

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 Bedrijf¹*

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 versted 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 leveren⁶ en kan binnen vijftien seconden in werking worden gesteld.⁷ Ik schep er genoeg 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 iets 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 CO₂-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.

<i>Energiebron</i>	<i>Aandeel in landelijke stroomvoorziening (in procenten)</i>
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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂ 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 olieprijsen 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 energie zaken, 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 Britse 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 CO₂-uitstoot met 80³⁵ of 85³⁶ procent terugdringen, in ieder geval op papier. Daartoe bestaat een technologie die bekend staat als 'CO₂-afvang en opslag'. Dit houdt in dat de CO₂ 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 verwijdt Statoil jaarlijks 1 miljoen ton CO₂ 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 CO₂ zit als verontreiniging in het aardgas, dat daardoor minder waard wordt.) Sinds 1954 heeft het Canadese bedrijf EnCana CO₂ 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 CO₂ ondergronds te blijven.³⁹

Er zijn diverse manieren voorhanden om CO₂ 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 CO₂ wordt weggevangen.⁴¹ Dit chemische mengsel wordt dan verhit om de CO₂ 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 gecompriëerd en door een pijpleiding naar een ondergronds opslagreservoir gepompt. Er zijn verschillende geologische formaties die geschikt lijken om het CO₂ tot in lengte van dagen vast te houden. De

volgende tabel toont een lijst van potentiële reservoirs, met de hoeveelheid CO₂ die ze zouden kunnen bergen.

<i>Type reservoir</i>	<i>Mondiale capaciteit (miljarden tonnen)</i>
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 CO₂.⁴⁴ Als de hoogste schattingen juist zijn, zou je in principe de komende vierentwintig jaar deze hele CO₂-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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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-Britannië jaarlijks 172 miljoen ton CO₂, 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 CO₂-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 CO₂-uitstoot nog altijd 80-90 procent is,⁵⁶ terwijl de CO₂ 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 CO₂-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 geparereerd 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 CO₂ 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 ‘berg-topverwijdering’. 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 kolenaafgravingen 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 CO₂-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 CO₂-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 zeebodembodem liggen gigantische steenkoolvoorraden.⁶⁶

Maar zelfs als we besluiten dat het wegvangen en opslaan van de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-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, verbeterd 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 afvalopslagplaatsen⁷⁶ (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 betrappt 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-Britannië 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 overheids subsidies. 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-Britannië 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 garantiebetalings 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 Eisenhower, 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

<i>Bron</i>	<i>Stroomprijs per kilowatt-uur in eurocenten</i>
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 geprijsd' 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 CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-uitstoot met 97 procent kunnen verminderen! De kernenergicritici 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 CO₂-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 omstrede 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 CO₂. 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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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?