Acidification(1).pdf
81. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 78, boven).

82. Sharon A. Cowling e.a., 'Contrasting Simulated Past and Future Responses of the Amazonian Forest to Atmospheric Change', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 359 (29 maart 2004), p.539-47.
83. *Ibid.*
84. *Ibid.*
85. P.M.Cox, C. Huntingford & C.D. Jones, 'Conditions for Sink-to-Source Transitions and Runaway Feedbacks from the Land Carbon-Cycle', in: H.J. Schellnhuber e.a. (red.), *Avoiding Dangerous Climate Change* (Cambridge University Press, Cambridge, 2006), p.155-61.
86. Chris D. Jones e.a., 'Strong Carbon Cycle Feedbacks in a Climate Model with Interactive CO_2 and Sulphate Aerosols', *Geophysical Research Letters*, vol. 30 (9 mei 2003), p.1479.
87. Geoff Jenkins, 'A Question of Probability: Latest Research Identifies New Factors in Climate Change', *New Economy* (Institute for Public Policy Research, Londen), vol. 10 (maart 2003), p.144-9.
88. A. Angert e.a., 'Drier Summers Cancel Out the CO_2 Uptake Enhancement Induced by Warmer Springs', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 102 (2 augustus 2005), p.10823-7.
89. Pat H. Bellamy e.a., 'Carbon Losses from All soils across England and Wales 1978–2003', *Nature*, vol. 437 (8 september 2005), p.245-8.
90. *Ibid.*
91. Geoff Jenkins, *op. cit.* (noot 87, boven).
92. F. Pearce, 'Climate Warning as Siberia Melts', *New Scientist*, 11 aug. 2005.
93. Select Committee on Economic Affairs van het Britse Hogerhuis, *op. cit.* (noot 73, boven), p.11.
94. Zie bijvoorbeeld Environment Canada, 'The Science of Climate Change': http://www.msc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/understanding/FAQ/sections/2_e.html
95. National Center for Atmospheric Research, 'Most of Arctic's Near-Surface Permafrost May Thaw by 2100' (19 december 2005): http://www.ucar.edu/news/releases/2005/permafrost.shtml
96. Zie bijvoorbeeld Andrew J. Weaver & Claude Hillaire-Marcel, 'Global Warming and the Next Ice Age', *Science*, vol. 304 (16 april 2004), p.400-2.
97. Select Committee on Economic Affairs van het Britse Hogerhuis, *op. cit.* (noot 73, boven), p.26.
98. Detlef Quadfasel, 'The Atlantic Heat Conveyor Slows', *Nature*, vol. 438 (1 december 2005), p.565-6.
99. Harry L. Bryden, Hannah R. Longworth & Stuart A. Cunningham, 'Slowing of the Atlantic Meridional Overturning Circulation at 25° N', *Nature*, vol. 438 (1 december 2005), p.655-7.
100. Detlef Quadfasel, *op. cit.* (noot 98, boven).
101. *Ibid.*
102. IPCC, *op. cit.* (noot 19, boven): http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/english/038.htm
103. Aangehaald door Fred Pearce, 'Heat Will Soar as Haze Fades', *New Scientist*, 7 juni 2003.
104. Daniel Stainforth e.a., *op.* cit. (noot 46, boven).

105. *Ibid.*
106. Michael J. Benton, *When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time* (Thames & Hudson, Londen, 2003).
107. *Ibid.*
108. *Ibid.*
109. Jeffrey T. Kiehl & Christine A. Shields, 'Climate Simulation of the Latest Permian: Implications for Mass Extinction', *Geology*, vol. 33 (september 2005), p.757-60.
110. Michael J. Benton, *op. cit.* (noot 106, boven).
111. Jeffrey T. Kiehl & Christine A. Shields, *op. cit.* (noot 109, boven).
112. *Ibid.*
113. Zie bijvoorbeeld James Lovelock, 'The Earth is About to Catch a Morbid Fever that May Last as Long as 100,000 years', *The Independent*, 16 januari 2006.
114. Bill Hare, 'Relationship Between Increases in Global Mean Temperature and Impacts on Ecosystems, Food Production, Water and Socio-Economic Systems', in: Hans Joachim Schellnhuber (red.), *Avoiding Dangerous Climate Change*, (Cambridge University Press, Cambridge, 2006), p.191-9: http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/internat/pdf/avoid-dangercc.pdf
115. Hartmut Grassl e.a., *Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and Beyond*, wbgu Special Report (WBGU (German Advisory Council on Global Change), Berlijn, 2003), p.11: http://www.wbgu.de/wbgu_sn2003_engl.pdf
116. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 48, boven).
117. *Ibid.*
118. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 78, boven).
119. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 48, boven).
120. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 78, boven).
121. Britse Meteorologische Dienst, *op. cit.* (noot 39, boven).
122. Colin Forrest haalt deze datum uit de gegevens die staan in het artikel van Chris D. Jones e.a. (noot 86, boven). Colin Forrest, 'The Cutting Edge: Climate Science to April 2005': http://www.climate-crisis.net/downloads/THE_CUTTING_EDGE_CLIMATE_SCIENCE_TO_APRIL_05.pdf
123. Bill Hare & Malte Meinshausen, *How Much Warming Are We Committed To And How Much Can Be Avoided?*, PIK rapport 93 (Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, 2004), figuur 7, p.24: http://www.pik-potsdam.de/publications/pik_reports/reports/pr.93/pr93.pdf
124. Colin Forrest, *op. cit.* (noot 122, boven).
125. US Energy Information Administration, *International Energy Annual 2005*, 2007, tabel H.1cco2 (World Per Capita Carbon Dioxide Emissions from the Consumption and Flaring of Fossil Fuels, 1980-2005): http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/tableh1cco2.xls
126. De gegevens (van de US Energy Information Administration, *op. cit.* (noot 125 maar voor 2003, boven)) zijn als volgt:

Land	*CO_2-uitstoot per inwoner (ton)*	*koolstof-uitstoot per inwoner 2003 (CO_2 / 3,667) (ton)*	*benodigde reductie (percentage)*
Frankrijk	6,8	1,9	83
Groot-Brittannië	9,5	2,6	87
Duitsland	10,2	2,8	88
Canada	19,1	5,2	94
Australië	19,1	5,2	94
Verenigde Staten	20,0	5,5	94

127. Bill Hare & Malte Meinshausen, *op. cit.* (noot 123, boven).
128. Paul Baer & Tom Athanasiou, 'Honesty About Dangerous Climate Change', 2005: http://www.ecoequity.org/ceo/ceo_8_2.htm
129. Royal Society, 'A Guide to Facts and Fictions about Climate Change', 2005: http://www.royalsoc.ac.uk/downloaddoc.asp?id=1630
130. Johann Wolfgang von Goethe, *Faust* (1770-1830). Nederlandse vertaling: Wereldbibliotheek N.V., Amsterdam/Antwerpen, 1959, Deel I, Studeervertrek, regel 1692.
131. *Ibid.*, Deel I, Studeervertrek, regels 1765-8.
132. *Ibid.*, Deel II, Vijfde Bedrijf, regel 11563.

Hoofdstuk 2: De ontkenningsindustrie

1. *Faust,* regels 11693-6
2. Dr Andrew Dlugolecki, oud-directeur algemene verzekeringsontwikkeling bij CGNU, presentatie op conferentie 'Decarbonising the UK', 21 september 2005, Church House, Westminster, Londen.
3. IPCC, *Climate Change 2001: Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability*, tabel 11-9: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/446.htm
4. Alan Dupont & Graeme Pearman, 'Heating up the Planet: Climate Change and Security' (Paper 12, Lowy Institute, 13 juni 2006), p. 45-6: http://www.lowyinstitute.org/Publication.asp?pid=391
5. Anonymus, 'Washed Away', *New Scientist*, 25 juni 2005.
6. James Verdin, Chris Funk, Gabriel Senay & Richard Choularton, 'Climate Science and Famine Early Warning', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 360 (29 november 2005), p.2155-68.
7. *Ibid.*
8. Zie ook Günther Fischer, Mahendra Shah, Harrij van Velthuizen & Freddy O. Nachtergaele, 'Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century', International Institute for Applied Systems Analysis/Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties, juli 2001: http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/pdf/gaez2002.pdf
9. US Energy Information Administration, *International Energy Annual 2003*, 2005, table H.1cco2 (World Per Capita Carbon Dioxide Emissions from the Consumption and Flaring of Fossil Fuels, 1980-2003): http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/tableh1cco2.xls

10. *The Economist Pocket World in Figures 2005* (Profile Books Ltd, Londen, 2005), p.28.
11. Tony Blair, toespraak over klimaatverandering, 14 september 2004: http://www.number10.gov.uk/output/Page6333.asp
12. Peter Hitchens, 'Global Warming? It's Hot Air and Hypocrisy', *Mail on Sunday*, 29 juli 2001.
13. Melanie Phillips, 'Does This Prove that Global Warming's All Hot Air?', *Daily Mail*,13 januari 2006.
14. Peter Hitchens, *op. cit.* (noot 12, boven).
15. Melanie Phillips, tijdens uitzending van *The Moral Maze*, BBC Radio 4, 17 februari 2005.
16. David Bellamy, 'Global Warming? What a Load of Poppycock!', *Daily Mail*, 9 juli 2004.
17. David Bellamy, ingezonden brief, *New Scientist*, 16 april 2005.
18. Gesprek met Dr Frank Paul, World Glacier Monitoring Service, 5 mei 2005.
19. Hij haalde daarbij aan: Frank Paul e.a., 'Rapid Disintegration of Alpine Glaciers Observed with Satellite Data', *Geophysical Research Letters*, vol. 31 (12 november 2004), L21402; en WGMS, 'Fluctuations of Glaciers 1990-1995 Vol. VII', 1998: http://www.wgms.ch/fog/fog7.pdf. Een meer volledige lijst van recente publicaties over gletsjerbewegingen en -massabalans is te vinden op http://www.wgms.ch/literature.html
20. E-mail van David Bellamy, 5 mei 2005.
21. http://www.iceagenow.com/Growing_Glaciers.htm
22. Roger Boyes, 'Blame the Jews', *The Times*, 7 november 2003.
23. David Bamford, 'Turkish Officials Carpeted', *The* Guardian, 30 juli 1987.
24. Michael White, 'Will the Democrats Wear this Whig?', *The Guardian*, 3 mei 1986.
25. Francis Wheen, 'Branded: Lord Rees-Mogg, International Terrorist', *The Guardian*, 21 augustus 1996.
26. Uit Chip Berlet & Matthew N. Lyons, *Right-Wing Populism in America: Too Close for Comfort* (Guilford Press, New York, 2000); heruitgave: http://www.publiceye.org/larouche/synthesis.html
27. Dit thema heeft de voortdurende aandacht van *21st Century Science and Technology*.
28. Terry Kirby, 'The Cult and the Candidate', *The Independent*, 21 juli 2004.
29. Chip Bertlet, 20 december 1990: http://www.skepticfiles.org/socialis/woo_left.htm
30. http://www.cei.org/gencon/014,02867.cfm, bezocht op 23 mei 2006.
31. http://www.nationalcenter.org/NPA218.html, bezocht op 23 mei 2006.
32. http://www.junkscience.com/nov98/moore.htm, bezocht op 23 mei 2006.
33. John K. Carlisle (mededirecteur, National Center for Public Policy Research), ingezonden brief, *The Washington Post*, 17 november 1998.
34. http://www.sepp.org/controv/glaciers.html, bezocht op 7 mei 2005.
35. George Monbiot, 'Junk Science', *The Guardian*, 10 mei 2005.
36. E-mail van Ron Partridge aan S. Fred Singer, 11 mei 2005.
37. E-mail van S. Fred Singer aan Ron Partridge, 11 mei 2005.
38. Tweede e-mail van Ron Partridge aan S. Fred Singer, 11 mei 2005.

39. Latere e-mail van S. Fred Singer, door Ron Partridge aan mij doorgestuurd, 28 mei 2005.
40. http://www.sepp.org/pressrel/goreglac.html, bezocht op 23 mei 2006.
41. David Teather, 'Washington Focuses on Oil Profits', *The Guardian*, 7 nov. 2005.
42. Frank Luntz, 'The Environment: A Cleaner, Safer, Healthier America', 2002. De uitgelekte memo staat hier te lezen: http://www.ewg.org/briefings/luntz-memo/pdf/LuntzResearch_environment.pdf
43. www.exxonsecrets.org.
44. Aangehaald door Zeeya Merali, 'Sceptics Forced into Climate Climbdown', *New Scientist*, 20 augustus 2005.
45. De petitie staat hier te lezen: http://www.oism.org/pproject/s33p37.htm
46. Brief van Frederick Seitz, 'Research Review of Global Warming Evidence', 1998: http://www.oism.org/pproject/s33p41.htm
47. PRWatch, 'Case Study: The Oregon Petition', ongedateerd: http://www.prwatch.org/improp/oism.html
48. http://www.exxonsecrets.org/html/orgfactsheet.php?id=36
49. PRWatch, *op. cit.* (noot 47, boven).
50. Arthur B. Robinson, Sallie L. Baliunas, Willie Soon & Zachary W. Robinson, 'Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide', Oregon Institute of Science and Medicine en George C. Marshall Institute, 1998: http://www.oism.org/pproject/s33p36.htm
51. Zie ingangen voor Sallie Baliunas en Willie Soon op: www.exxonsecrets.org
52. John H. Cushman Jr, 'Industrial Group Plans to Battle Climate Treaty', *New York Times*, 26 april 1998.
53. Arthur B. Robinson e.a., *op. cit.* (noot 50, boven).
54. National Academy of Sciences, 'Statement by the Council of the National Academy of Sciences Regarding Global Change Petition', 20 april 1998: http://www4.nationalacademies.org/news.nsf/isbn/s04201998?OpenDocument
55. Amerikaanse Bureau voor Milieubescherming, *Respiratory Health Effects Of Passive Smoking: Lung Cancer And Other Disorders*, EPA/600/6-90/006F (EPA, Washington, DC, december 1992), p.21.
56. Ellen Merlo, memo aan William I. Campbell, 17 februari 1993, Bates-nr. 2021183916-2021183925, p. 1: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=qdf02a00&fmt=pdf&ref=results
57. *Ibid.*, p.5.
58. *Ibid.*, p.5-6.
59. *Ibid.*, p.6.
60. *Ibid.*, p.7.
61. *Ibid.*, p.9.
62. Ted Lattanzio, aantekening voor Tina Walls, 20 mei 1993, Bates-nr. 2021178204: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=huj46e00&fmt=pdf&ref=results
63. Margery Kraus, brief aan Vic Han, Director of Communications, Philip Morris USA, 23 september 1993, Bates-nr. 2024233698-2024233702, p.2: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=dqa35e00&fmt=pdf&ref=results
64. Tom Hockaday & Neal Cohen, memo aan Matt Winokur, Director of Regulatory Affairs, Philip Morris, 'Thoughts on TASSC Europe', 25 maart 1994,

Bates-nr. 2024233595-2024233602, p.2-3: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=pqa35e00&fmt=pdf&ref=results

65. Margery Kraus, *op. cit.* (noot 63, boven).
66. APCO Associates, 'Proposed Plan for the Public Launching of TASSC', 30 september 1993, Bates-nr. 2024233709-2024233717: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=eqa35e00&fmt=pdf&ref=results
67. APCO Associates, 'Revised Plan for the Public Launching of TASSC', 15 oktober 1993, Bates-nr. 2045930493-2045930502: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=aly03e00&fmt=pdf&ref=results
68. APCO Associates *op. cit.* (noot 66, boven).
69. *Ibid.*
70. Voor de respectievelijke auteurs van deze antwoorden, zie: Jack Leonzi, memo voor Ellen Merlo, 15 november 1993, Bates-nr. 2024233664: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=jqa35e00&fmt=pdf&ref=results
71. 'Draft Q and A for PM USA and TASSC', ongedateerd, Bates-nr. 2065556600: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=ynk73c00&fmt=pdf&ref=results
72. *Ibid.*
73. Zie: David Michaels, 'Scientific Evidence and Public Policy', *American Journal of Public Health* (Supplement on Scientific Evidence and Public Policy), vol. 95 (2005), p.S5-S7.
74. Anonymus, 'Smoking and Health Proposal' (Brown & Williamson), ongedateerd, Bates-nr. 690010951-690010959, p.4: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=rgy93f00&fmt=pdf&ref=results
75. http://www.exxonsecrets.org/html/orgfactsheet.php?id=6
76. Steven J. Milloy, 'Annual report to TASSC board members', 7 januari 1998, Bates-nr. 2065254885-2065254890, p.3: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=any77d00&fmt=pdf&ref=results
77. http://www.junkscience.com/nov98/moore.htm, bezocht op 23 mei 2006.
78. http://www.junkscience.com/define.htm, bezocht op 24 mei 2006.
79. Amerikaans Senaat, US Lobby Registration Reporting Disclosure Page: Steve Milloy. http://sopr.senate.gov/cgi-win/m_opr_viewer.exe?DoFn=3&LOB=MILLOY,%20STEVE&LOBQUAL==
80. Americans for Nonsmokers Rights, 'The 'Junkman' Exposed', februari 2006: http://www.no-smoke.org/pdf/stevenmilloy.pdf
81. Tom Borelli, Philip Morris Management Corporation, 11th April 1996. Junk Science. Bates-nr. 2505642662. http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=zna25c00&fmt=pdf&ref=results
82. Steven J. Milloy, *op. cit.* (noot 76, boven), p.1.
83. Steven J. Milloy, *op. cit.* (noot 76, boven), p.3.
84. Philip Morris, 'Public Policy Recommendations for 1997 with Paid Status', 25 februari 1998, Bates-nr. 2063351196-2063351220, p.4: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=fah53a00&fmt=pdf&ref=results
85. Philip Morris, 'Issues Management', 2001, Bates-nr. 2082656417-2082656505, p.13: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=kwk84a00&fmt=pdf&ref=results
86. Paul D. Thacker, 'Pundit for Hire', *The New Republic*, 26 januari 2006.

87. Steven J Milloy, 'Omitted Epidemiology', *British Medical Journal*, vol. 317 (2 oktober 1998): http://bmj.bmjjournals.com/cgi/eletters/317/7163/903/a
88. Belastingaangiften over 2004, aangehaald door *Environmental Science and Technology*, 'The Junkman Climbs to the Top', 11 mei 2005: http://pubs.acs.org/subscribe/journals/esthag-w/2005/may/business/pt_junkscience.html
89. http://www.exxonsecrets.org/html/personfactsheet.php?id=881
90. *Ibid.*
91. Paul D. Thacker, *op. cit.* (noot 86, boven).
92. Philip Morris, *op. cit.* (noot 84, boven), p.3-4.
93. Steven Milloy, 'Secondhand Smokescreen', 4 april 2001: http://www.foxnews.com/story/0,2933,1897,00.html
94. Steven Milloy, 'Second-Hand Smokescreens', 4 juni 2001: http://www.foxnews.com/story/0,2933,26109,00.htm
95. Steven Milloy, 'Kyoto's Quiet Anniversary', 16 februari 2006: http://www.foxnews.com/story/0,2933,185171,00.html
96. Steven Milloy, 'Hot Air Hysteria', 16 maart 2006: http://www.foxnews.com/story/0,2933,188176,00.html
97. Steven Milloy, 'The Greenhouse Myth', 20 april 2006: http://www.foxnews.com/story/0,2933,192544,00.html
98. Paul D. Thacker, *op. cit.* (noot 86, boven).
99. Zie bijvoorbeeld http://www.foxnews.com/story/0,2933,196118,00.html, bezocht op 24 mei 2006.
100. Steven J. Milloy, *op. cit.* (noot 76, boven).
101. Colin Stokes, Bestuursvoorzitter, RJ Reynolds, 'RJR's Support of Biomedical Research', november 1979, Bates-nr. 504480506-504480517, p.7: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=uyr65d00&fmt=pdf&ref=results
102. John L. Bacon, Director of Corporate Contributions, RJ Reynolds, interne memo aan Edward A. Horrigan, Jr, Bestuursvoorzitter en CEO, RJ Reynolds ('Consultancy Agreements – Dr's Seitz and McCarty'), 15 juli 1986, Bates-nr. 508455416: http://tobaccodocuments.org/rjr/508455415-5416.html?pattern=508455416#images
103. Edward A. Horrigan, Jr, Bestuursvoorzitter en CEO, RJ Reynolds, brief aan Frederick Seitz, 15 juli 1986, Bates-nr. 508263286: http://tobaccodocuments.org/rjr/508263286-3286.html
104. RJ Reynolds, 'Procedures for Managing and Progress Monitoring of RJ Reynolds Industries Support of Biomedical Research', ongedateerd, Bates-nr. 502130487: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=cva29d00&fmt=pdf&ref=results
105. John L. Bacon, notulen vergadering RJ Reynolds Medical Research, 13 september 1979, Bates-nr. 504480459-504480464: http://tobaccodocuments.org/rjr/504480459-0464.pdf
106. Colin Stokes, *op. cit.* (noot 101, boven).
107. Philip Morris, zonder titel, aantekeningen voor een presentatie, 1992, Bates-nr. 2024102283-2024102287, p.5: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=pfa35e00&fmt=pdf&ref=results
108. Deze memo, alsmede enkele andere details over de betrokkenheid van Seitz bij de tabaksindustrie, zijn aan het licht gebracht door Norbert Hirschhorn en Stella Aguinaga Bialous, 'Second-hand Smoke and Risk Assessment: What

Was In It for the Tobacco Industry?', *Tobacco Control*, vol. 10 (2001), p.375-82: http://tc.bmjjournals.com/cgi/content/full/10/4/375

109. Tom Hockaday, memo ('Opinion Editorials on Indoor Air Quality and Junk Science') aan Ellen Merlo e.a., 8 maart 1993, Bates-nr. 2021178205: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=iuj46e00&fmt=pdf&ref=results
110. S. F. Singer, 'Junk Science at the EPA', 1993, Bates-nr. 2021178206-2021178208, p.2: http://legacy.library.ucsf.edu/cgi/getdoc?tid=cuj46e00&fmt=pdf&ref=results
111. Tom Hockaday & Neal Cohen, *op. cit.* (noot 64, boven), p. 5.
112. Philip Morris, *op. cit.* (noot 84, boven).
113. *Ibid.*
114. http://news.bbc.co.uk/nol/shared/bsp/hi/live_events/forums/ 04/10911839999/html/f_info.stm
115. *Today Programme*, 19 mei 2005, BBC Radio 4: http://www.bbc.co.uk/radio4/today/l...al_20050519.ram
116. http://www.junkscience.com/Junkman.html
117. Senator J. M. Inhofe (R-Okla), 'The Science of Climate Change' (Senate Floor Statement), 28 juli 2003: http://inhofe.senate.gov/pressreleases/climate.htm
118. *Ibid.*
119. http://www.exxonsecrets.org/html/orgfactsheet.php?id=2
120. Philip Morris, *op. cit.* (noot 84, boven), p.3.
121. Brief van Myron Ebell aan Phil Cooney, gepubliceerd in 'White House Effect', *Harper's*, mei 2004.
122. Andrew C. Revkin, 'Bush Aide Softened Greenhouse Gas Links to Global Warming', *New York Times*, 8 juni 2005
123. *Ibid.*
124. Jamie Wilson, 'Bush's Climate Row Aide Joins Oil Giant', *The Guardian*, 16 juni 2005.
125. A.G (Randy) Randol III, Senior Environmental Adviser, ExxonMobil, memo ('Bush Team for IPCC Negotiations') aan John Howard, 6 februari 2001. Gefaxt van tel. nr. (202) 8620268.
126. *Ibid,* p.2.
127. *Ibid,* p.5.
128. *Oxford English Dictionary*.
129. Sir David King, Greenpeace Business-lezing, 13 oktober 2004: http://www.greenpeace.org.uk/contentlookup.cfm?CFID=1322590&CFTOKEN=77800261&ucidparam=20041013100519
130. David King, voordracht op conferentie 'Decarbonising the UK', 21 september 2005, Church House, Westminster. Londen.
131. Simon Retallack, 'Setting a Long Term Climate Objective: A paper for the International Taskforce on Climate Change' (Institute for Public Policy Research, okt. 2004): http://www.ippr.org.uk/ecomm/files/climate_objective.pdf

Hoofdstuk 3: De verdeling van de vrijheid

1. *Doctor Faustus*, p.91.
2. Richard Layard, *Waarom zijn we niet gelukkig?*, Uitgeverij Atlas, Amsterdam/Antwerpen, 2005.

3. George Orwell, *The Lion and the Unicorn*, (1940) in: *Essays* (Penguin, Londen, 2000), p.170.
4. Aubrey Meyer, *Contraction and Convergence: The Global Solution to Climate Change*, Schumacher Briefing nr. 5 (Green Books, Totnes, Devon, 2000).
5. Zie: David Fleming, 'Energy and the Common Purpose: Descending the Energy Staircase with Tradeable Energy Quotas (TEQS)', ongedateerd: http://www.teqs.net/book/teqs.pdf
6. Tina Fawcett, presentatie ('Personal Carbon Allowances and Industrial & Commercial Sector Capping') op workshop 'Taxing and Trading' van UK Energy Research Centre, 3 november 2005.
7. Richard Starkey & Kevin Anderson, *Domestic Tradable Quotas: A Policy Instrument for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Energy Use*, Tyndall Centre Technical Report nr. 39, december 2005.
8. Zie: Kevin Smith e.a., *Hoodwinked in the Hothouse: The G8, Climate Change and Free Market Environmentalism*, Transnational Institute Briefing Series, 30 juni 2005: http://www.tni.org/reports/ctw/hothouse.pdf
9. Roger Harrabin, '£1bn Windfall from Carbon Trading', *BBC News Online*, 1 mei 2006: http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4961320.stm
10. Ekins, P. & S. Dresner, *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households* (Joseph Rowntree Foundation, York, 2004), aangehaald in: *Decarbonising the UK – Energy for a Climate Conscious Future* (Tyndall Centre for Climate Change Research, 2005), p.60: http://www.tyndall.ac.uk/media/news/tyndall_decarbonising_the_uk.pdf
11. Roger Levett, 'Carbon Rationing Versus Energy Taxes: A False Opposition?', 25 oktober 2005: http://www.ukerc.ac.uk/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,325/
12. Bjørn Lomborg, *The Skeptical Environmentalist* (Cambridge University Press, Cambridge, 2001), p.310. Zie ook: Bjørn Lomborg, *Cool it: The Skeptical Environmentalist's Guide to Global Warming*, (Knopf, New York, 2007).
13. *Ibid*, p.312.
14. Richard D. Knabb, Jamie R. Rhome & Daniel P. Brown, 'Tropical Cyclone Report: Hurricane Katrina', National Hurricane Center, 20 december 2005: http://www.nhc.noaa.gov/pdf/TCR-AL122005_Katrina.pdf
15. David Pearce e.a., 'The Social Costs of Climate Change: Greenhouse Damage and the Benefits of Control', in: IPCC, *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change* (Cambridge University Press, Cambridge, 1996), p.183-224.
16. Britse Ministeries van Financiën en van Milieu, Voedsel en Plattelandszaken, 'Estimating the Social Cost of Carbon Emissions', 2002: http://www.hm-treasury.gov.uk/media/209/60/scc.pdf
17. Performance and Innovation Unit, *The Energy Review*, bijlage 6, tabel 1, februari 2002: http://www.number-10.gov.uk/su/energy/20.html
18. Commissie van de Europese Gemeenschappen, 'Winning the Battle against Global Climate Change', achtergrondrapport, 9 februari 2005, p.25: http://europa.eu.int/comm/press_room/presspacks/climate/staff_work_paper_sec_2005_180_3.pdf

19. Ch. Azar & St. Schneider, 'Are the Economic Costs of Stabilizing the Atmosphere Prohibitive?', *Ecological Economics*, vol. 42 (2002), p.73-80. Zie p.76.
20. *Ibid,* p.77.
21. Centrica, aangehaald door BBC *News Online*, 6 februari 2006, 'Gas prices "set to rise further"': http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/4684108.stm
22. Christopher Adams, 'Industry Feels Heat of Gas Price Surge', *Financial Times*, 17 februari 2006.
23. Zie bijvoorbeeld 'Copenhagen Consensus, 2005. The Results': http://www.copenhagenconsensus.com/Files/Filer/CC/Press/UK/copenhagen_consensus_result_FINAL.pdf
24. Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling, 'Aid from DAC Members, Donor Aid Charts', Verenigde Staten (voor 2004), 2006: http://www.oecd.org/dataoecd/42/30/1860571.gif
25. Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling, 'Aid from DAC Members, Donor Aid Charts': Groot-Brittannië (voor 2004, 2006): http://www.oecd.org/dataoecd/42/53/1860562.gif
26. Gegevens van Britse Ministerie van Verkeer, december 2005, door Road Block bijeengebracht: http://www.roadblock.org.uk/press_releases/info/TPI%20and%20local%20schemes%20Dec05.xls
27. Lord McKenzie van Luton, antwoord op kamervraag HL 1508 in het Britse Hogerhuis, 10 okt. 2005: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200405/ldhansrd/pdvn/lds05/text/51010w04.htm
28. N. Myers & J. Kent, *Perverse Subsidies: How Tax Dollars can Undercut the Environment and the Economy* (Island Press, Washington, DC, 2001), p.14.
29. *Ibid.,* p.13.
30. http://energycommerce.house.gov/108/energy_pdfs_2.htm
31. Rep. Henry Waxman, brief aan Congreslid J. Dennis Hastert, 27 juli 2005: http://www.democrats.reform.house.gov/Documents/20050727165629-26334.pdf
32. *Ibid.*
33. Europees Milieu Agentschap, *Energy subsidies in the European Union: A brief overview* (EEA, Kopenhagen, 2004), p.14: http://reports.eea.eu.int/technical_report_2004_1/en/Energy_FINAL_web.pdf
34. *Ibid.*, p.9.
35. *Ibid.,* p.14.
36. Linda Bilmes & Joseph E. Stiglitz, 'The Economic Costs of the Iraq War: An Appraisal Three Years after the Beginning of the Conflict', Working Paper nr. RWP06-002, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, 11 januari 2006: http://ksgnotes1.harvard.edu/research/wpaper.nsf/rwp/RWP06-002/$File/rwp_06_002_Bilmes_SSRN.pdf
37. Zie bijvoorbeeld Energy Technology Support Unit, *New and Renewable Energy: Prospects in the UK for the 21st Century – Supporting Analysis* (ETSU, Harwell, 1999), p.227-8.
38. Zie bijvoorbeeld http://www.peakoil.net; http://www.oilcrisis.com; Matthew Simmons, *Twilight in the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy* (Wiley, New York, 2005).

39. Zie bijvoorbeeld John H. Wood, Gary R. Long & David F. Morehouse, 'Long-Term World Oil Supply Scenarios: The Future Is Neither as Bleak or Rosy as Some Assert', US Energy Information Administration, 18 augustus 2004: http://www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/petroleum/feature_articles/2004/worldoilsupply/oilsupply04.html
40. R. L. Hirsch, R. Bezdek & R. Wendling, 'Peaking Of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management', Amerikaanse Ministerie van Energie, februari 2005: http://www.hubbertpeak.com/us/NETL/OilPeaking.pdf
41. *Ibid.*, p.4.
42. *Ibid.,* p.59.
43. Internationaal Energie Agentschap, 'Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy', mei 2004, p.2: http://www.iea.org/textbase/papers/2004/high_oil_prices.pdf
44. *Ibid.*
45. *Doctor Faustus*, Tweede Bedrijf, Zevende Scène, p.179.

Hoofdstuk 4: Onze tochtige woningen

1. *Faust,* regels 11604-5.
2. J. Daniel Khazzoom, 'Economic Implications of Mandated Efficiency Standards for Household Appliances', *Energy Journal*, vol. 1 (1980), p.21-39.
3. Stanley Jevons, *The Coal Question – Can Britain Survive?* (1865), aangehaald in Horace Herring, 'Does Energy Efficiency Save Energy: The Implications of accepting the Khazzoom-Brookes Postulate', april 1998: http://technology.open.ac.uk/eeru/staff/horace/kbpotl.htm
4. J. Ausubel & H.D. Langford (red.), *Technological Trajectories and the Human Environment* (US National Academy of Engineering, 1997), aangehaald in *Decarbonising the UK – Energy for a Climate Conscious Future* (The Tyndall Centre for Climate Change research, 2005), p.70.
5. Paul Hawken, Amory B. Lovins & L. Hunter Lovins, *Natural Capitalism: The Next Industrial Revolution* (Earthscan, Londen, 1999), p.62.
6. Katharina Kröger, Malcolm Fergusson & Ian Skinner, 'Critical Issues in Decarbonising Transport: The Role of Technologies', Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper nr. 36, oktober 2003, p.5: http://tyndall.e-collaboration.co.uk/publications/working_papers/wp36.pdf
7. Roger Levett, 'Quality of Life Eco-Efficiency', *Energy and Environment*, vol. 15 (2004), p.1015-26.
8. Zie: Horace Herring, 'Does Energy Efficiency Save Energy: The Implications of Accepting the Khazzoom-Brookes Postulate', april 1998: http://technology.open.ac.uk/eeru/staff/horace/kbpotl.htm
9. *Ibid.*
10. P. Hawken, A. B. Lovins & L. H. Lovins, *op. cit.* (noot 5, boven), p.13.
11. *Ibid.*, p.126.
12. *Ibid.*
13. Australische Ministerie van Buitenlandse Zaken en Handel, 'Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate', januari 2006: http://www.dfat.gov.au/environment/climate/ap6/

14. De meest recente voorschriften voor bestaande woningen zijn door het bureau van de vice-premier op 6 april 2006 gepubliceerd: The Building Regulations 2000, Part L1B: http://www.odpm.gov.uk/pub/338/ApprovedDocument L1BConservationoffuelandpower Existingdwellings2006edition_id1164338.pdf
15. Select Committee on Science and Technology (van het Britse Hogerhuis, 'Energy Efficiency', 5 juli 2005, § 7.15: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200506/ldselect/ldsctech/21/2102.htm*
16. Medewerker van Britse Ministerie van Handel en Industrie tijdens presentatie op conferentie 'Resource '05', Building Research Establishment, Watford, 15 september 2005.
17. Yvette Cooper, aangehaald door Paul Brown, 'Energy-saving targets scrapped', *The Guardian*, 18 juli 2005
18. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'Energy Consumption in the United Kingdom', 2003, p.23: http://www.dti.gov.uk/files/file11250.pdf
19. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'UK Energy Sector Indicators 2004', 2004, p.97: http://www.dti.gov.uk/energy/inform/energy_indicators/ind11_2004.pdf
20. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 18, boven).
21. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 19, boven).
22. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'Energy: Its Impact on the Environment and Society', hfst. 3, p.9, 2005: http://www.dti.gov.uk/files/file20263.pdf
23. Brenda Boardman e.a., *40% House* (Environmental Change Institute, University of Oxford, 2005), p.39.
24. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 7.14.
25. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 22, boven), p.9.
26. Paul Brown, *op. cit.* (noot 17, boven).
27. Andrew Warren, aangehaald in: Anonymus, 'Changes to Building Regulations "substantially, deliberately weakened"', *Energy World*, nov./dec. 2005.
28. *Ibid.*
29. David Olivier, 'Setting New Standards', *Building for a Future*, zomer 2001.
30. Select Comittee Sc. and Tech. *op. cit.* (noot 15, boven).
31. David Strong, Building Research Establishment, getuigenis voor Select Committee on Science and Technology van het Britse Hogerhuis, 9 februari 2005, vraag 534: http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/ld200506/ldselect/ldsctech/21/5020903.htm
32. Andrew Warren, 'Time to Put a Stop to the Disdain for Regulations', *Energy in Buildings and Industry*, maart 2006: http://www.ukace.org/pubs/articles/eibi2006-03.pdf
33. P. Grigg, 'Assessment of Energy Efficiency Impact of Building Regulations Compliance', rapport van Building Research Establishment voor Energy Savings Trust en Energy Efficiency Partnership for Homes, 10 november 2004:

---

* Select Committee Sc. and Tech. = Select Committee on Science and Technology

http://www.est.org.uk/uploads/documents/partnership/Houses_airtightness_report_Oct_04.pdf
34. David Strong, presentatie op conferentie 'Resource '05', Building Research Establishment, Watford, 15 september 2005.
35. David Strong, *op. cit.* (noot 31, boven).
36. *Ibid.*
37. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 6.25.
38. Environmental Audit Committee van het Britse Lagerhuis, 'First Report', 19 januari 2005, § 117: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200405/cmselect/cmenvaud/135/13502.htm
39. A. Warren, Association for the Conservation of Energy, pers. mededeling.
40. Mick Hamer, 'How Green is Your House?', *New Scientist*, 5 nov. 2005.
41. David Strong, *op. cit.* (noot 31, boven), vraag 528.
42. Passiv Haus Institut, 'What is a Passive House?', ongedateerd: http://www.passiv.de/
43. Jürgen Schnieders, 'CEPHEUS – Measurement Results from More Than 100 Dwelling Units in Passive Houses', mei 2003: http://www.passiv.de/07_eng/news/CEPHEUS_ECEEE.pdf
44. *Ibid.*
45. *Ibid.*
46. Patrick Bellew, Atelier 10, 13 oktober 2005, pers. mededeling.
47. Peter Cox, 'Passivhaus', *Building for a Future*, winter 2005/6.
48. Passiv Haus Institut, *op. cit.* (noot 42, boven).
49. Jürgen Schnieders, *op. cit.* (noot 43, boven).
50. Peter Cox, *op. cit.* (noot 47, boven).
51. David Olivier, *op. cit.* (noot 29, boven).
52. H.F. Kaan & B.J. de Boer, 'Passive Houses: Achievable Concepts For Low CO_2 Housing', presentatie op ISES-conferentie 2005, Orlando, USA: http://www.ecn.nl/docs/library/report/2006/rx06019.pdf
53. Jennie Organ, 'Beddington Zero Energy Development (BedZED)', Sustainable Development Commission, ongedateerd: http://www.sd-commission.org.uk/communitiessummit/show_case_study.php/00035.html
54. Bedzed, ongedateerd. BedZED, ongedateerd, verkoopbrochure: http://www.bedzed.org.uk/BedZed_Brochure.pdf
55. Royal Com. on Env. Pollution, *Energy – The Changing Climate*, juni 2000, hoofdstuk 6, tekstkader 6c: http://www.rcep.org.uk/newenergy.htm *
56. Environmental Audit Committee, *op. cit.* (noot 38, boven).
57. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 7.28.
58. Brenda Boardman e.a., *op. cit.*(noot 23, boven), p.88.
59. *Ibid*, p.39.
60. *Ibid*, p.43.
61. Hiroshi Matsumoto, 'System Dynamics Model for Life Cycle Assessment (LCA) of Residential Buildings', 1999: http://www.ibpsa.org/%5Cproceedings%5CBS1999%5CBS99_PB-07.pdf

---

* Royal Com. on Env. Pollution = Royal Commission on Environmental Pollution.

62. XCO2 Conisbee Ltd, 'Insulation for Sustainability – A Guide': http://www.insulation.kingspan.com/newdiv/pdf/IfS%20Summary.pdf
63. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 7.2.
64. *Ibid.*
65. Eoin Lees, 'Using Stamp Duty to bring about a Step Change in Household Energy Efficiency', rapport voor CIGA/NIA en Association for the Conservation of Energy, 8 januari 2005: http://www.ukace.org/pubs/ reportfo/ 2005 %20Using%20Stamp%20Duty%20to%20bring%20about%20a%20Step %20Change%20in%20Household%20Energy%20Efficiency.pdf
66. Britse Ministerie van Milieu, Voedsel en Plattelandszaken, 'Sustainable energy: Energy Efficiency Commitment', 18 april 2006: http://www.defra.gov.uk/environment/energy/eec/
67. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 22, boven), p.11.
68. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 3.10.
69. Britse Ministerie van Financiën, *Budget 2006*, hoofdstuk 7, § 7.51: http://www.hm-treasury.gov.uk/media/20F/1D/bud06_ch7_161.pdf
70. Brenda Boardman e.a., *op. cit.* (noot 23, boven), p.48.
71. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 22, boven), p.11.
72. Brenda Boardman e.a., *op. cit.* (noot 23, boven), p.48.
73. Elliot Morley, antwoord op kamervraag 4451 in het Britse Lagerhuis, 16 juni 2005: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200506/cmhansrd/cm050616/text/50616w12.htm#column_56474. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 9.26.
75. Brenda Boardman, 'Achieving Energy Efficiency through Product Policy: The UK Experience', *Environmental Science and Policy*, vol. 7 (2004), p.165-76.
76. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 22, boven), p.7.
77. Brenda Boardman e.a., *op. cit.* (noot 23, boven), p.49.
78. *Ibid.*
79. Brenda Boardman, *op. cit.* (noot 75, boven),
80. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 9.4.
81. Friends of the Earth, 'Energy Saving Labels May Be Banned', persbericht, 20 oktober 2005: http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/energy_saving_labels_may_b_20102005.html 82. P. Schiellerup, 'An Examination of the Effectiveness of the EU Minimum Standard on Cold Appliances: The British Case', *Energy Policy*, vol. 30 (2002), p.327–32.
83. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 9.7.
84. G. Wood & M. Newborough, 'Dynamic Energy-consumption Indicators for Domestic Appliances: Environment, Behaviour and Design', *Energy and Buildings*, vol. 35 (2003), p.821–41.
85. L. McClelland & S. Cook, 'Energy Conservation Effects of Continuous In-home Feedback in All-electric Homes', *Journal of Environmental Systems*, vol. 9 (1980), p.169–73; J.K. Dobson & J.D. Griffin, 'Conservation Effect of Immediate Electricity Cost Feedback on Residential Consumption Behaviour', in: *Proceedings of the 7th ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Washington, DC, 1992; beide aangehaald in: G. Wood & M. Newborough, *op. cit.* (noot 84, boven).

86. A. Meyel, *Low Income Households and Energy Conservation: Institutional, Behavioural and Housing Barriers to the Adoption of Energy Conservation Measures* (Built Environment Research Group, Polytechnic of Central Londen, Londen, 1987); aangehaald in: in G. Wood & M. Newborough, *op. cit.* (noot 84, boven).
87. Ontario Energy Board, 'Smart Meter Initiative (RP-2004-0196)', 2005: http://www.oeb.gov.on.ca/html/en/industryrelations/ongoingprojects_smartmeters.htm
88. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 5.57.
89. http://www.designcouncil.org.uk/futurecurrents/
90. Brenda Boardman e.a., *op. cit.* (noot 23, boven), p.84.
91. George Marshall, Climate Outreach Information Network, pers. mededeling.
92. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 15, boven), § 6.33-6.44.

Hoofdstuk 5: Het licht laten branden

1. Faust, regels 10216-9
2. PB Power, *The Cost of Generating Electricity* (Royal Academy of Engineering, Londen, 2004), p.13.
3. Godfrey Boyle, Bob Everett & Janet Ramage (red.), *Energy Systems and Sustainability* (Oxford University Press, Oxford, 2003), p.379.
4. De kerncentrale Sizewell B heeft een vermogen van 1320 MW. David Milborrow, 'The Practicalities of Developing Renewable Energy', 10 oktober 2003: http://www.bwea.com/pdf/DM-Lords-intermittency.pdf
5. Sustainable Development Commission, *Wind Power in the UK*, mei 2005, p.27: http://www.sd-commission.org.uk/publications/downloads/Wind_Energy-NovRev2005.pdf
6. Royal Com. on Env. Pollution, *Energy – The Changing Climate*, juni 2000, hoofdstuk 8, tekstkader 8B: http://www.rcep.org.uk/newenergy.htm
7. British Wind Energy Association, 'Power UK: Costs and Benefits of Large scale Development of Wind-power', maart 2003: http://www.bwea.com/pdf/PowerUK-March2003-page17-25.pdf
8. Brenda Boardman e.a., *40% House* (Environmental Change Institute, University of Oxford, 2005), p.74.
9. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *Energy Trends*, 2005, p.15: http://www.dti.gov.uk/files/file11881.pdf
10. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 6, boven), § 3.36.
11. *Ibid.*, § 3.38.
12. Bennett Daviss, 'Coal goes for the burn', *New Scientist*, 3 september 2005.
13. Greenpeace UK, 'Decentralising Power: An Energy Revolution for the 21st Century', 2005, p.26: http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/7154.pdf
14. US Energy Information Administration, 'Country Analysis Brief: United Kingdom', april 2005: http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/United_Kingdom/Background.html
15. Bennett Daviss, *op. cit.* (noot 12, boven).
16. *Ibid.*

17. Het Britse Ministerie van Handel en Industrie schrijft: 'Als gevolg van nieuwe, goedkopere en efficiëntere technologieën, samen met een groeiend prijsvoordeel ten opzichte van aardgas, kan er na 2020 een duidelijke stijging van het aandeel van steenkool in de Britse stroomvoorziening optreden', Ministerie van Handel en Industrie, 'A Strategy for Developing Carbon Abatement Technologies for Fossil Fuel Use', 2005, p.20: www.dti.gov.uk/energy/coal/cfft/catstrategy.shtml
18. Robert L. Hirsch, Roger Bezdek & Robert Wendling, 'Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, and Risk Management, Amerikaanse Ministerie van Energie, februari 2005, p.34.
19. Christopher Adams, 'Industry Feels Heat of Gas Price Surge', *Financial Times*, 17 februari 2006.
20. The Economist Intelligence Unit, 'Ukraine Economy: Gas Trouble', 17 februari 2006: http://www.tmcnet.com/usubmit/2006/02/17/1384897.htm
21. Zie bijvoorbeeld Martin Flanagan, 'Call for Inquiry as Gas Pipe from Europe Runs Half Empty', *The Scotsman*, 30 januari 2006.
22. Parliamentary Office of Science and Technology, 'The Future of UK Gas Supplies', Postnote nr. 230, oktober 2004: http://www.parliament.uk/documents/upload/POSTpn230.pdf
23. Royal Com. on Env., *op. cit.* (noot 6, boven), § 3.36.
24. George Monbiot, ingezonden brief, *New Scientist*, 11 juni 2005
25. Global Business Environment, Shell International, 'People and Connections: Global Scenarios to 2020', 2002: www.shell.com/static/media-en/ downloads/peopleandconnections.pdf
26. Britse Geological Society, 'How to Plug the Energy Gap', 10 november 2005: http://www.geolsoc.org.uk/template.cfm?name=PR60
27. Olav Kaarstad, Statoil, aangehaald door Reuters, 'Norway Has Vast, Inaccessible Seabed Coal – Statoil', 21 december 2005.
28. Britse Geological Society, *op. cit.* (noot 26, boven).
29. Olav Kaarstad, *op. cit.* (noot 27, boven).
30. Bennett Daviss, *op. cit.* (noot 12, boven).
31. Science and Technology Committee van het Britse Hogerhuis, 'Renewable Energy: Practicalities', 15 juli 2004, § 2.5: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200304/ldselect/ldsctech/126/12602.htm
32. Parliamentary Office of Science and Technology, *op. cit.* (noot 22, boven).
33. Dominion, 'Underground Storage', 2006: http://www.dom.com/about/gas-transmission/storage.jsp
34. Columbia Gas Transmission Corporation, Docket No. CP05-144-000, 2001: http://www.columbiagastrans.com/NewProjects/Hardy/Virginia%20Looping.htm
35. Performance and Innovation Unit, *The Energy Review*, februari 2002, bijlage 6: http://www.number-10.gov.uk/su/energy/20.html
36. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'A Strategy for Developing Carbon Abatement Technologies for Fossil Fuel Use', 2005: www.dti.gov.uk/energy/coal/cfft/catstrategy.shtml
37. Fred Pearce, 'Squeaky Clean Fossil Fuels', *New Scientist*, 30 april 2005.
38. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 36, boven), p.26.
39. Emma Young, 'Burying the problem', *New Scientist*, 3 september 2005.

40. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 36, boven).
41. G. Boyle, B. Everett & J. Ramage (red.), *op. cit.* (noot 3, boven), p.578.
42. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'Review of the Feasibility of Carbon Dioxide Capture and Storage in the UK', 2005, p.13: http://www.dti.gov.uk/files/file21887.pdf
43. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 36, boven), p.28.
44. Bert Metz e.a. (red.), 'Carbon Dioxide Capture and Storage: Summary for Policymakers', IPCC, ongedateerd, tabel SPM.1, p.9: http://www.ipcc.ch/activity/ccsspm.pdf
45. *Ibid.*, p.13.
46. *Ibid.*, p.35.
47. Aangehaald door Union of Concerned Scientists, 'Policy Context Of Geologic Carbon Sequestration', 2003: http://www.ucsusa.org/assets/documents/global_warming/GEO_CARBON_SEQ_for_web.pdf
48. Hieronder enkele schattingen:

Informatiebron	*kosten per ton opgeslagen* CO_2
The Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies, heden[49]	€28
Inter-departmental Analysis Group van de Britse regering, schatting voor 2020 of 2025[50]	€24-36
Intergovernmental Panel on Climate Change, voor gasgestookte centrales, heden[51]	€28-63
OESO/Internationaal Energie Agentschap, heden[52]	€35-70
Imperial College MARKAL-model, op gas gebaseerd, schatting voor 2020 of 2025[53]	€61-67
Intergovernmental Panel on Climate Change, voor kolengestookte centrales, heden[54]	€28-189

49. Aangehaald door Emma Young, *op. cit.* (noot 39, boven).
50. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 42, boven), p.29.
51. Bert Metz e.a. (red.), *op. cit.* (noot 44, boven), p.17, tabel SPM.4.
52. Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling/Internationaal Energie Agentschap, *Prospects for* CO_2 *Capture and Storage* (OESO, Parijs, december 2004), aangehaald door Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 42, boven).
53. Aangehaald in Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 42, boven), p.29.
54. Bert Metz e.a. (red.), *op. cit.* (noot 44, boven), p.17, tabel SPM.4. (Dit is inclusief zowel poederkool als *Integrated Gasification Combined Cycle*).
55. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'Energy – Its Impact on the Environment and Society', 2005, p.43, tabel 4 (47 MtC, maal 3,667): http://www.dti.gov.uk/files/file20263.pdf
56. Bert Metz e.a. (red.), *op. cit.* (noot 44, boven), p.10.

57. E-mail van Jonathan Gibbins, 27 september 2005.
58. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 42, boven).
59. Advanced Resources International, 'Undeveloped Domestic Oil Resources: The Foundation for Increasing Oil Production and a Viable Domestic Oil Industry', Amerikaanse Ministerie van Energie, februari 2006: http://www.fossil.energy.gov/programs/oilgas/publications/eor_co2/Undeveloped_Oil_Document.pdf
60. Paul Harris, 'They Flattened this Mountaintop to Find Coal – and Created a Wasteland', *The Observer*, 16 januari 2005.
61. Zie bijv. http://www.ohvec.org/galleries/mountaintop_removal/007/43.html
62. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'Review of the Feasibility of Underground Coal Gasification in the UK', oktober 2004, Executive Summary, p.3: www.dti.gov.uk/energy/ coal/cfft/ucgfeasibilityreport.pdf
63. *Ibid.*, p.5.
64. *Ibid.*, p.7.
65. US Energy Information Administration, *op. cit.* (noot 14, boven).
66. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 62, boven), p.3.
67. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 6, boven), § 8.31.
68. G. Dutton e.a., *The Hydrogen Energy Economy: Its Long-term Role in Greenhouse Gas Reduction*, Tyndall Centre Technical Report nr. 18, jan. 2005, p.42.
69. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 42, boven), p.33.
70. Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling/International Energie Agentschap, *op. cit.* (noot 42, boven), p.32.
71. New Economics Foundation, 'Mirage and Oasis: Energy Choices in an Age of Global Warming', 29 juni 2005: http://www.neweconomics.org/gen/uploads/sewyo355prhbgunpscr51d2w29062005080838.pdf
72. Greenpeace UK, *op. cit.* (noot 13, boven).
73. Sustainable Development Commission, *op. cit.* (noot 5, boven).
74. Met uitzondering van Israël worden deze staten allemaal door Paul Leventhal genoemd in een artikel door William J. Broad, 'Nuclear Weapons in Iran: Plowshare or Sword?', *The New York Times*, 25 mei 2004
75. Het Israëlische kernwapenprogramma, zo heeft Mordechai Vanunu wereldkundig gemaakt, is ontwikkeld door de Atomic Energy Commission van dat land in Dimona, locatie van één van de twee Israëlische kerncentrales.
76. 'EC Court Challenge to Sellafield', *BBC News Online*, 3 september 2004: http://news.bbc.co.uk/1/hi/england/cumbria/3623312.stm
77. Rob Edwards, 'Uranium Pond at Sellafield Sparks Court Threat by EU', *Sunday Herald*, 28 maart 2004.
78. 'Legal Threat over Sellafield Leak', *BBC News Online*, 12 juni 2005: http://news.bbc.co.uk/1/hi/england/cumbria/4085224.stm
79. David Ross, 'Dounreay Admits Shaft Error', *The Herald*, 22 mei 1997.
80. John Arlidge, 'Fresh Scare on Nuclear Waste', *The Guardian*, 2 feb. 1998.
81. Een interessante discussie over de tegenstrijdige schattingen is te vinden in G. Boyle, B. Everett & J. Ramage (red.), *op. cit.*, (noot 3, boven), p.440.
82. Fraser King e.a., 'Copper Corrosion under Expected Conditions in a Deep Geologic Repository', Posiva Oy, Helsinki, januari 2002: http://www.posiva.fi/raportit/POSIVA-2002-01.pdf

83. *Ibid.*
84. Rob Edwards, 'Politics Left UK Nuclear Waste Plans in Disarray', *New Scientist*, 18 juni 2005.
85. Geoffrey Lean, 'Nuclear Waste: The 1,000-year Fudge', *The Independent on Sunday*, 12 juni 2005.
86. Erica Werner, 'Yucca Scientists Faked Records to Show Proof of Work', *Pahrump Valley Times*, 6 april 2005: http://www.pahrumpvalleytimes.com/2005/04/06/ymprecords.html
87. Anonymus, 'Pahrump Man in the Center of Yucca Dispute', *Pahrump Valley Times*, 6 april 2005: http://www.pahrumpvalleytimes.com/2005/04/06/ymprecords.html
88. David Lowenthal, University College, Londen, ingezonden brief *New Scientist*, 9 juli 2005.
89. Nuclear Decommissioning Authority, 'Approved Strategy For Clean-Up of UK's Nuclear Sites Published', persbericht, 30 maart 2006: http://www.nda.gov.uk/documents/news_release_-_national.pdf
90. Tim Webb & Robin Buckley, 'British Energy has Come Back from the Brink, but How Long Will the Nuclear Frisson Last?', *The Independent on Sunday*, 20 juni 2004.
91. Paul Brown, 'Taxpayers' Pounds £184m Aid to Private Energy Firm', *The Guardian*, 18 juli 2005.
92. Bridget Woodman, 'New Nuclear Power Plants "Would Halt Move Towards Decentralised Renewable Sources"', *Energy World*, nov./dec. 2005.
93. Europees Milieu Agentschap, *Energy Subsidies in the European Union: A brief Overview* (EEA, Kopenhagen, 2004), p.17: http://reports.eea.eu.int/technical_report_2004_1/en/Energy_FINAL_web.pdf
94. New Economics Foundation, *op cit.* (noot 71, boven), p.36.
95. *Ibid.*, p.30.
96. *Ibid.*, p.30.
97. Europes Milieu Agentschap, *op cit.* (noot 93, boven).
98. Oxera, 'Financing the Nuclear Option: Modelling the Costs of New Build', juni 2005, p.4: http://www.oxera.com/cmsDocuments/Agenda_June%2005/Financing%20the%20nuclear%20option.pdf
99. Marshall Goldberg, 'Federal Energy Subsidies: Not All Technologies are Created Equal', Renewable Energy Policy Project, juli 2000: http://www.crest.org/repp_pubs/pdf/subsidies.pdf
100. Dwight D. Eisenhower, 'Atoms for Peace', toespraak voor de Algemene Vergadering van de Verenigde Naties, 8 december 1953.
101. Het gaat hier in het bijzonder om de Private Finance Initiative-programma's die ik heb onderzocht in *Captive State: The Corporate Takeover of Britain* (Macmillan, Londen, 2000).
102. Ofgem, pers. mededeling.
103. Nuclear Energy Institute, 'Nuclear Power Plants Maintain Lowest Production Cost for Baseload Electricity', 3 september 2003: http://www.nei.org/index.asp?catnum=4&catid=511
104. PB Power, *op. cit.* (noot 2, boven), p.9.

105. Aangehaald door Performance and Innovation Unit, *The Energy Review*, februari 2002, § 42.
106. Performance and Innovation Unit, *op. cit.* (noot 16, boven), samenvattende tabel.
107. Aangehaald door Amory Lovins, 'Nuclear Power: Economics and Climate-protection Potential', Rocky Mountain Institute, 11 september 2005: http://www.rmi.org/images/other/Energy/E05-08_NukePwrEcon.pdf
108. New Economics Foundation, *op. cit.* (noot 71, boven), p.37.
109. British Energy, 'Sizewell B Power Station Marks 10 Years', 14 februari 2005: http://www.british-energy.com/article.php?article=23
110. Godfrey Boyle, Bob Everett & Janet Ramage (red.), *op. cit.* (noot 3, boven), p.426-7.
111. World Nuclear Association, 'Uranium Availability', deel 3.3, 2003: http://www.world-nuclear.org/education/ne/ne3.htm#3.3
112. Jan Willem Storm van Leeuwen & Philip Smith, *Nuclear Power: The Energy Balance*, 6 augustus 2005, zesde revisie, hoofdstuk 2: http://www.stormsmith.nl/Chap_2_Energy_Production_and_Fuel_costs_rev6.PDF
113. Felix Preston & Paul Baruya, 'Paper 8: Uranium Resource Availability', *The Role of Nuclear Power in a Low Carbon Economy* (Sustainable Development Commission, maart 2006): http://www.sd-commission.org.uk/publications/downloads/Nuclear-paper8-UraniumResourceAvailability.pdf
114. Sustainable Development Commission, *The Role of Nuclear Power in a Low Carbon Economy*, SDC position paper, maart 2006, p.10: http://www.sd-commission.org.uk/publications/downloads/SDC-NuclearPosition-2006.pdf
115. *Ibid.*
116. Sustainable Development Commission, 'Paper 2: Reducing CO_2 Emissions – Nuclear and the Alternatives', *The Role of Nuclear Power in a Low Carbon Economy* (Sustainable Development Commission, maart 2006): http://www.sd-commission.org.uk/publications/downloads/Nuclear-paper2-reducing-CO2emissions.pdf
117. World Nuclear Association, 'Energy Balances and CO_2 Implications', november 2005: http://www.world-nuclear.org/info/inf100.htm
118. *Ibid.*
119. Jan Willem Storm van Leeuwen & Philip Smith, *op. cit.* (noot 112, boven).
120. http://www.world-nuclear.org/info/inf11.htm
121. http://www.stormsmith.nl/References.PDF
122. Tom Burke, getuigenis voor het Environmental Audit Committee van het Britse Lagerhuis, 'Keeping the Lights On: Nuclear, Renewables and Climate Change', 19 oktober 2005, Q69: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200506/cmselect/cmenvaud/uc584-i/uc58402.htm
123. Aangehaald door New Economics Foundation, *op. cit.* (noot 71, boven), p.27.
124. E-mail van J. McGregor, Scottish and Southern Energy Group, 2 nov. 2005.
125. Nick Jenkins, presentatie op conferentie 'Decarbonising the UK', Church House, Westminster, Londen, 21 september 2005.
126. Jack Doyle, *Taken for a Ride: Detroit's Big Three and the Politics of Pollution* (Four Walls, Eight Windows, New York, 2000), p.1-2.
127. Geoff Dutton e.a., *op. cit.* (noot 68, boven), p.42.

Hoofdstuk 6: Wat heeft duurzame energie ons te bieden?

1. *Faust,* regels 259-62.
2. Voor de fabricage van fotovoltaïsche zonnepanelen is meer energie nodig dan voor de productie van andere duurzame energietechnologieën. Maar zelfs in dit geval is de energetische terugverdientijd slechts 2,5-4 jaar. Erik Alsema & Evert Nieuwlaar, 'Energy Viability of Photovoltaic Systems', *Energy Policy*, vol. 28 (2000), p. 999-1010.
3. Volgens het Britse Hogerhuis heeft windenergie een terugverdientijd van 1,1 jaar. Dit is inclusief constructie en netaansluiting. Science and Technology Committee van het Britse Hogerhuis, 'Renewable Energy: Practicalities', 15 juli 2004, bijlage 8, p.105: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200304/ldselect/ldsctech/126/12602.htm
4. US Energy Information Administration, 'Country Analysis Brief: United Kingdom', april 2005: http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/uk.html
5. Energy Technology Support Unit, *New and Renewable Energy: Prospects in the UK for the 21st Century: Supporting Analysis*, (ETSU, Harwell, 1999): www.dti.gov.uk/energy/renewables/ publications/pdfs/support.pdf
6. Britse Ministerie van Handel en Industrie, 'Offshore Renewables – the Potential Resource', 2005: http://www.dti.gov.uk/energy/leg_and_reg/consents/future_offshore/chp2.pdf
7. Robert Gross, pers. mededeling.
8. Energy Technology Support Unit, *op. cit.* (noot 5, boven), p.171.
9. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *op. cit.* (noot 6, boven), p.22.
10. Roberto Rudervall, J.P. Charpentier & Raghuveer Sharma. 'High Voltage Direct Current (HVDC) Transmission Systems: Technology Review Paper', World Bank en ABB, ongedateerd, p.6: http://www.worldbank.org/html/fpd/em/transmission/technology_abb.pdf
11. *Ibid.*
12. *Ibid.*, p.18.
13. ABB Group, 'History of ABB's HVDC expertise', 2005: http://www.abb. ee/global/abbzh/abbzh251.nsf!OpenDatabase&db=/global/abbzh/abbzh250.nsf&v=553E&e=us&url=/global/seitp/seitp202.nsf/0/7CFD9A3A7416A383C1256E8600406F4F!OpenDocument
14. David Milborrow, 'Offshore Wind Rises to the Challenge', *Wind Power Monthly*, april 2003, p.51. aangehaald door Robert Gross, 'Technologies and Innovation for System Change in the UK: Status, Prospects and System Requirements of some Leading Renewable Energy Options', *Energy Policy*, vol. 32 (2004), p.1905–19.
15. *Ibid.*
16. Robert Gross, 2004. 'Technologies and Innovation for System Change in the UK: Status, Prospects and System Requirements of some Leading Renewable Energy Options', *Energy Policy*, vol. 32 (2004), p. 1905–19.
17. Greenpeace, Estia & Solar Paces, 'Concentrated Solar Thermal Power – Now', september 2005: www.solarpaces.org/ 051006%20Greenpeace-Concentrated-Solar-Thermal-Power-Now-2005.pdf
18. *Ibid.*, p.13.
19. *Ibid.*, p.27.

20. Fred Pearce, Power of the Midday Sun', *New Scientist*, 10 april 2004.
21. Greenpeace, Estia & Solar Paces, *op. cit.* (noot 17, boven).
22. Rachel Nowak, 'Power Tower', *New Scientist*, 31 juli 2004.
23. Kosuke Kurokawa (red.), 'Energy from the Desert – Feasibility of Very Large Scale Photovoltaic Power (VLS-PV) Systems', IEA Task VIII (James and James Ltd, mei 2003), samengevat op: http://jxj.base10.ws/magsandj/rew/2003_03/desert_power.html
24. Internationaal Energie Agentschap, 2005. Electricity Information. Part I – 1.3. IEA, Paris.
25. Kosuke Kurokawa (red.), *op. cit.* (noot 23, boven).
26. *Ibid.*
27. Sustainable Development Commission, 'Wind Power in the UK', mei 2005, p.20: http://www.sd-commission.org.uk/publications/downloads/Wind_Energy-NovRev2005.pdf
28. National Grid Company, aangehaald door Sustainable Development Commission, *op. cit.* (noot 27, boven), p.23.
29. *Ibid.*
30. Zie de afvlakkende curve op p.31 van Goran Strbac & Ilex Energy Consulting, 'Quantifying the System Costs of Additional Renewables in 2020', rapport aan Britse Ministerie van Handel en Industrie, oktober 2002: www.dti.gov.uk/energy/developep/080scar_report_v2_0.pdf
31. Graham Sinden, 'Diversified Renewable Energy Portfolios for the UK', presentatie op conferentie van British Institute of Energy Economics 'Diversified Renewable Strategy', 22 september 2005. In dit rapport schat hij het vermogensbesparingspotentieel op 8 GW, maar hij heeft dit later bijgesteld naar 6 GW (pers. mededeling).
32. Goran Strbac & Ilex Energy Consulting, *op. cit.* (noot 30, boven), tabel 1, p.ii: www.dti.gov.uk/energy/developep/080scar_report_v2_0.pdf
33. Robert Gross e.a., 'The Costs and Impacts of Intermittency: An Assessment of the Evidence on the Costs and Impacts of Intermittent Generation on the British Electricity Network', UK Energy Research Centre, april 2006.
34. Royal Com. on Env. Pollution, *Energy – The Changing Climate*, juni 2000, § 8.54: http://www.rcep.org.uk/newenergy.htm
35. Robert Gross, *op. cit.* (noot 16, boven).
36. Goran Strbac & Ilex Energy Consulting, *op. cit.* (noot 32, boven).
37. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 34, boven), § 8.41.
38. Lewis Dale e.a., 'Total Cost Estimates for Large-scale Wind Scenarios in the UK', *Energy Policy*, vol. 32 (2004), p.1949–56.
39. Hugh Sharman, 'Why UK Wind Power Should Not Exceed 10 GW', *Civil Engineering*, vol. 158 (november 2005), p.161-9.
40. *Ibid.*
41. Ofgem, pers. mededeling.
42. Performance and Innovation Unit, *The Energy Review*, februari 2002, bijlage 6, § 40: http://www.number-10.gov.uk/su/energy/20.html
43. Aangehaald door New Economics Foundation, 'Mirage and Oasis: Energy Choices in an Age of Global Warming', 29 juni 2005: http://www.neweconomics.org/gen/uploads/sewyo355prhbgunpscr51d2w2906200508083 8.pdf

44. Performance and Innovation Unit, *op. cit.* (noot 42, boven), § 38.
45. Sustainable Development Commission, *op. cit.* (noot 27, boven).
46. PB Power, *The Cost of Generating Electricity* (Royal Academy of Engineering, Londen, maart 2004), p.45, 47.
47. *Ibid.*
48. Performance and Innovation Unit, *op. cit.* (noot 42, boven), § 55, 61.
49. Sustainable Development Commission, *op. cit.* (noot 27, boven).
50. Performance and Innovation Unit, februari 2002 – see noot 40, summary of key findings.
51. Jake Chapman & Robert Gross, 'Technical and Economic Potential of Renewable Energy Generating Technologies: Potentials and Cost Reductions to 2020', 2001: www.strategy.gov.uk/downloads/files/PIUh.pdf
52. *Ibid.*
53. Performance and Innovation Unit, *op. cit.* (noot 42, boven), § 40.
54. PB Power, *op. cit.* (noot 46, boven), p.49.
55. *Ibid.*
56. Dave Andrews, Wessex Water, 'How Diesels are Used to Provide Standing Reserve Services to the National Grid', presentatie op conferentie 'Wind Power and Renewables', Open University, 11 januari 2006.
57. Dave Andrews, Wessex Water, 'The Availability Of Rapid Start Standby Generation And Its Potential Role in Coping With Intermittency Due to a Large Penetration of Renewables', ongepubliceerde aantekeningen, 4 juli 2005.
58. Godfrey Boyle (red.), *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future* (Oxford University Press, Oxford, 2004), p.405.
59. Graham Sinden, *op. cit.* (noot 31, boven).
60. Dave Andrews, *op. cit.* (noot 56, boven).
61. *Ibid.*
62. Oxera, 'The Non-Market Value of Generation Technologies', juni 2003, p.14: www.oxera.co.uk/oxera/publicnsf/images/DKIG-5NCERA/$file/OXERA-Report.pdf
63. Graham Sinden, 'Assessing the Costs of Intermittent Power Generation', presentatie aan de Intermittency Stakeholder Group, 5 juli 2005.
64. *Ibid.*
65. Graham Sinden, *op. cit.* (noot 31, boven).
66. Zie bijv. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 34, boven), § 8.57.
67. Dit zijn samengestelde, voor inflatie gecorrigeerde cijfers, verschaft aan Dave Andrews (pers. mededeling).
68. Science and Technology Committee van het Britse Hogerhuis, *op. cit.* (noot 3, boven), § 7.21: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200304/ldselect/ldsctech/126/12602.htm
69. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 34, boven), § 8.58.
70. Brenda Boardman e.a., *40% House* (Environmental Change Institute, University of Oxford, 2005), p.39.
71. Gaia Vince, 'Smart Fridges Could Ease Burden on Energy Supply', *New Scientist*, 30 juli 2005.
72. Robert Gross, *op. cit.* (noot 16, boven).

73. UK Energy Research Centre, 'An Assessment of Evidence on the Costs of Intermittent Power Generation: What is the Evidence on the Costs and Engineering Impacts of Intermittent Generation on the UK Electricity Network, and How Those Costs are Assigned?', samenvatting, Stakeholder workshop, Imperial College, Londen, 5 juli 2005.
74. Oliver Tickell, 'Real-Time Pricing Initiative', ongepubliceerd artikel, 2005.
75. *Ibid.*
76. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *Microgrids: Distributed On-site Generation*, Tyndall Centre Technical Report nr. 22, maart 2005, p.61.
77. Brenda Boardman e.a., *op. cit.* (noot 70, boven), p.81.
78. Jeremy Woods, Robert Gross & Matthew Leach, Centre for Energy Policy and Technology, *Innovation in the Renewable Heat Sector in the UK: Markets, Opportunities and Barriers*, Imperial College Londen, december 2003, p.4: http://www.dti.gov.uk/renewables/policy/iceptinnovationbarriers.pdf
79. *Ibid.*, p5.
80. *Ibid.*
81. Jake Chapman & Robert Gross, *op. cit.* (noot 51, boven).
82. Royal Com. on Env. Pollution, 'Biomass as a Renewable Energy Source', 2004: http://www.rcep.org.uk/biomass/Biomass%20Report.pdf
83. Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties, 'Parameters, Units and Conversion factors', ongedateerd: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/j4504e/j4504e08.htm
84. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 34, boven), § 7.76.
85. F. Pearce, *When the Rivers Run Dry* (Eden Project Books, Londen, 2006).
86. Aangehaald door Lord Whitty, Britse Minister van Voedsel, Landbouw en Duurzame Energie, Supplementary Memorandum, 17 September 2003: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200203/cmselect/cmenvfru/929/3091509.htm
87. Energy Technology Support Unit, *op. cit.* (noot 5, boven), p.73.
88. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 34, boven), § 3.47.
89. Science and Technology Committee, *op. cit.* (noot 68, boven), § 4.26.
90. Lord Sainsbury van Turville, antwoord op kamervraag van het Britse Hogerhuis, 22 maart 2004: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200304/ldhansrd/vo040322/text/40322w03.htm
91. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 82, boven), § 2.76.
92. Energy Technology Support Unit, *op. cit.* (noot 5, boven), p.66.
93. Voedsel en Landbouw Organisatie van de VN, *op. cit.* (noot 83, boven).
94. Energy Technology Support Unit, *op. cit.* (noot 5, boven), p66.
95. L.M. Maene, 'Phosphate Fertilizer Production, Consumption and Trade: The Present Situation and Outlook to 2010', presentatie op het 17e Sulphur Phosphate Symposium van het Sulphur Institute, Boca Raton, Florida, januari 17-19, 1999. L.M. Maene is directeur-generaal van de International Fertilizer Industry Association, Parijs. http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/PDF/1999_biblio_54.pdf.
96. Future Energy Solutions, AEA Technology, 'Renewable Heat and Heat from Combined Heat and Power Plants', april 2005, p.46: http://www.defra.gov.uk/farm/acu/energy/fes-renewable-chp.pdf

97. *Ibid.*, p.53.
98. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 34, boven), § 3.43
99. Future Energy Solutions, AEA Technology, *op. cit.* (noot 96, boven), p.42.
100. New Economics Foundation, *op. cit.* (noot 43, boven), p.23.
101. Future Energy Solutions, AEA Technology, *op. cit.* (noot 96, boven), p.60.

Hoofdstuk 7: Het energie-internet

1. *Faust*, regels 11072-4.
2. Walt Patterson, 'Keeping the Lights on', Working Papers 1-3, Royal Institute for International Affairs, maart 2003: http://www.chathamhouse.org.uk/index.php?id=233
3. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *Microgrids: Distributed On-site Generation*, Tyndall Centre Technical Report nr. 22, maart 2005.
4. Greenpeace UK, 'Decentralising Power: an Energy Revolution for the 21st Century', 2005: http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/7154.pdf
5. Erik Alsema & Evert Nieuwlaar, 'Energy Viability of Photovoltaic Systems', *Energy Policy*, vol. 28 (2000), p.999-1010.
6. Jeremy Leggett, *Half Gone: Oil, Gas, Hot Air and the Global Energy Crisis* (Portobello Books, Londen, 2005), p.201.
7. *Ibid.*, noot 253, p.290.
8. Energy Technology Support Unit, *New and Renewable Energy: Prospects in the UK for the 21st Century – Supporting Analysis* (ETSU, Harwell, 1999), p.141.
9. *Ibid.*, figuur 1: pv Resource-Cost Curve, p.143.
10. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *op. cit.* (noot 3, boven), p.33.
11. Jake Chapman & Robert Gross, 'Technical and economic potential of renewable energy generating technologies: Potentials and cost reductions to 2020', 2001: www.strategy.gov.uk/downloads/files/piuh.pdf
12. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *op. cit.* (noot 3, boven), p.53.
13. Robert Gross, 'Technologies and Innovation for System Change in the UK: Status, Prospects and System Requirements of Some Leading Renewable Energy Options', *Energy Policy*, vol. 32 (2004), p.1905–19.
14. http://www.etsap.org/markal/main.html
15. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *Energy White Paper*, 2003, aanvullende bijlagen, p.7: www.dti.gov.uk/energy/whitepaper/annexes.pdf
16. Ofgem, pers. mededeling.
17. Performance and Innovation Unit, *The Energy Review*, februari 2002, bijlage 6, § 40: http://www.number-10.gov.uk/su/energy/20.html
18. Jeremy Leggett, 'Here comes the sun', *New Scientist*, 6 september 2003.
19. De pessimistische terugverdientijd (35 jaar) is van Jim Watson, 'Co-Provision in Sustainable Energy Systems: The Case of Microgeneration', Energy Policy, vol. 32 (maart 2004), p.1981-90.
20. Energy Technology Support Unit, *op. cit.* (noot 8, boven), p.133.
21. Royal Com. on Env. Pollution, *Energy – The Changing Climate*, juni 2000, § 7.40: http://www.rcep.org.uk/newenergy.htm

22. Godfrey Boyle (red.), *Renewable Energy: power for a sustainable future* (Oxford University Press, Oxford, 2004), p.76-82.
23. Jake Chapman & Robert Gross, *op. cit.* (noot 11, boven).
24. Paul Gipe, aangehaald door Nick Martin, 'Can we Harvest Useful Wind Energy from the Roofs of our Buildings?', *Building for a Future*, winter 2005/6, themanummer windenergie, tabel 2.
25. Nick Martin, *op. cit.* (noot 24, boven), tabel 2.
26. *Ibid.*
27. *Ibid.*
28. Derek Taylor, 'Potential Outputs from 1-2m diameter Wind Turbines', *Building for a Future*, winter 2005/6, themanummer windenergie, figuur 1.
29. Oliver Lowenstein, 'Green Towers', *Building for a Future*, juni 2005
30. Godfrey Boyle (red.), *op. cit.* (noot 22, boven), p.284.
31. Chris Dunham, pers. mededeling.
32. Mick Hamer, 'Be a Power Broker in your Own Home', *New Scientist*, 14 februari 2004.
33. Fred Pearce, 'Generate and Sell your Own Electricity, *New Scientist*, 21 juni 2003.
34. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *Energy White Paper*: 'Our Energy Future – Creating a Low Carbon Economy', 2003, § 4.16.
35. Mick Hamer, *op. cit.* (noot 32, boven).
36. Future Energy Solutions, AEA Technology, 'Renewable Heat and Heat from Combined Heat and Power Plants', april 2005, p.19: http://www.defra.gov.uk/farm/acu/energy/fes-renewable-chp.pdf
37. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *op. cit.* (noot 3, boven), p.70.
38. Neil Crumpton, pers. mededeling.
39. *Ibid.*
40. http://www.statistics.gov.uk/census2001/profiles/printV/UK.asp
41. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *Digest Of UK Energy Statistics*, 2005: http://www.dti.gov.uk/energy/inform/dukes/
42. Fred Pearce, *op. cit.* (noot 33, boven).
43. Future Energy Solutions, AEA Technology, *op. cit.* (noot 36, boven), p.18.
44. Energy Saving Trust, Econnect & Element Energy, 'Potential for Microgeneration: Final Report', 14 november 2005: http://portal.est.org.uk/uploads/documents/aboutest/Microgeneration%20in%20the%20UK%20-%20final%20report%20REVISED_executive%20summary1.pdf
45. Godfrey Boyle, Bob Everett & Janet Ramage (red.), *Energy Systems and Sustainability* (Oxford University Press, Oxford, 2003), p.371.
46. Future Energy Solutions, AEA Technology, *op. cit.* (noot 36, boven).
47. Select Committee on Science and Technology van het Britse Hogerhuis, 'Energy Efficiency', 2005, bijlage 7 (Visit to Germany): http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/ld200506/ldselect/ldsctech/21/2122.htm
48. Future Energy Solutions, AEA Technology, *op. cit.* (noot 36, boven).
49. Geoff Dutton e.a., *The Hydrogen Energy Economy: Its Long-term Role in Greenhouse Gas Reduction*, Tyndall Centre Technical Report nr. 18, januari 2005, p.12.

50. National Academy of Engineering, 'The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs', 2004, tabel 4-1: http://www.nap.edu/books/0309091632/html/39.html
51. *Ibid.*
52. *Ibid.*
53. Centre for Energy Policy and Technology, 'Assessment of Technological Options to Address Climate Change', Imperial College, Londen, 2002, aangehaald door Godfrey Boyle (red.), *op. cit.* (noot 22, boven), p.410.
54. *Ibid.*
55. Ofgem, pers. mededeling.
56. G. Boyle, B. Everett & J. Ramage (red.), *op. cit.* (noot 45, boven), p.591.
57. Geoff Dutton e.a., *op. cit.* (noot 49, boven), p.13.
58. *Ibid.*, p.14.
59. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 50, boven), p.38: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/38.html
60. *Zhili Feng e.a.*, 'V.A Pipelines: V.A.1 Hydrogen Permeability and Integrity of Hydrogen Transfer Pipelines', Amerikaanse Ministerie van Energie, *2005:* http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/progress05/v_a_1_feng.pdf
61. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 50, boven), p.38: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/38.html
62. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 50, boven), p.39: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/38.html
63. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 21, boven), § 3.42.
64. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 50, boven), p.31: http://www.nap.edu/openbook/0309091632/html/31.html
65. *Decarbonising the UK – Energy for a Climate Conscious Future* (Tyndall Centre for Climate Change Research, 2005), p.45: http://www.tyndall.ac.uk/media/news/tyndall_decarbonising_the_uk.pdf
66. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 21, boven), tekstkader 8D.
67. Anil Ananthaswamy, 'Reality Bites for the Dream of a Hydrogen Economy', *New Scientist*, 15 november 2003.
68. *Ibid.*
69. Amerikaanse Ministerie van Energie, 'President's Hydrogen Fuel Initiative', 2006: http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/presidents_initiative.html
70. Zie bijvoorbeeld http://www.bakuceyhan.org.uk/
71. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *op. cit.* (noot 3, boven).
72. Greenpeace uk, *op. cit.* (noot 4, boven), p.5.
73. Science and Technology Committee van het Britse Hogerhuis, 'Renewable Energy: Practicalities', 15 juli 2004, bijlage 11: http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200304/ldselect/ldsctech/126/12602.htm
74. Suleiman Abu-Sharkh e.a., *op. cit.* (noot 3, boven), p.9.
75. Select Comittee Sc. and Tech., *op. cit.* (noot 47, boven), § 2.14.
76. Greenpeace UK, *op. cit.* (noot 4, boven), p.28.
77. Internationaal Energie Agentschap, 'World Energy Investment Outlook', 2003, aangehaald door Greenpeace, *op. cit.* (noot 4, boven), p.28.

Hoofdstuk 8: Een nieuw vervoerssysteem

1. Faust, regel 7118.
2. Ilya Ehrenburg, *The Life of the Automobile* (Serpent's Tail, Londen, 1999 1929), p.175.
3. George Monbiot, *Amazon Watershed* (Michael Joseph, Londen, 1991).
4. Stephen Khan, 'Saboteurs Take Out 700 Speed Cameras', *The Observer*, 7 september 2003.
5. Zie de links-pagina van http://www.abd.org.uk/
6. In 1938 zei de toenmalige Britse verkeersminister Leslie Burgin: 'Mijn Ministerie heeft geconstateerd dat het aanleggen van een nieuwe weg doorgaans leidt tot een grote toename van het verkeer, niet alleen op de nieuwe weg maar ook op de oude waarvoor deze in de plaats moest komen'. Aangehaald in Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, 'Trunk Roads and the Generation of Traffic', Britse Ministerie van Verkeer, 1994, § 4.10, aangehaald op: http://www.cbc.org.nz/Resources/whycars.shtml
7. Aangehaald door Paul Brown, 'Prescott Points to Buses in Fast Lane', *The Guardian*, 6 juni 1997.
8. Britse Ministerie van Verkeer, Transport Statistics Great Britain, oktober 2005, p.121. http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstats/documents/downloadable/dft_transstats_609987.pdf
9. Britse Ministerie van Verkeer, *The Future of Transport: Modelling and Analysis*, 2005, p.10: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_about/documents/downloadable/dft_about_036814.pdf
10. *Ibid.*, figuur 3.6, p.9.
11. Britse Ministerie van Verkeer 2005, aangehaald door Transport 2000, 2006 – zie noot 8.
12. *Ibid.*
13. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 9, boven), p.6.
14. Britse Ministerie van Verkeer, 'National Travel Survey 2003: Provisional Results', 2004: http://www.dft.gov.uk/pns/DisplayPN.cgi?pn_id=2004_0103
15. National Travel Survey, aangehaald door Transport 2000, 2006 – zie noot 8.
16. Britse Ministerie van Verkeer/Office of National Statistics, 2005, aangehaald door Transport 2000, 2006 – zie noot 8.
17. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 8, boven), p.15.
18. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 9, boven), tabel A3, p.16.
19. *Ibid.*, p.11.
20. Sylviane de Saint-Seine, 'Cars Won't Make '08 co_2 Goal', *Automotive News*, 25 juli 2005: http://www.autonews.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20050725/SUB/507250857&SearchID=73238030583873
21. Gegevens van Britse Ministerie van Verkeer, december 2005, door Road Block bijeengebracht: http://www.roadblock.org.uk/press_releases/info/TPI%20and%20local%20schemes%20Dec05.xls
22. David Jamieson, Britse verkeersminister, antwoord op kamervraag in het Britse Lagerhuis, Hansard Column 786W, 8 juli 2004: http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm200304/cmhansrd/vo040708/text/40708w05.htm

23. Freight on Rail & TRANSform Scotland, getuigenis voor de Freight Transport Inquiry van het Local Government and Transport Committee van het Schotse Parlement, 2 december 2005: http://www.freightonrail.org.uk/ConsultationsLocalGovernmentandTransport.htm
24. Freight on Rail, 'Useful Facts and Figures', 2005: http://www.freightonrail.org.uk/FactsFigures.htm
25. Alan Storkey, 'A Motorway-Based National Coach System', 2005, verkrijgbaar van alan@storkey.com
26. *Ibid.*
27. The Highway Code, aangehaald door Alan Storkey, *op cit.* (noot 25, boven).
28. Alan Storkey, *op cit.* (noot 25, boven).
29. *Ibid.*
30. *Ibid.*
31. *Ibid.*
32. AEA Technology, *CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020*, april 2005, p.109. Volgens hun schatting sterven er jaarlijks 39.470 mensen door chronische blootstelling aan luchtvervuiling en 1.320 mensen door acute blootstelling: http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/activities/pdf/cba_baseline_results2000_2020.pdf
33. *Ibid.*, p.29.
34. http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/rankorder/2119rank.html
35. Alan Storkey, *op. cit.* (noot 25, boven).
36. *Ibid.*
37. Royal Academy of Engineering, 'Transport 2050: The Route to Sustainable Wealth Creation', maart 2005: http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Transport_2050.pdf
38. Tim Collins (Brits parlementlid), Hansard Column 1180, 9 juli 2003: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200203/cmhansrd/vo030709/debtext/30709-09.htm
39. Alistair Darling, Britse Staatssecretaris van Verkeer, Hansard Column 1181, 9 juli 2003: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200203/cmhansrd/vo030709/debtext/30709-09.htm
40. Robert L. Hirsch, Roger Bezdek & Robert Wendling, 'Peaking Of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management', Amerikaanse Ministerie van Energie, februari 2005, te lezen op http://www.hubbertpeak.com/us/NETL/OilPeaking.pdf
41. Britse Ministerie van Financiën, *Budget 2006*, hoofdstuk 7, p.17, figuur 7.3: http://www.hm-treasury.gov.uk/media/20F/1D/bud06_ch7_161.pdf
42. Amerikaanse Bureau voor Milieubescherming, 'Green Vehicle Guide', 2006: http://www.epa.gov/greenvehicles/all-rank-06.htm
43. Toyota, 'Toyota Displays Earth-friendly ES3 Concept Car at International Frankfurt Motor Show 2001', 12 september 2001: http://www.toyota.co.jp/en/news/01/0912.html
44. Peugeot-reclame, 'A New Number to Be Reckoned With', *Daily Telegraph*, 20 oktober 1983, p.9.
45. Amerikaanse Bureau voor Milieubescherming, *op. cit.* (noot 42, boven).
46. Sylviane de Saint-Seine, *op. cit.* (noot 20, boven).

47. Society of Motor Manufacturers and Traders, 'UK New Car Registrations by CO_2 Performance', april 2005: http://lib.smmt.co.uk/articles/sharedfolder/Publications/CO2Report%20New.pdf
48. Jeff Plungis, 'Engineers Push Fuel Economy to Front Seat at Auto Summit', *Detroit News*, 11 april 2005: http://www.detnews.com/2005/autosinsider/0504/12/A01-146552.htm
49. *Detroit News*, 4 juni 2003, aangehaald door Want to Know, 'Car Mileage: 1908 Ford Model T – 25 MPG, 2004 EPA Average All Cars – 21 MPG', 11 juli 2005: http://www.wanttoknow.info/050711carmileageaveragempg
50. Amerikaanse Bureau voor Milieubescherming, *op. cit.* (noot 42, boven), SUV's: http://www.epa.gov/greenvehicles/suv-06.htm
51. David Johns, aangehaald in *GuardianUnlimited*, 'Car Efficiency Figures "misleading"', 26 oktober 2005: http://money.guardian.co.uk/cars/story/0,11944,1600941,00.html
52. Ann Job, 'Blame the Feds for Fuel Economy Figures that Don't Match Real World', *The Detroit News*, 19 mei 2004.
53. Anonymus, 'Green Machines', *Which? magazine*, mei 2006.
54. Paul Hawken, Amory B. Lovins & L. Hunter Lovins, *Natural Capitalism: The Next Industrial Revolution* (Earthscan, Londen, 1999), p.24-32.
55. George W. Bush, 'President Discusses Biodiesel and Alternative Fuel Sources, Virginia BioDiesel Refinery, West Point, Virginia', 16 mei 2005: http://www.whitehouse.gov/news/releases/2005/05/20050516.html
56. Witte Huis, Budget voor het financieel jaar 2006: http://www.whitehouse.gov/infocus/budget/2007/states/wy.html
57. Committee on Energy and Commerce van het Amerikaanse Huis van Afgevaardigden, 'Energy Policy Act 2005: Summary', 2006: http://energycommerce.house.gov/108/home/Facts_Energy_Policy_Act_2005.pdf
58. 'Richtlijn 2003/30/EG van het Europees Parlement en de Raad van 8 mei 2003 ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen of andere hernieuwbare brandstoffen in het vervoer', *Publicatieblad van de Europese Unie*, artikel 3, 1b(ii): http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/doc/biofuels/en_final.pdf
59. *Ibid*, § 17.
60. British Association for Biofuels and Oils, 'Memorandum to the Royal Com. on Env. Pollution', ongedateerd: http://www.biodiesel.co.uk/press_release/royal_commission_on_environmenta.htm
61. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 8, boven), tabel 3.1, p.50.
62. Britse Ministerie van Milieu, Voedsel en Plattelandszaken, 'Crops for Energy Branch', 17 november 2004, pers. mededeling.
63. *Ibid*.
64. Britse Ministerie van Milieu, Voedsel en Plattelandszaken, 'Agriculture in the UK 2003', 2004: http://statistics.defra.gov.uk/esg/publications/auk/2003/chapter3.pdf
65. Lester R. Brown, *The Agricultural Link: How Environmental Deterioration Could Disrupt Economic Progress*, Worldwatch Paper 136 (Worldwatch Institute, Washington, DC, 1997).

66. Friends of the Earth e.a., 'The Oil for Ape Scandal: How Palm Oil is Threatening Orang-utan Survival', researchverslag, september 2005, p.13: www.foe.co.uk/resource/reports/oil_for_ape_full.pdf
67. *Ibid.*, p.10.
68. Peter Aldhous, 'Borneo is Burning', *Nature*, vol. 432 (11 nov. 2004), p.144-6.
69. C.S. Tan, 'All Plantation Stocks Rally', *Malaysia Star*, 6 oktober 2005. http://biz.thestar.com.my/news/story.asp?file=/2005/10/6/business/12243819&sec=business
70. D. Bassendine, 'Biofuel: A Self-defeating Policy?', brief aan Britse parlementslid Michael Fallon, 8 feb. 2006: http://www.tonderai.co.uk/index.php/?p=32
71. Zie bijvoorbeeld Tamimi Omar, 'Felda to Set Up Largest Biodiesel Plant', *The Edge Daily*, 1 december 2005: http://www.theedgedaily.com/cms/content.jsp?id=com.tms.cms.article.Article_e5d7c0d9-cb73c03a-df4bfc00-d453633e; Zaidi Isham Ismail, '101 to Go It Alone on First Biodiesel Plant', 7 november 2005: http://www.btimes.com.my/Current_News/BT/Monday/Frontpage/20051107000223/Article/; Anonymus, 'GHope Nine-month Profit Hits RM841mil', 25 november 2005: http://biz.thestar.com.my/news/story.asp?file=/2005/11/25/business/12693859&sec=business; Anonymus, 'GHope to Invest RM40mil for Biodiesel Plant in Netherlands', 26 november 2005: http://biz.thestar.com.my/news/story.asp?file=/2005/11/26/business/12704187&sec=business; Anonymus, 'Malaysia 101 Eyes Green Energy Expansion in Europe', 23 november 2005: http://www.planetark.com/dailynewsstory.cfm/newsid/33622/story.htm
72. Britse Ministerie van Verkeer, 'Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) Feasibility Report', november 2005: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_roads/documents/page/dft_roads_610329-01.hcsp#P18_263
73. E4Tech, ECCM & Imperial College, Londen, 'Feasibility Study on Certification for a Renewable Transport Fuel Obligation. Final Report', juni 2005.
74. Katharina Kröger, Malcolm Fergusson & Ian Skinner, *Critical Issues in Decarbonising Transport: The Role of Technologies*, Tyndall Centre Working Paper nr. 36, oktober 2003, p.4: http://tyndall.e-collaboration.co.uk/publications/working_papers/wp36.pdf
75. Anonymus, 'The Clean Green Energy Dream', *New Scientist Energy Special – Hydrogen*, 16 augustus 2003.
76. In 2005 zei George Bush: 'We hebben al 1,2 miljard dollar gereserveerd voor onderzoek naar brandstofcellen op basis van waterstof. Ik heb het Congres verzocht om nog eens 500 miljoen dollar in de komende vijf jaar, om waterstofauto's daadwerkelijk bij de showrooms te krijgen.' George W. Bush, *op. cit.* (noot 55, boven).
77. National Academy of Engineering, 'The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs', p.64: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/64.html
78. Anonymus, *op. cit.* (noot 75, boven).
79. Alison Pridmore & Abigail Bristow, *The Role of Hydrogen in Powering Road Transport*, Tyndall Centre Working Paper nr. 19, april 2002, p.8.
80. Paul Hawken, Amory B. Lovins & L. Hunter Lovins, *op. cit.* (noot 54, boven), p.26-7.

81. D.R. Blackmore & A Thomas (red.), *Fuel Economy of the Gasoline Engine* (John Wiley & Sons, New York, 1977), p.42. aangehaald door Byron Wine: http://byronw.www1host.com/
82. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 77, boven), p.4: http://www.nap.edu/books/0309091632/html/4.html
83. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 77, boven), p.27: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/27.html
84. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 77, boven), p.37: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/37.html
85. G. Dutton e.a., *The Hydrogen Energy Economy: Its Long-term Role in Greenhouse Gas Reduction*, Tyndall Centre Technical Report nr. 18, jan. 2005, p.79.
86. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 77, boven), p.119: http://www.nap.edu/books/0309091632/html/119.html
87. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 77, boven), tabel 5.1, p.46: http://www.nap.edu/openbook/0309091632/html/46.html
88. Performance and Innovation Unit, *The Energy Review*, februari 2002, § 5.21: www.strategy.gov.uk/downloads/ su/energy/TheEnergyReview.pdf
89. *Decarbonising the* UK *– Energy for a Climate Conscious Future* (Tyndall Centre for Climate Change Research, 2005), p.77: http://www.tyndall.ac.uk/media/news/tyndall_decarbonising_the_uk.pdf
90. National Academy of Engineering, *op. cit.* (noot 77, boven), p.83: http://darwin.nap.edu/books/0309091632/html/83.html
91. Anonymus, *op. cit.* (noot 75, boven).
92. Lynn Sloman, *Car Sick: Solutions for Our Car-addicted Culture* (Green Books, Totnes, Devon, 2006).
93. Een studie in Darlington door Werner Brög, aangehaald door Lynn Sloman, *op. cit.* (noot 92, boven), p.55.
94. Lynn Sloman, *op. cit.* (noot 92, boven).
95. Britse Ministerie van Milieu, Verkeer en de Regio's, *A New Deal for Transport: Better for Everyone* (Stationery Office, Londen, 20 juli 1998).
96. S. Cairns e.a., *Smarter Choices – Changing the Way We Travel*, Britse Ministerie van Verkeer, 2004, hoofdstuk 10 (Teleworking): http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_susttravel/documents/page/dft_susttravel_029753.pdf
97. *Ibid.*
98. *Ibid.*
99. J. Dodgson, J. Pacey & M. Begg, 'Motors and Modems Revisited: The Role of Technology in Reducing Travel Demands and Traffic Congestion', rapport van NERA in opdracht van RAC Foundation en Motorists Forum, 2000, aangehaald door S. Cairns e.a. *op. cit.* (noot 96, boven).
100. C. Geraghty, 2004. 'How the Internet Can Help Ease Traffic Congestion', presentatie op British Telecom-conferentie 'Alternative Approaches to Congestion', 26 jan. 2002, aangehaald door S. Cairns e.a., *op. cit.* (noot 96, boven).
101. S. Cairns e.a., *Making Travel Plans Work: Research Report* (Britse Ministerie van Verkeer, Londen, 2002), aangehaald door S. Cairns e.a., *Smarter Choices – Changing the Way We Travel*, Britse Ministerie van Verkeer, 2004, hoofdstuk 9 (Car-sharing Schemes): http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_susttravel/documents/page/dft_susttravel_029730.pdf

102. *Ibid.*
103. http://www.liftshare.org/
104. http://www.liftshare.org/stats.asp
105. *Ibid.*

Hoofdstuk 9: *Love miles*

1. *Faust*, regels 10041-2.
2. E-mail van responsibletravel.com, 11 oktober 2005.
3. http://www.responsibletravel.com/copy/copy100427.htm
4. http://www.responsibletravel.com/Trip/Trip900467.htm
5. http://www.responsibletravel.com/Trip/Trip900445.htm
6. http://www.responsibletravel.com/Trip/Trip100219.htm
7. http://www.responsibletravel.com/TripSearch/Ecotourism/ActivityCategory100020.htm
8. Zie: George Monbiot, *No Man's Land: An Investigative Journey through Kenya and Tanzania* (Macmillan, Londen, 1994; heruitgave: Green Books, Totnes, Devon, 2003).
9. Anita Roddick, 'Travel that Doesn't Cost the Earth', *The Independent*, 20 september 2005.
10. Royal Com. on Env. Pollution, 'The Environmental Effects of Civil Aircraft in Flight: Special Report', 29 november 2002, § 4.38: http://www.rcep.org.uk/aviation/av12-txt.pdf
11. Britse Ministerie van Verkeer/Office of National Statistics, 'Car Use in GB', Personal Travel Factsheet nr. 7, januari 2003, p.4.
12. Britse Ministerie van Verkeer, standaardwaarde voor gebruik in correspondentie, 22 december 2005, pers. mededeling.
13. IPCC, *Aviation and the Global Atmosphere: Executive Summary*, 2001: http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/064.htm
14. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 3.41.
15. Zie bijvoorbeeld Malcolm V. Lowe, 'The Concorde May be History, but the Dream of Nonmilitary Supersonic Flight Still Lives', 16 november 2004: http://www.popularmechanics.com/science/aviation/1303021.html
16. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 5.28.
17. Britse Ministerie van Handel en Industrie, *Energy: Its Impact on the Environment and Society*, 2005, p.23: http://www.dti.gov.uk/files/file20263.pdf
18. Office of National Statistics, aangehaald door Paul Brown & Larry Elliott, 'Air Travel Mars UK's Green Strategy', *The Guardian*, 20 mei 2005.
19. Office of National Statistics, 'Greenhouse Gas Emissions: Down since 1990', 19 mei 2005: http://www.statistics.gov.uk/CCI/nugget.asp?ID=901&Pos=6&ColRank=2&Rank=192
20. Britse Ministerie van Verkeer, 'The Future of Air Transport' (Witboek), december 2003, p.23: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_aviation/documents/page/dft_aviation_031516.pdf
21. *Ibid.*, p.150.
22. *Ibid.*, p.39.
23. *Ibid.*, p.39.

24. *Ibid.*, p.10.
25. *Ibid.*, p.150.
26. *Ibid.*, p.154.
27. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 2.24.
28. Zie bijvoorbeeld Friends of the Earth, 'Aviation and the Economy', mei 2005: http://www.foe.co.uk/resource/briefings/aviation_and_the_economy.pdf
29. Environmental Audit Committee van het Britse Lagerhuis, 'Environmental Audit – Third Report', 2004, § 12: http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200304/cmselect/cmenvaud/233/23305.htm#a5
30. *Ibid.*, § 13.
31. John Vidal, 'Heathrow Protesters Seek Help of Direct Action Group', *The Guardian*, 20 februari 2006.
32. Alice Bows, Paul Upham & Kevin Anderson, 'Growth Scenarios for EU & UK Aviation: Contradictions with Climate Policy', rapport voor Friends of the Earth Trust Ltd., Tyndall Centre for Climate Change, 16 april 2005: http://www.foe.co.uk/resource/reports/aviation_tyndall_research.pdf
33. *Ibid.*, p.10-11.
34. *Ibid.*, p.12.
35. Zie: Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 4.17-4.35.
36. Alice Bows & Kevin Anderson, 'Planned Growth in Aviation Contradicts Government Carbon Targets', *Climate Change Management*, vol. 12 (jan. 2004).
37. IPCC, *op. cit.* (noot 13, boven).
38. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 3.41.
39. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 20, boven), p.172.
40. Environmental Audit Committee, *op. cit.* (noot 29, boven), § 15.
41. Civil Aviation Authority, 2004, aangehaald door Transport 2000 in 'Facts and Figures: Aviation': http://www.transport2000.org.uk/
42. MORI-enquête in opdracht van Freedom to Fly, januari 2002, aangehaald door Friends of the Earth e.a. in 'Aviation: The Plane Truth': http://www.foe.co.uk/resource/factsheets/aviation_myths.pdf
43. HACAN/Clear Skies, 2005, aangehaald door Transport 2000 in 'Facts and Figures: Aviation': http://www.transport2000.org.uk/
44. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 20, boven), p.40.
45. Environmental Audit Committee, *op. cit.* (noot 29, boven), § 49.
46. ACARE, aangehaald door Environmental Audit Committee, *op. cit.* (noot 29, boven).
47. *Decarbonising the UK – Energy for a Climate Conscious Future* (Tyndall Centre for Climate Change Research, 2005), p.50: http://www.tyndall.ac.uk/media/news/tyndall_decarbonising_the_uk.pdf
48. *Ibid.*
49. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 4.21.
50. *Ibid.*, § 3.48 en 4.22.
51. Ulrich Schumann, 'Report on the European Workshop "Aviation, Aerosols, Contrails and Cirrus Clouds"' (A2C3), Seeheim bij Frankfurt/Main, 27 november 2000: http://www.aero-net.org/a2c3/a2c3_summary.pdf

52. Avions de Transport Régional, 'The Latest Generation Turboprop: The Green Power of Tomorrow', ongedateerd: http://www.atraircraft.com/downl/The%20green%20power%20of%20tomorrow.pdf
53. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 4.15.
54. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 12, boven).
55. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 4.16.
56. *Ibid.*, § 4.32.
57. Tyndall Centre for Climate Change Research, *op. cit.* (noot 47, boven), p.50.
58. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 3.43.
59. Bob Saynor, Ausilio Bauen & Matthew Leach, 'The Potential for Renewable Energy Sources in Aviation', Imperial College, Londen, 7 augustus 2003: www.iccept.ic.ac.uk/pdfs/ PRESAV%20final%20report%2003Sep03.pdf
60. *Ibid.*, p.20.
61. *Ibid.*, p.23.
62. Royal Com. on Env. Pollution, *op. cit.* (noot 10, boven), § 4.27.
63. *Ibid.*, § 3.47.
64. IPCC, *Aviation and the Global Atmosphere: Summary for Policymakers*, 2001: http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/010.htm
65. Britse Ministerie van Verkeer, *op. cit.* (noot 20, boven), p.40.
66. *Railway Gazette International*, '2005 World Speed Survey Tables', 1 december 2005: http://www.railwaygazette.com/Articles/2005/11/01/1222/2005+World+Speed+Survey+tables.html
67. Central Japan Railway Company, 'Successful Development of the World's Highest-Performance High-Temperature Superconducting Coil', ongedateerd: http://jr-central.co.jp/eng.nsf/english/bulletin/$FILE/vol46-tokai.pdf
68. *Railway Gazette International*, *op. cit.* (noot 66, boven).
69. Zie bijvoorbeeld Martin Wainwright, 'Hovertrain to Cut London-Glasgow Time to Two Hours', *The Guardian*, 9 augustus 2005.
70. UK Ultraspeed, '500km/h Ground Transport for Britain', ongedateerd: http://www.500kmh.com/index.html
71. Central Japan Railway Company, 'Chuo Shinkansen', ongedateerd: http://jr-central.co.jp/eng.nsf/english/chuo_shinkansen
72. Anonymus, 'Shanghai Maglev Gets Official Nod of Approval', *China Daily*, 27 april 2006: http://www.china.org.cn/english/China/166911.htm.
73. Eddie Barnes, 'Scottish Deputy First Minister Backs Glasgow-Edinburgh Link', *Scotland on Sunday*, 27 november 2005.
74. http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation_train
75. UK Commission for Integrated Transport, 'High-speed Rail: International Comparisons', 9 februari 2004, figuur 4.1, p.33: http://www.cfit.gov.uk/docs/2004/hsr/research/pdf/chapter4.pdf
76. Roger Kemp, 'Transport Energy Consumption', Lancaster University, 10 september 2004: http://www.engineering.lancs.ac.uk/research/download/Transport%20Energy%20Consumption%20Discussion%20Paper.pdf
77. Roger Kemp, 'Environmental Impact of High-speed Rail', Institution of Mechanical Engineers, 21 april 2004: http://www.engineering.lancs.ac.uk/research/download/Environmental%20impact.pdf
78. Martin Wainwright, *op. cit.* (noot 69, boven).

79. Roger Kemp, *op. cit.* (noot 77, boven).
80. http://www.bgtgroup.com/marine_turbine.htm
81. http://www.cunard.com/OnBoard/default.asp?OB=QE2&sub=sp
82. George Marshall, pers. mededeling.
83. 'Vier dieselmotoren van 8.000 kW waarmee minder dan 1.000 passagiers worden vervoerd [geeft] (hoogstens) 4 x 8000 / (1000 x 48) = 0,67 kWh/passagier-kilometer. Dezelfde berekening voor de treinen tussen Londen en Edinburgh, met rond de 500 stoelen en 3.000 kW bij 200 km/u, geeft 3000 / (500 x 200) = 0,03 kWh/passagier-kilometer', Roger Kemp, pers. mededeling.
84. Tim Thwaites, 'Slippery Ships Float on Thin Air', *New Scientist*, 18 feb. 2006.
85. http://skysails.info/index.php?L=1
86. Alice Bows, Kevin Anderson & Paul Upham, *Contraction & Convergence: UK Carbon Emissions and the Implications for UK Air Traffic*, Tyndall Centre Technical Report nr. 40, februari 2006, p.23: www.tyndall.ac.uk/research/theme2/final_reports/t3_23.pdf
87. Kevin Anderson, pers. mededeling.
88. http://www.hacan.org.uk/
89. http://www.planestupid.com

Hoofdstuk 10: Virtueel winkelen

1. *Doctor Faustus*, p.145.
2. George Monbiot, *Captive State: The Corporate Takeover of Britain* (Macmillan, Londen, 2000), p.176.
3. Nigella Lawson, *Hoe te eten* (Uitgeverij Contact, 2002).
4. Robert Hogg & Henry Graves Bull, *The Herefordshire Pomona* (Jakeman & Carver, Hereford, 1876).
5. Willian Shakespeare, *Hendrik de Vierde,* Deel I, Derde Bedrijf, Derde Scène.
6. Royal Com. on Env. Pollution, 'Biomass as a Renewable Energy Source', 2004, tabel 3.1, p.38: http://www.rcep.org.uk/biomass/Biomass%20Report.pdf
7. J Sainsbury PLC, 'Sainsbury's Breathes Life into Greenwich Peninsula', persbericht, 14 september 1999: http://www.j-sainsbury.co.uk/files/reports/er1998/whatsnew.htm
8. *Ibid.*
9. Telefoon- en e-mail-verkeer tussen Matthew Prescott en J Sainsbury, 20 december 2005, 29 december 2005 en 9 januari 2006.
10. J Sainsbury PLC, *op. cit.* (noot 7, boven).
11. *Ibid.*
12. Nick Martin, 'Can we harvest useful wind energy from the roofs of our buildings?', *Building for a Future*, winter 2005/6, themanummer windenergie, tabel 2.
13. Britse Ministerie van Verkeer, 'Transport Statistics Bulletin', 2005, § 7, tabel 7.1: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstats/documents/page/dft_transstats_039338.pdf
14. *Ibid.*, tabel 7.2.

15. Greg Palast, *The Best Democracy Money Can Buy* (Constable and Robinson Ltd, Londen, 2003), p.279-80, 285.
16. Britse Ministerie van Milieu, Verkeer en de Regio's, *A New Deal for Transport: Better for Everyone* (Stationery Office, Londen, 1998).
17. S. Cairns e.a., *Smarter Choices – Changing the Way We Travel*, Britse Ministerie van Verkeer, 2004, hfst. 12 (Home shopping): http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_susttravel/documents/page/dft_susttravel_029756.pdf
18. *Ibid.*, p./305.
19. Tesco Customer Services (08457 225533), 6 april 2006, pers. mededeling.
20. http://www.tesco.com/help/page.asp?choiceA=groc&choiceB=5
21. Rob Scott McLeod, 'Ordinary Portland Cement', *Building for a Future*, herfst 2005.
22. Ernst Worrell e.a., 'Carbon Dioxide Emissions from the Global Cement Industry', *Annual Review of Energy and Environment*, vol. 26 (2001), p.303-29.
23. *Ibid.*
24. David Ireland, 'The Green House Effect', *The Guardian*, 5 mei 2005.
25. Ernst Worrell e.a., *op. cit.* (noot 22, boven).
26. Rob Scott McLeod, *op. cit.* (noot 21, boven).
27. Fred Pearce, 'The Concrete Jungle Overheats', *New Scientist*, 19 juli 1997.
28. David Pocklington, British Cement Association, pers. mededeling.
29. Fred Pearce, *op. cit.* (noot 27, boven).
30. Ernst Worrell e.a., *op. cit.* (noot 22, boven).
31. Jon Gibbins e.a., 'Scope for Future CO_2 Emission Reductions from Electricity Generation through the Deployment of Carbon Capture and Storage Technologies', presentatie op conferentie 'Avoiding Dangerous Climate Change', Britse Meteorologische Dienst, Exeter, 2005.
32. IPCC, *Climate Change 2001: Working Group III – Mitigation*, § 3.5.3.5 (Material Efficiency Improvement): http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg3/109.htm
33. Rob Scott McLeod, *op. cit.* (noot 21, boven).
34. Autoclaved Aerated Concrete, 'The Material Aircrete (Autoclaved Aerated Concrete, AAC) and How to Make It', ongedateerd: http://www.pb-aac.de/basemat.html
35. David Olivier, Energy Advisory Associates, ingezonden brief, *Building for a Future*, winter 2005/6.
36. Godfrey Boyle, Bob Everett & Janet Ramage (red.), *Energy Systems and Sustainability* (Oxford University Press, Oxford, 2003), tekstkader 3.2, p.106.
37. Portland Cement Association, 'High Strength Concrete', ongedateerd: http://www.cement.org/basics/concreteproducts_histrength.asp
38. D.J. Gielen, 'Building Materials and CO_2: Western European Emission Reduction Strategies', Energie Centrum Nederland, 1997, p.55: http://www.ecn.nl/docs/library/report/1997/c97065.pdf
39. *Ibid.*
40. *Ibid.*, p60.
41. Michael Judge, 'Our Flexible Friend', *New Scientist*, 10 mei 1997.
42. Gayle MB Hanson, 'Like a rock … Only Harder: Process for Making New Building Material', *Insight on the News*, 4 augustus 1997.

43. Michael Judge, *op. cit.* (noot 41, boven).
44. Supramics, 'Better, Cheaper, Faster ... and Cleaner', persbericht, 21 mei 1996. http://www.supramics.com/press/supress1.html45. Michael Judge, *op. cit.* (noot 41, boven).
46. Supramics, *op. cit.* (noot 44, boven).
47. Telefoongesprek met Roger Jones, Supramics, 7 april 2006.
48. Los Alamos National Laboratory, 'Los Alamos Paves the Way for Better Cement', 27 januari 1997: http://www.supramics.com/press/lanl.html
49. TecEco Pty Ltd, 'Eco-cement', ongedateerd: http://www.tececo.com/simple.eco-cement.php
50. John Harrison, TecEco, aangehaald door Fred Pearce, 'Green foundations', *New Scientist*, 13 juli 2002.
51. Benjamin Herring, 'The Secrets of Roman Concrete', *Constructor*, september 2002: http://www.romanconcrete.com/Article1Secrets.pdf
52. Geopolymer Institute, 'Cements, Concretes, Toxic Wastes, Global Warming', ongedateerd: http://www.geopolymer.org/what_is_a_geopolymer/geopoly_vs_portland_cement.html
53. Zongjin Li, Zhu Ding & Yunsheng Zhang, 'Development of Sustainable Cementitious Materials', in: *Proceedings of the International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, p.55-76, Beijing, China, mei 2004: http://www.cptechcenter.org/publications/sustainable/lisustainable.pdf
54. Rob Scott McLeod, *op. cit.* (noot 21, boven).
55. Geopolymer Institute, *op. cit.* (noot 52, boven).
56. CSIRO, 'Geopolymers: Building Blocks of the Future', ongedateerd: http://www.csiro.au/csiro/content/standard/ps19e.html
57. Zongjin Li, Zhu Ding & Yunsheng Zhang, *op. cit.* (noot 53, boven).

Hoofdstuk 11: Apocalyps uitgesteld

1. *Doctor Faustus*, p.101.
2. David R. Criswell, University Of Houston, 'Lunar Solar Power System: Industrial Research, Development and Demonstration', 18e Congres Wereld Energie Raad, Buenos Aires, oktober 2001: http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/18th_Congress/dsessions/ds2/ds2_17.asp
3. Zie bijvoorbeeld A. Gnanadesikan, J. L. Sarmiento & R. D. Slater, 'Effects of Patchy Ocean Fertilization on Atmospheric Carbon Dioxide and Biological Production', *Global Biogeochemistry Cycles*, vol. 17 (2003), p.1050.
4. Royal Com. on Env. Pollution, *Energy – The Changing Climate*, juni 2000, § 3.26: http://www.rcep.org.uk/newenergy.htm
5. Marina Murphy, 'The Wright Wind Scrubbers: First Prototype', *Chemistry and Industry*, 5 april 2004: http://www.chemind.org/CI/viewissue.jsp?dateOfIssue=2004-04-05&currentIssueType=News&pt=CI
6. Michael Behar, 'How Earth-Scale Engineering Can Save the Planet', *Popular Science*, juni 2005: http://www.popsci.com/popsci/aviationspace/3afd8ca927d05010vgnvcm1000004eecbccdrcrd/4.html

7. Paul Rincon, 'Plan to Build Emissions Scrubber', BBC *News Online*, 13 april 2004: http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3612739.stm
8. Liz Tilley, Global Research Technologies, 11 april 2006, pers. mededeling.
9. Anonymus, 'A Mirror to Cool the World', *New Scientist*, 27 maart 2004.
10. Michael Behar, *op. cit.* (noot 6, boven).
11. Anonymus, *op. cit.* (noot 9, boven).
12. Kenneth Deffeyes, aangehaald door Bob Holmes & Nicola Jones, 'Brace Yourself for the End of Cheap Oil', *New Scientist*, 2 augustus 2003.
13. U.S. Geological Survey, 'World Petroleum Assessment 2000: Executive Summary', 2000: http://pubs.usgs.gov/dds/dds-060/
14. Matthew Simmons, *Twilight in the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy* (Wiley, New York, 2005).
15. Energy Intelligence, 'High Oil Prices: Causes and Consequences', 2005: http://www.energyintel.com/datahomepage.asp?publication_id=65
16. Jean Laherrere, 'Is USGS 2000 Assessment Reliable?', 2 mei 2000: http://energyresource2000.com
17. Robert L. Hirsch, Roger Bezdek & Robert Wendling, 'Peaking Of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management', Amerikaanse Ministerie van Energie, februari 2005, te lezen op http://www.hubbertpeak.com/us/NETL/OilPeaking.pdf
18. John Lothrop Motley, *The Rise of the Dutch Republic*, 1855, deel 2, te lezen op http://historicaltextarchive.com/books.php?op=viewbook&bookid=60&cid=11
19. Larry Lohmann, 'Marketing and Making Carbon Dumps: Commodification, Calculation and Counterfactuals in Climate Change Mitigation', *Science as Culture*, vol. 14 (september 2005), p.203-35.
20. Zie Kevin Smith e.a., *Hoodwinked in the Hothouse: The G8, Climate Change and Free Market Environmentalism*, Transnational Institute Briefing Series, 30 juni 2005: http://www.tni.org/reports/ctw/hothouse.pdf
21. Esteve Corbera, 'Bringing Development into Carbon Forestry Markets: Challenges and Outcomes of Small-scale Carbon Forestry Activities in Mexico', in: D. Murdiyarso & H. Herawati (red.), *Carbon Forestry: Who will benefit?* (Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2005).
22. Robert B. Jackson e.a., 'Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration', *Science*, vol. 310 (23 december 2005), p.1944-7.
23. Mark Broadmeadow & Robert Matthews, 'Forests, Carbon and Climate Change: The UK Contribution', juni 2003, p.3: http://www.forestry.gov.uk/pdf/fcin048.pdf/$FILE/fcin048.pdf

Index: zie www.hitte.nl

Index

aardgas
  CO_2-uitstoot 141
  distributienet 211-212, 214-215
  prijzen 103
  subsidies 106-108
  voorraden 142-144
  en waterstof 247
aardolie *zie* olie-industrie
aardwarmte 192
Advancement for Sound Science Coalition (TASSC) 76-82
Advisory Council for Aeronautical Research 264
alternatieve energie *zie* duurzame energie
Amazone-regenwoud 41, 46-47
Anderson, Kevin 274
Andrews, Dave 212, 248
Antarctica + zuidpoolgebied 41-42, 45-46
APCO 75-77, 79, 81-82
autoferries 273
auto-industrie
  brandstofcellen op waterstof 243-248
  nieuwe modellen 235-237
autovervoer
  alternatieven voor 234, 249
  carpoolen 252-253
  CO_2-uitstoot 223-225, 235, 267
  snelwegcapaciteit 229
  verkeersstatistieken 223-225, 229
  en winkelen 286
  zie ook auto-industrie
autowegen 227-229
Azar, Christian 102

Bangladesh 61-62
Bassendine, David 242
BBC 83
Beddington Zero Energy Development (BedZed) 30, 125-126
belastingen
  auto's 90-92
  energie 259
  kerosine 231
  olie en gas 108
Bellamy, David 65-66
biobrandstoffen 238-239, 242, 267-268
biodiesel 188-191, 237-243
biogas 193-194
biomassa 189-191
Blair, Tony 63
bodemwarmtepompen 192-193, 207, 283
bosbouw, bossen
  Amazone-regenwoud 41, 46-47
  klimaatcompensatie 308-309
  palmolieplantages 240-243
bouwvoorschriften 120-123
Boyle, Godfey 31
brandstofcellen 212-213, 243-248
Brazilië 242
broeikasgassen 38, 55, 213
  zie ook CO_2-uitstoot; methaan
Brookes, Len *zie* Khazzoom-Brookes-postulaat
Brown en Williamson 78
Building Research Establishment 121
Burke, Tom 160
Bush, George W. 238
busvervoer, interlokaal 224-234, 266

Cato Institute 70, 82
cementindustrie 290-297
China 26, 42-43
Christy, John 40-41, 71

Civil Aviation Authority 263
CO_2-afvang en -opslag
  cementindustrie 291
  elektriciteitscentrales 144-150, 162-163, 201-202
  waterstofproductie 211, 244
CO_2-uitstoot
  autovervoer 224-225, 235, 266
  bestrijdingskosten 101-104
  busvervoer, interlokaal 224-225, 266
  cementindustrie 290-292, 295-296
  emissiehandelssystemen 95, 260-262, 277
  kernenergie 159-160
  klimaatbudgetten 92-98, 111-112, 116
  klimaatcompensatie 306-309
  luchtvaart 257-263, 266, 275-276
  per persoon 24-27, 55, 60-62
  positieve terugkoppelingen 47-49
  reductiedoelstellingen 55, 87-88, 97-98
  spoorvervoer 224-225, 266, 272
  stijgende concentraties 38-39, 47-49
  wegvervoer 224-225
compensatie voor CO_2-uitstoot 306-309
Competitive Enterprise Institute 67, 80, 82, 84
Cooney, Phil 84-85
Copper, Yvette; Yves Cooper 119
Crandall, Candace 68
Crutzen, Paul 51

Darling, Alistair; Dowing 232
detailhandel 278-289
Doyle, Jack 162
drinkwater 44, 55
droogtes 55, 61
  zie ook watertekorten
Dunham, Chris 204
Dunster, Bill 30-31, 125-126, 204
duurzaam toerisme 254-255

duurzame energie 164-169, 172-176, 179, 185-186
zie ook biodiesel; biobrandstoffen; energiegewassen; getijden-, golfslag-, wind-, zonne-energie

Ebell, Myron 84
Eisenhouwer, Dwight 156
elektriciteit
DC-hoogspanningsleidingen 169-170, 181
energiebronnen 140-142
landelijk net 195, 215-217
micro-opwekking 195, 203-207, 215-217
opslag 182
opwekkingskosten 140, 177-181, 200-201
prijzen 103, 157, 177-178
reservevermogen 173-177, 179-182
verbruik 132-125, 165, 281-282
voorziening 169-173, 181, 215-217
vraag 137-141, 184-185
waterkracht 166, 182
elektrische apparaten 131-134, 184-185, 199
elektrische auto's 248
emissies *zie* CO_2-uitstoot
energie
belastingen 90-91
efficiëntie 114-117, 121-123
labels 113-114
verbruik 281
energiegewassen 188-190, 201, 238-243
energie-internet 195-196, 215-217
Energy Research Centre 174
Energy Saving Trust 207
Energy Technology Support Unit (ETSU) 165-167, 191, 197-198
Environmental Protection Agency 81, 84
ethanol 238, 240, 268
Ethiopië 61-62, 298-299
ethisch toerisme 254-255

Europees Milieu Agentschap 107
extreem weer 44-45, 61, 101
Exxon Mobil 69-74, 78-80

fabrieken 281
fietsvervoer 223-224, 249
Fleming, David 93
Forrest, Colin 24-25, 55
fossiele brandstoffen
  CO_2-afvang en -opslag 144-150, 162-163, 201
  zie ook aardgas; kolenindustrie; olie-industrie
Free Enterprise Action Institute 80
Free Enterprise Education Institute 80
Freedom to Fly Coalition 263-264
Friends of the Earth 206, 241, 262

gas *zie* aardgas
gematigde streken, klimaatverandering in 62-63, 299
Geological Society 142
George C. Marshall Institute 73-74
George Mason University, Law and Economics Centre 70, 82
getijdenenergie 165-166, 178-179, 201
Gibbins, Jonathan 146
gletsjers 41-42, 45, 65-69, 88
golfslagenergie 165-166, 178-179, 201
Golfstroom 49-51
Greenpeace 195-196, 204-205, 215-216

Hawken, Paul 115, 244
heffingen *zie* belastingen
Heritage Foundation 70, 82
hernieuwbare energie *zie* duurzame energie
Hillman, Mayer 21, 93
Hirsch, Robert L. 109-110
Hitchens, Peter 64, 71
hittegolven 45
honger 55, 189

hoogspanningsleidingen voor directe stroom 169-170, 181
hout als brandstof 187-191
Howard, John 85
huishoudelijk apparatuur 131-134, 184-185, 199
huizen *zie* woningen

ijskappen, ijsplaten *zie* gletsjers
Indonesië 241-243
Inhofe, James 84
isolatie 119-120
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
  klimaatverandering 41, 45-47
  luchtvaart 258, 263, 269
  personeelswisseling 85
  prijs van een mensenleven 100
International Association of Hydrogeologists 44
International Energy Agency 109, 143, 162, 172, 200, 216
International Rice Research Institute 43
internet-winkelen 287-289
Ireland, David 290

J. Sainsbury plc 284
Jenkins, Nick 161
Jevons, Stanley 114
junk science *zie* pseudo-wetenschap

kantoorgebouwen 281
Kemp, Roger 271-273
kernenergie 140, 151-161, 163, 201
kernafval 151-154
kernwapens 151, 158
Khazzoom-Brookes-postulaat 113-115, 233
King, Sir David 88-89
klimaatverandering
  bestrijdingskosten 99-103, 105-107
  in gematigde streken 63, 299
  ontkenning van 67-70, 85-89

politieke wil om op te treden 162, 297, 308-311
positieve terugkoppeling 47-49
zie ook mondiale opwarming
koeling 282-283
kolenindustrie
kooldioxide *zie* CO_2-uitstoot
koolstof *zie* broeikasgassen; CO_2-uitstoot
koraalriffen 41, 46, 55
Kyoto-verdrag 57, 98, 141, 306

lampen 282-284
landbouw
energiegewassen 188-189, 201, 238-243
opbrengsten 43-45, 55
Latham, John 304
Lawson, Nigella 279-281
Leeuwen, Jan van 159-160
Leggett, Jeremy 196-197, 201-202
Lomborg, Bjørn 98-102
loopbussen 250
Lovelock, James 34, 54
Lovins, Amory 115, 244
Lovins, Hunter 115, 244
luchthavens 262-263, 277
luchtschepen 274-275
luchtvaart
CO_2-uitstoot 257-259, 262, 264, 266, 271-274
en energie-efficiëntie 116, 269
hogesnelheidstrein 270-272
kerosinebelasting 260-261
keuzevrijheid om te vliegen 63, 256, 276-277
oorzaak van klimaatverandering 257-259, 265
passagiers 263-264
verkeersleiding 267
zie ook vliegtuigindustrie
Luntz, Frank 69
Luxemburg 62

Maleisië 241-243
Marshall, George 136, 272
Merlo, Ellen 75, 81
Meteorologische Dienst, Britse 46, 55-56
methaan 38, 48, 193, 218
Meyer, Aubrey 92
micro-opwekking (van stroom) 195, 202-207, 215 - 218
Milloy, Steven 79-80, 83
mondiale opwarming
  gevolgen 42-56
  effecten in gematigde streken 63, 299
  luchtvaart als hoofdoorzaak 257-259, 265
  speculatieve technologieën ertegen 300-305
  temperatuurstijging 39, 40-41, 52
  twee graden als kritische drempel 54-57, 89, 99
  zie ook klimaatverandering
Motley, John Lothrop 305
Myers, Norman 106

National Academy of Engineering 208-211, 244-248
National Academy of Sciences 40, 73-74
National Center for Atmospheric Research 48
National Oceanography Centre 50
noordpoolgebied 41, 45

oceanen 39, 41, 49-51, 304
olie-industrie
  prijzen 247
  subsidies 106-107
  voorraden 108-109, 142, 304
openbaar vervoer 222, 225, 249-250
Oregon Institute of Science and Medicine 73
Oregonpetitie 73
orkanen 45, 99-100
Oxford University, Environmental Change Institute 127-128, 132, 135-136, 139-140, 174

pakhuizen 281, 287-288
palmolie 240-243
parkeerplaatsen 285-286
Parliamentary Office of Science and Technology 142
Parry, Martin 42
passiefhuizen 123-125, 292
passief roken 82
Pearce, Fred 188
permafrost 41, 48
Perm (geologisch tijdvak) 52-54
Philip Morris 74-82
Phillips, Melanie 64
Potsdam Institute for Climate Impact 55, 57
pseudo-wetenschap 78-84

Randol, A.G. 85
regenwouden 41, 46-47, 241-243
reistempo 228-230, 234-235, 270-272, 275
Retallack, Simon 88-89
rijst 42-43
Robinson, Arthur B. 73
Rocky Mountains Institute 236
Roddick, Anita 255-256
roken 74-80
Royal Academy of Engineering 232
Royal Commission on Environmental Pollution
  duurzame energie 174-176, 187, 189-191
  gasvoorraden 142-143
  stroomopslag 183-184
  vliegtuigindustrie 257, 265, 269
Royal Society 40

scheepvaart 272-274
Schneider, Stephen 102
schoolvervoer 250
Science and Environmental Policy Project (SEPP) 67-71
Seitz, Frederick 71-74, 81, 84

SEPP (Science and Environmental Policy Project) 67-71
Sharman, Hugh 177
Sheffield Hallam University 189
Siberië 41, 48
Sinden, Graham 180-181
Singer, S. Fred 67-68, 71, 79-84
Sloman, Lynn 249
Smith, Philip 159-160
snelwegen 227-229
Spencer, Roy 40
spoorvervoer
  CO_2-uitstoot 224-225, 266, 272
  hogesnelheidstreinen 270-271
steenkool *zie* kolenindustrie
Storkey, Alan 227-234
stormvloeden 44, 61
strijdkrachten 112
Strong, David 121-122
stroom *zie* elektriciteit
subsidies
  fossiele brandstoffen 106-108
  kernenergie 155-157
Sustainable Aviation Group 255
Sustainable Development Commission 159

tabaksindustrie 74-80
TASSC (The Advancement for Sound Science Coalition) 76-82
taxibussen 250
telewerken 251-253
Teller, Edward 304
thuisbezorgen 286-289
thuiscentrales 195, 202-207, 215 - 218
thuiswerken 251-252
Tickell, Oliver 185
toerisme 254-256, 276-277
treinen *zie* spoorvervoer

transport *zie* CO_2-uitstoot; auto-, bus-, fiets-, openbaar, school-, spoor-, vracht-, wegvervoer, luchtvaart
troposfeer, afkoeling van 40, 71
Tyndall Centre for Climate Change Research
  brandstofcellen 247
  decentrale elektriciteitsnetten 216
  luchtvaartindustrie 262, 264, 275
  warmtekrachtkoppeling 198, 206
  zonne-energie 197-198

University College, London 46
uranium 158-160

Verenigde Naties, Raamverdrag Klimaatverandering (Kyoto-verdrag) 57, 98, 141, 306
verlichting 282-284
verwarmingssystemen
  bodemwarmte 191-192. 207-208, 283
  warmtekrachtkoppeling 204-208, 213
  voor winkels 181-182
  voor woningen 187-194
vliegtuigen, propeller- 266, 275
vliegtuigindustrie 264-269, 274
vliegverkeer *zie* luchtvaart
Voedsel en Landbouw Organisatie (FAO) 42, 191
voetgangersgebieden 233
vrachtvervoer 278-281

warmtekrachtkoppeling 195, 202-207, 215 - 218
Warren, Andrew 120
water, drink- 44, 55
waterkracht 166, 182
waterstof
  gebruik in vliegtuigen 268-269
  gebruik in motorvoertuigen 243-248
  productie 208-215
watertekorten 55, 188-189

Watson, Harlan 86
Watson, Robert 85
Waxman, Henry 107
weer, extreem 44-45, 61, 101
wegvervoer 106, 225, 229, 231-234
Wereldbank 169
WhisperGen-generator 205-206
Witte Huis
84-86
windenergie
  microturbines 30, 203-205
  netaansluiting 161-162, 164
  opwekkingskosten 178, 201-202
  realiseerbaar potentieel 164-169, 181, 285
  reservevermogen 173-174, 177
winkelen 278-289
woestijnen 170, 172
woningen
  cementgebruik bij bouw 290-291
  energie-efficiëntie 120-122
  gemiddelde kamertemperatuur 119
  huurwoningen 127
  isolatie 119-120
  passiefhuizen 123-125, 292
  renovatie, verbouwing 118-119, 127-130, 135-136
  verwarming 186-194
World Glacier Monitoring Service 65-68
World Meteorological Organization 38
World Nuclear Association 160

zeespiegelstijging 41, 44
ziektes 41, 44
zonnewarmte 191
zonne-energie 166-167, 170, 196-202, 283-284
zuidpoolgebied 41-42, 45-46