

**Bevolkingsgroei:
een kruitvat?**

Bevolkingsgroei: een kruitvat?

Samenstelling: Jan Weerdenburg

**Uitgave: Bureau Studium Generale
Universiteit Utrecht
Heidelberglaan 8, 3584 CS Utrecht**

Studium Generale reeks 9606

Uitgave van Bureau Studium Generale van de Universiteit Utrecht, december 1996.
Overname van één of meer artikel(en) of gedeelte(n) daaruit is slechts toegestaan na verkregen toestemming van Bureau Studium Generale van de Universiteit Utrecht en betreffende auteur(s).

Samenstelling: Jan Weerdenburg.

Verwerking van de artikelen en lay-out: Saskia van Huisstede en Käthe Grauenkamp.

Tekening omslag: Jos Collignon.

Ontwerp omslag: Frans Janssen.

Druk: Brouwer Uithof.

ISBN 90-393-1485-3

Inhoudsopgave

	Pag.
Inleiding <i>Jan Weerdenburg</i>	7
Naar een nieuwe wereldorde: anarchie? <i>H.W. Tromp</i>	9
Bevolkingsgroei en wereldvoedselvoorziening <i>R. Rabbinge</i>	25
Wereldbevolkingsgroei en energieproblematiek <i>M.C.E. van Dam-Mieras</i>	35
Nationaal en internationaal beleid <i>G.H. Vonkeman</i>	57
Personalia	73

Bevolkingsgroei: een kruitvat?*

Bevolkingsgroei in samenhang met milieuproblemen
als mogelijke bron voor conflicten

Jan Weerdenburg

Bevolkingsdruk, uitputting van landbouwgronden en klimaatveranderingen worden steeds vaker genoemd als mogelijke oorzaken voor het verdwijnen van vroegere beschavingen. De ondergang van de Maya-cultuur in Midden Amerika en de Myceense beschaving in Griekenland worden in dat verband als voorbeelden aangehaald). Clive Pointing opent zijn boek *A Green History of the World* met het bizarre voorbeeld van de kolonisatie, bloei en ondergang van de beschaving op het Paaseiland. Verwoesting van het milieu leidde daar uiteindelijk tot kannibalisme. Het zijn enkele voorbeelden uit het verre verleden. Prof. Norman Myers somde in een lezing zes jaar geleden in het Studium Generale-programma *Naar een duurzame veiligheid?* een heel rijtje aan recente conflicten op die direct of indirect milieufactoren als oorzaak kenden. En over de toekomst?

'Let us bear in mind that within the next 35 years we are going to have twice as many people on earth, and that they will be looking for three times as much food and demanding four times as much energy as is the case today. A massive potential there for environmental conflict', aldus Norman Myers in de eerdergenoemde lezing.

De wereldbevolking stijgt explosief. Sinds 1950 is een vijfde deel van de landbouwgronden verloren gegaan door erosie en verkeerd gebruik. En dan hebben we het nog niet eens over mondiale problemen als (mogelijke) klimaatveranderingen door de verdere opwarming van de aarde en de aantasting van de ozonlaag. De logica lijkt onontkoombaar. Dat moet fout gaan. *De wereld gaat vechten om graan* kopt de Volkskrant bij een interview met Lester Brown, directeur van het Worldwatch Institute (3 maart 1990).

* Lezingenserie in het kader van de universitaire vredesdagen

Gaat het hier nu om de sombere visioenen van slechts enkele doemdenkers die we niet al te serieus moeten nemen? Of vormt de toenemende bevolkingsdruk in samenhang met milieuproblemen inderdaad een steeds grotere bedreiging voor vrede en veiligheid. In het programma *Bevolkingsgroei: een kruitvat*, georganiseerd door het Bureau Studium Generale in het kader van de Universitaire Vredesdagen, is vanuit verschillende invalshoeken naar de problematiek gekeken. Zowel 'pessimisten' als 'optimisten' kwamen aan het woord. In deze bundel zijn een aantal van de bijdragen aan dit programma gebundeld.

Naar een nieuwe wereldorde: anarchie?*

H. W. Tromp

Bevolkingsexplosie?

De Bello Gallico, Julius Caesars befaamde verslag van zijn veroveringen in Frankrijk, Engeland en Duitsland, behoorde op het ondertussen vrijwel afgeschafte gymnasium tot de verplichte literatuur. Het is eenvoudig, helder en duidelijk geschreven. Dat moest ook wel, want de tekst was bedoeld voor de leden van de Senaat in Rome. Het bevattingsvermogen van politici werd ook toen al niet overschat.

Honderden jaren beheerste het Romeinse imperium het gebied rond de Middellandse Zee. Het voerde oorlogen tot in Azië en Afrika, er werd veroverd, vermoord en desnoods uitgeroeid — er is niemand uit Carthago die dat kan tegenspreken. Maar de Romeinse geschiedenis is een geschiedenis van de handel en wandel van hooguit tien tot twintig miljoen mensen, waarschijnlijk dus niet veel meer dan er nu in de Staat der Nederlanden leven: en vanuit het perspectief van de twintigste eeuw gaan Caesars oorlogsreportages over burenruzies rond een dorpspomp op een binnenhof.

Want in tweehonderd voor Christus leefden er in geheel Europa slechts 26 miljoen mensen en achthonderd jaar later was dat aantal nog ongewijzigd. De totale bevolking van Europa bleef eeuwenlang betrekkelijk stabiel.

Honderden jaren lang werd Europa van de Atlantische Oceaan tot de Oeral bevolkt door minder mensen dan er in de Benelux wonen.

* Tekst zoals uitgesproken ter gelegenheid van de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de internationale veiligheidsvraagstukken, in het bijzonder met betrekking tot milieuconflicten, op 10 januari 1995.

Maar nu omvat de Europese bevolking meer dan achthonderd miljoen mensen, de wereldbevolking nadert de zes miljard en elk decennium komt er een miljard bij.

Het is een bevolkingsexplosie die al heeft geleid tot onmiskenbare milieuveranderingen. De consequenties van deze milieuveranderingen bedreigen ieders veiligheid. Het gaat om directe en reële bedreigingen zonder dat er een vijand of agressor is aan te wijzen, of het zou de ontdekking van Alice in Wonderland moeten zijn: de vijand, dat zijn wijzelf. Want het gaat om bedreigingen die het directe gevolg zijn van menselijk ingrijpen. Het gaat om de afbraak van de ozonlaag en om een globale temperatuurstijging, om klimaatsverandering en om een verhoging van de zeespiegel; het gaat om de vervuiling en vergiftiging van lucht, grond en water door de verspreiding van chemisch en radio-actief afval. Het gaat om de vernietiging of het verbruik van onvervangbare bronnen van voedsel en energie, zoals het kappen van de tropische regenwouden, wat onvermijdelijk gevolgd wordt door erosie en woestijnvorming en het verlies van biodiversiteit; en tenslotte gaat het om een snel toenemende schaarste aan simpele fundamentele behoeften: voedsel en water.

Deze ontwikkelingen bedreigen iedereen, ongeacht nationaliteit, ras, geloof, inkomen of geslacht. Tegelijk zijn het bronnen van conflict. Oorlog ontstond als een machtsstrijd over de *beheersing* of de *verdeling* van land, lucht en water, van grondstoffen en van energie, en het is om dezelfde redenen dat in de nabije toekomst wanhopig gevochten zal worden — als dat al niet nu het geval is. Want als de wereldbevolking zich in de komende decennia verdubbelt, moet ook de voedselproductie binnen enkele decennia worden verdubbeld — in feite is nog veel meer nodig, omdat nu al honderden miljoenen honger lijden. Die verdubbeling is onuitvoerbaar. Het onvermijdelijke resultaat zal conflict en oorlog zijn, in een omvang en intensiteit die nooit eerder is bereikt.

De bevolkingsexplosie is dan ook een catastrofe van een omvang die in de geschiedenis zonder precedent is, en die zonder enige twijfel een eind zal maken aan de thans gevestigde orde. Massamoorden zoals in Cambodja en Rwanda, zullen op steeds grotere schaal plaatsvinden. Want het gaat om een *existentieel* conflict, het gaat om overleven. 'Future wars will be those of communal survi-

val aggravated or, in many cases, caused by environmental scarcity (...)’ (Robert Kaplan, ‘The Coming Anarchy’, *Atlantic Monthly*, February 1994, p. 74). Het is de oorspronkelijke reden voor alle oorlogvoering, maar de risico’s zijn groter dan ooit tevoren. Of, zoals de vroegere Amerikaanse minister van buitenlandse zaken Dean Rusk het kort voor zijn dood samenvatte: ‘(...) One of the oldest causes of war in history of the human race, *the pressure of people upon resources*, is being revived in a world in which thousands of megatons are lying around in the hands of frail human beings. The stakes involved (...) could not be more lethal.’

Milieuveranderingen

Het is echter opmerkelijk hoe breed de kloof is tussen wetenschap en politiek als het gaat om de al geruime tijd voorspelde consequenties van milieuveranderingen. Vanaf het eerste rapport van de Club van Rome, bijna dertig jaar geleden, hebben waarschuwingen nauwelijks enige invloed gehad op het beleid. Algemeen schijnt te worden aangenomen dat het allemaal wel weer mee zal vallen, dat de voorspelde milieuveranderingen niet zullen plaatsvinden, of dat die zonder ernstige sociale, economische en politieke consequenties zullen verlopen. Wie zich in het openbaar zorgen maakt, loopt de kans te worden bijgezet bij andere wereldvreemde wereldverbeteraars, en wordt op zijn best beschouwd als een na het einde van de koude oorlog gerecyclede doemdenker. Want ogenschijnlijk is er immers niets aan de hand. Weliswaar zijn de zomers heter en langer en de winters natter en warmer, maar dat zijn, zeggen de klimatologen, normale fluctuaties.

Van het voorspelde broeikaseffect is echter nog niet veel te merken omdat de al geproduceerde warmte eerst wordt opgenomen door de watermassa’s van de oceanen. Het duurt ongeveer dertig tot veertig jaar voordat het effect merkbaar wordt. ‘Derzeit spüren wir Klima-Änderungen die während der Adenauerzeit erzeugt wurden’, stelde een Duitse deskundige kortgeleden vast. *De zeespiegel* zal echter ondertussen stijgen als gevolg van de uitzetting van het water, en niet door het afkalven en smelten van de ijskappen rond de Polen. (Gelukkig maar: want als alle ijs zou smelten, zou de zeespiegel met meer dan tachtig meter stijgen.) Een geringe stijging van de zeespiegel zal echter ook al kunnen leiden

tot ingrijpende *klimaatsveranderingen*. Verandering van de richting van de Golfstroom bijvoorbeeld, kan voor Noordwest-Europa een nieuwe ijstijd betekenen, ondanks de verhoging van de globale temperatuur. Woestijnvorming van gebieden in de tropen is onvermijdelijk, en wordt versneld door de erosie van die gebieden die ontbost zijn om er landbouwgrond van te maken. In de waarneming van de Afrikaanse boeren ligt dat echter heel anders: zij zeggen dat 'de stenen groeien'.

Sociale en politieke consequenties

Een snelle globale temperatuurstijging is nu, evenals andere milieuveranderingen, niet meer tegen te houden. Wat overblijft, is de vraag *wat de sociale en politieke consequenties van deze en andere abrupte milieuveranderingen zullen zijn*.

Tot nu toe was er weinig reden die vraag te stellen, want alleen calamiteiten zoals vulkaanuitbarstingen, wervelstormen, aardbevingen of overstromingen, hadden geleid tot kortstondige verstoringen van de gevestigde orde. (Ook overstromingen als in 1993 in onder andere Limburg en in 1994 in Noord-Italië, konden nog worden afgedaan als betrekkelijk normale milieurampen, hoewel vernietiging van bossen, erosie van grond, en kanalisering van rivieren — dus: milieuveranderingen — al vaak als oorzaak werden aangewezen. Aan dergelijke incidentele catastrofes kun je niets doen, behalve de boel opruimen.

Maar nu zal het gaan om een geheel ander soort calamiteiten. Weliswaar hebben veranderingen in de globale temperatuur altijd al geleid tot veranderingen in het leefklimaat, het 'milieu'; en weliswaar hebben milieuveranderingen altijd al sociale en politieke consequenties gehad. Maar die veranderingen verliepen vanuit menselijk perspectief zo geleidelijk, dat ze onopgemerkt bleven. Er was dus ook geen enkele reden een oorzakelijk verband te leggen tussen klimaatsverandering aan de ene kant, en volksverhuizingen, invasies, het uitbreken van epidemieën (zoals de pest in de veertiende eeuw), het voeren van oorlogen, en het veroveren en koloniseren van grondgebied aan de andere kant. Er was geen besef van een globale temperatuurstijging of -daling. Het klimaat werd als een stabiel en onveranderlijk gegeven beschouwd want de veranderingen verliepen

zo langzaam dat ze aan systematische waarneming ontsnapten: de thermometer werd pas in de achttiende eeuw uitgevonden.

'Groen'-land?

Hoe geleidelijk die milieuveranderingen plaatsvonden, wordt geïllustreerd door de naam 'Groenland'. Want Groenland is niet groen, zoals iedereen op weg naar Washington of New York, duidelijk kan zien. Groenland is wit. Maar ooit waren daar groene weiden waarop schapen graasden. Groenland dankt zijn naam aan de Vikingen, die duizend jaar geleden niet alleen handelsposten stichtten in Rusland. Hun open schepen staken ook de Atlantische Oceaan over naar IJsland, Groenland en uiteindelijk zelfs Amerika. Vanaf 985 waren er bijna vijfhonderd jaar lang Viking-dorpen op Groenland, bewoond door circa tienduizend mensen. Rond 1250 begon echter een temperatuurdaling, die tot circa 1850 de globale temperatuur met naar schatting één of anderhalve graad Celsius heeft verlaagd. Groenland werd langzaam witter en rond 1480 waren de Viking-kolonies verdwenen.

Het ging hier om een temperatuurdaling van hoogstens twee graden over zeshonderd jaar, en sociale en politieke gevolgen zijn onmiskenbaar, al worden die pas nu aan die temperatuurdaling gerelateerd. Maar ze zijn logisch. Temperatuurverandering op lange termijn heeft gevolgen voor de omvang en de vruchtbaarheid van het landbouwareaal, de boomgrens verschuift, het ecologisch evenwicht wordt verstoord. Kleine klimaatveranderingen, zoals langdurige regenval waar dat niet gewoon was, kunnen leiden tot een verhoging van de opbrengst van de grond, wat weer kan leiden tot een snelle bevolkingsgroei en die kan vervolgens weer leiden tot migraties en invasies. Volksverhuizingen en veroveringsoorlogen gebeuren niet zomaar. Er loopt wat dat betreft een rechte lijn van de invasies in West Europa door de Hunnen en de Mongolen, naar de invasies van Oost Europa door Napoleon en vooral Hitler, die er geen geheim van maakte dat het om 'Lebensraum' te doen was. Dergelijke ontwikkelingen werden echter nooit aan milieuverandering gerelateerd, omdat milieuveranderingen plaatsvonden op een tijdsschaal die het menselijk waarnemingsvermogen te boven ging.

Maar nu is dat anders. In plaats van met twee graden in zes eeuwen, zal de globale temperatuur binnen een eeuw met minimaal drie en mogelijk zelfs zes graden stijgen, tot 18 of 21 graden Celsius. De analyses van de klimatologische deskundigen lopen ver uiteen, want ze zijn afhankelijk van uitgangspunten waarover onzekerheid bestaat, zoals stabilisatie, teruggang of toename van de kooldioxide-uitstoot, die hoofdverantwoordelijk is voor het zogenaamde broeikas-effect. Maar ook de meest geruststellende schatting, zoals een stijging met één graad, zal, op zo korte termijn, tot ernstige sociale en politieke consequenties leiden.

Breuklijnen

Het is niet moeilijk te voorzien dat de voorspelde milieuveranderingen de menselijke samenleving onder een druk zullen zetten die in de geschiedenis geen precedent heeft. Algemeen wordt verwacht dat *milieuveranderingen zullen leiden tot conflict en oorlog; en ik voeg daar aan toe dat die conflicten zich zullen voordoen als conflicten langs al bekende, oude breuklijnen.*

Elke menselijke samenleving wordt gekarakteriseerd door meervoudige breuklijnen ('faultlines'). Dat zijn niet de nationale staatsgrenzen. Het gaat om andere scheidingslijnen: verschillen in *religie*, in *cultuur* en *taal*, in *geschiedenis*. De Amerikaanse politicoloog Samuel Huntington heeft in 1993 in een veelbesproken artikel een 'Clash of Civilisations' voorspeld langs een breuklijn die overeenkomt met deze drie begrippen. Maar nog belangrijker zijn verschillen in *macht*, in *rijkdom*, en in *ras*. De strijd om de macht is de dominante factor in alle geschiedenis — want macht betekent bezit en beheersing: wie de macht heeft, heeft het voor het zeggen. De 'klassenstrijd' heeft echter, als vertaling van de breuklijn tussen arm en rijk, tussen proletariaat en kapitalisme, het wereldbeeld in deze eeuw beheerst: alle andere verschillen/breuklijnen werden eraan ondergeschikt gemaakt. Maar 'etnische tegenstellingen' hebben vrijwel onmiddellijk na het einde van de koude oorlog de klassenstrijd afgelost. Het is opmerkelijk hoe voormalige leden van communistische partijen zoals die in Joegoslavië, elkaar nu naar het leven staan als ethnische nationalist. De strijd om de macht vereist politiek opportunisme, waarin de ene tegenstelling blijkbaar gemakkelijk kan worden ingewisseld tegen een andere.

Het is niet moeilijk te voorspellen dat, als een samenleving onder druk wordt gezet, de kans toeneemt dat ze uiteen zal vallen langs deze breuklijnen en dat, als de druk te extreem groot wordt, alle breuklijnen zullen scheuren. Het is niet nieuw. Het is eerder beschreven als een 'bellum omnium contra omnes': het is een 'staat van anarchie', een burgeroorlog waarin iedereen met iedereen vecht om alles. De dertigjarige oorlog, die tussen 1618-1648 Duitsland verwoestte en de helft van de bevolking het leven kostte, is daarvan in Europa het beste voorbeeld — waarschijnlijk was het, relatief, de meest vernietigende oorlog uit de Europese geschiedenis.

De genocide in Rwanda is een duidelijke waarschuwing — naar ik hoop even duidelijk als de nucleaire catastrofe in Tsjernobyl dat was inzake de risico's van kernenergie. Rwanda heeft de hoogste bevolkingsdichtheid in Afrika. Elke vrouw brengt minstens acht kinderen ter wereld. De bevolking is er na 1945 verviervoudigd. Pogingen een miljoen mensen te doen emigreren, liepen eerder op niets uit. In 1994 volgde een geweldsexplosie waarin binnen een maand minstens vijfhonderdduizend, mogelijk een miljoen mensen werden uitgemoord. De breuklijn werd als 'ethnisch' beschreven. Dat was mogelijk omdat onder Belgisch mandaat ooit was verordonneerd dat op identiteitsbewijzen Tutsi of Hutu moest worden vermeld. Zien kon je dat niet. 'Antropologen en historici zijn het erover eens dat de omschrijving van Hutu's en Tutsi's als *stammen* en zelfs als afzonderlijke *ethnische groepen* belachelijk is'.

Het is even belachelijk om Friezen als een ethnische groep te omschrijven en om, als Nederland ethnisch gezuiverd zou moeten worden van alle Friezen, een Fries te definiëren als iemand waarvan de naam op 'a' eindigt: Adema, Albeda, Algra, Boersma, Lenstra, Ritsma, Troelstra, Zandstra, Zijlstra. Dat lijkt belachelijk; behalve voor wie weet dat in het voormalige Joegoslavië de naam nu ook vaak voldoende is voor een ethnische identificatie.

Het is vooral deze rassen-ideologie, die al werd gebruikt om volkerenmoord zoals op joden, zigeuners en andere zogenaamde 'Untermenschen' tijdens de Tweede Wereldoorlog te legitimeren, die nu opnieuw gebruikt wordt als de belangrijkste breuklijn. Concentratiekampen, ethnische zuiveringen en volkerenmoord op grond van een vermeende andere ethnische identiteit zijn nu binnen

en buiten Europa alweer gewoon; en algemeen wordt die ethnische breuklijn ook als een valide verklaring geaccepteerd, zoals bijvoorbeeld blijkt uit de VN-verdelingsplannen voor Bosnië-Herzegowina.

Hierover een opmerking apart: dat is even absurd als misdadig. Maar dat zijn morele oordelen die niet passen in waarde vrije academische analyses. Ik neem dat terug en beperk mij tot de mededeling dat wetenschappelijk gezien, de vermeende ethnische verschillen geen betekenis hebben. In 1923 beschreef Duitslands meest vooraanstaande rassen-bioloog Professor Max von Gruber, een exemplaar van het Arische ras als volgt: '(...) Gesicht und Nase schlechte Rasse, Mischung. Niedere, fliehende Stirn, unschöne Nase, breite Backenknochen.' De beschrijving betrof Adolf Hitler, (op wiens gezag later in dienst van de rassenzuiverheid miljoenen zouden worden vermoord omdat ze tot een slecht ras zouden behoren). Het illustreert, hoe rassentegenstellingen afhankelijk zijn van manipuleerbare percepties en opvattingen, in dienst van de politieke machtsstrijd. Recent genetisch onderzoek heeft echter uitgewezen dat de verschillen tussen twee Serviërs groter kunnen zijn dan tussen een Serviër en, bijvoorbeeld, een Hutu. Ethnische tegenstellingen zijn echter gemakkelijk te creëren en te manipuleren, want mensen zijn nu eenmaal verschillend.

Maar de conflicten gaan niet om verschil in ras, of godsdienst, of cultuur, taal of geschiedenis. Het gaat om niets anders dan de macht; en tegenstellingen of vermeende verschillen worden gebruikt om aanhang te mobiliseren en te motiveren en macht te veroveren. Om te begrijpen wat er thans gebeurt, is het dan ook niet nodig Karl Marx' analyses van het negentiende eeuwse Europa te raadplegen, hoewel dat onlangs weer werd bepleit. Het is eerder Nicolo Macchiaveli's beschrijving van het middeleeuwse Italië, dat herlezing verdient.

De analyse van deze breuklijnen is ook van belang, omdat samenlevingen niet langer tegenover elkaar staan als 'naties' of 'staten'. De tussenstatelijke oorlog is allang en zelfs letterlijk, uit beeld verdwenen. Op de televisie worden wel elke avond beelden getoond van aanslagen, gevechten en moordpartijen; maar geen ervan heeft betrekking op de Clausewitz-oorlog, zoals gedefinieerd in het volkenrecht. In plaats daarvan zijn de conflicten langs de beschreven breuklijnen gekomen, en die ondermijnen de staat; afscheidingsbewegingen, onafhankelijk-

heidsverklaringen en burgeroorlogen bepalen het beeld en wat er in beeld komt. De geschiedenis van vroegere conflicten wordt opgehaald om nieuwe te rechtvaardigen. Godsdienstoorlogen herleven: het tekent zich in Joegoslavië al af. Verschillen in taal en cultuur worden aangescherpt en leiden tot vreemdelingenhaat, zelfs in de democratische, multiculturele samenlevingen in West-Europa; in Algerije worden buitenlanders vermoord omdat ze buitenlanders zijn, en in Cambodja heeft de Rode Khmer een prijs van achtduizend dollar gesteld op het hoofd van elke vreemdeling.

Daarmee wordt de belangrijkste consequentie van milieuverandering zichtbaar: de menselijke samenleving wordt onder steeds grotere druk gezet en het aantal oorlogen en conflicten neemt toe. Tot nog toe is in de milieupolitiek en in de milieubeweging weinig aandacht geschonken aan de veiligheidsdimensie van milieubeleid. Het zou de argumenten voor een bewust milieubeleid kunnen versterken, als de relatie tussen milieuverandering en de sociale, economische en politieke consequenties daarvan duidelijk zouden worden gemaakt. Het is de internationale veiligheid die in die argumentatie voor een globaal milieubeleid, gericht op duurzame ontwikkeling ('sustainable development'), het zwaarst weegt.

Aan het einde van de koude oorlog: verandering van perspectief

Het is opmerkelijk tenslotte, hoe de uitkomsten van het natuurwetenschappelijke onderzoek naar milieuveranderingen, na het einde van de koude oorlog, de aandacht hebben getrokken van de sociale en politieke wetenschappen. Daarvoor waren drie redenen:

(1) In de eerste plaats dwong het einde van de koude oorlog tot een verandering van perspectief. Maar wat de politieke wetenschappen daarbij geheel ontregelde, was het vrijwel verdwijnen van haar klassieke object van studie: oorlog als voortzetting van een conflict — tussen staten.

Al tijdens de koude oorlog had de inzet van geweld voor politieke doeleinden vooral het karakter van een binnenlands conflict met buitenlandse inmenging

(zoals in Viëtnam en Afghanistan). Een oorlog tussen staten, zoals tussen India-Pakistan, of China-Viëtnam was hoogst uitzonderlijk en in het geval van Engeland-Argentinië zelfs gênant (de Engelse minister van buitenlandse zaken Lord Carrington schaamde zich zo voor dit failliet van de politiek dat hij ontslag nam). Algemeen werd oorlog tussen staten gezien als een zinloze terugval naar een voorbije ontwikkelingsfase: een regressie.

Maar het einde van de koude oorlog betekende ook het einde van de hegemoniale positie van de Sovjet-Unie en van de Verenigde Staten, binnen hun scherp afgebakende invloedssferen. Tijdens de koude oorlog liet de noodzaak die hegemoniale positie te behouden, geen opstanden en revoluties toe: de Pax Americana danwel de Pax Sovjetica, werden, desnoods met harde hand, gehandhaafd. Maar twee jaar na de val van de Berlijnse muur bestond de Sovjet-Unie niet meer, en nu staat ook de NATO volgens velen op het punt uiteen te vallen, vooral als gevolg van het feit dat de VS zich uit haar hegemoniale leidersrol heeft teruggetrokken. Het einde van de 'hegemonen' heeft echter de weg vrijgemaakt voor een toename van het aantal gewapende conflicten, en het einde is niet in zicht. Er zijn op dit moment tenminste 160 ernstige conflicten. De meeste hebben de vorm van burgeroorlogen, of worden beschreven als 'low intensity conflicts'. Tot de burgeroorlogen behoren alleen al onder de letter 'A': Afghanistan, Algerije en Angola. Meer bekend zijn de moordpartijen in Joegoslavië, Rwanda, Cambodja, Liberia, Tsjetsjenië en Armenië.

Tot de zogenaamde 'low intensity conflicts' wordt gerekend wat er in Turkije en Israël gebeurt, of tot voor zeer kort, in Noord-Ierland.

Te verwachten is dat steeds meer van deze 'low-intensity conflicts' tot massaal geweldgebruik zullen leiden, vooral omdat de wapens, geproduceerd en verfijnd gedurende een bewapeningswedloop van ruim veertig jaar, in overvloed beschikbaar zijn. Met name de ontwikkelingslanden, waar verder aan alles gebrek is, beschikken nu over een ruim assortiment aan wapens.

Door deze verandering van perspectief, verschoof de betekenis van de traditionele onderwerpen, zoals het machtsevenwichtdenken en de afschrikkingstheorie. In plaats van de studie van conflictbeheersing en wapenbeheersing, bleek het noodzakelijk de oorzaken van conflict op te sporen, en vooral, mogelijkheden te bedenken om ze te voorkomen danwel op te lossen. Er ontstond met andere woorden, een nieuwe onderzoeksagenda.

(2) In de tweede plaats gaf het optrekken van het ijzeren gordijn een toneel te zien vol onaangename verrassingen uit de nalatenschap van de architecten van de bewapeningswedloop. Bijna een halve eeuw lang hadden de militaire instellingen ongehinderd hun gang kunnen gaan bij het ontwerpen, testen en in massa produceren van chemische, biologische en nucleaire massaverdelgingsmiddelen, ten onrechte 'wapens' genoemd. De voormalige Sovjet-Unie blijkt nu al een rampgebied. Er zijn gebieden waar niemand gezond is en die beter voor honderden jaren onbewoonbaar kunnen worden verklaard, als gevolg van de onverantwoorde omgang met chemisch en nucleair materiaal. Duizenden tonnen nucleair en chemisch afval zijn in zee gedumpt; over de gevolgen daarvan is nooit nagedacht. '(...) We have already doomed ourselves for the next 25 years (...) The new generation is entering adult life unhealthy. The Soviet economy was developed at the expense of the population's health', aldus Vladimir Pokrovsky van de Russische Akademie van Medische Wetenschappen. Volgens de gegevens van de Akademie wordt 11% van de kinderen met afwijkingen geboren, en heeft 55% van de schoolgaande jeugd gezondheidsproblemen.

Ook in de VS zijn in de eerste plaats de gebieden waar kernwapens werden geproduceerd en getest, rampgebieden. De kosten voor een 'clean-up bill' worden nu geraamd op 200 miljard dollar. De kosten van het opruimen van alle zogenaamde 'hazardous waste sites' in de United States zijn geschat op 750 miljard dollar. En er zal betaald moeten worden, hoe dan ook: '(...) One way or another, society will pay — either in clean-up bills or in rising health care costs.'

(3) Tenslotte werd steeds meer de aandacht getrokken door alarmerende milieu-incidenten, zoals met de kernreactor op Three Miles Island in de VS, met dioxine in het Italiaanse dorp Seveso, en met de vergiftiging van de Rijn door het Zwitserse bedrijf Sandoz; daarnaast milieu-catastrofes met de kernreactor in Tsjernobyl en de duizenden doden als gevolg van een chemische gifwolk in het Indiase Bhopal. Daardoor werd duidelijk dat de manier waarop met het milieu wordt omgegaan, bepaald wordt door de verdeling van de wereld in formeel 'soevereine', 'autonome', 'onafhankelijke' staten, die in principe alleen rekening hebben te houden met hun eigen wetten en oekases; en alleen zolang ze het nuttig vinden, met afspraken en verdragen die ze met andere staten hebben gesloten.

Zo staat het Brazilië vrij, haar regenwouden te laten kappen, ongeacht de globale gevolgen voor het klimaat. Niemand kan Ethiopië of Turkije verbieden stuwdammen te bouwen in de bovenloop van rivieren waarvan andere staten aan de benedenloop afhankelijk zijn voor drinkwater, irrigatie, en dus voedsel. Elke staat kan kernenergiecentrales bouwen conform eigen veiligheidsvoorschriften: maar rampen hebben wel grensoverschrijdende gevolgen en het is opmerkelijk hoeveel kerncentrales dicht bij de landsgrens zijn gebouwd. Ook de uitstoot van chemisch afval in de lucht blijft niet binnen de grenzen van de soevereine staat waar de chemische fabrieken staan, en wat in de bovenloop van rivieren wordt gedumpt heeft onvermijdelijke consequenties voor de staten aan de benedenloop.

De huidige verdeling van de wereld in bijna tweehonderd formeel onafhankelijke staten blijkt daarom in strijd met wat de werkelijkheid is en wat de werkelijkheid vereist. Elke zogenaamde 'onafhankelijke staat' is in hoge mate afhankelijk van wat anderen hebben en wat anderen doen. Dat is tegelijk een bron van conflict, en een reden tot overleg, onderhandeling en samenwerking; en vooral, tot opgave van de idee van volstrekte soevereiniteit. In West-Europa is gekozen voor samenwerking en integratie, terwijl in Centraal en Oost-Europa, waar het onafhankelijkheidsverklaringen heeft geregend, steeds meer gewapende conflicten dreigen.

Deze drie ontwikkelingen — verandering van perspectief na het einde van de koude oorlog, de ontdekking van de nucleaire en chemische erfenis, en het besef van een aantasting en vernietiging van de globale leefomstandigheden, het milieu — hebben geleid tot een herijking van de prioriteiten in de wetenschap der politiek. De eerste resultaten van onderzoek zijn, zoals u heeft gehoord, niet bepaald geruststellend. Gelukkig maar dat ook het Ministerie van Buitenlandse Zaken in Nederland haar beleid 'herijkt'. Misschien kunnen de resultaten eens vergeleken worden.

De mededelingen die ik heb verstrekt, komen erop neer dat de catastrofale gevolgen van de bevolkingsexplosie consequent zijn onderschat, en dat als gevolg daarvan nauwelijks beseft wordt dat de mensheid als geheel op de drempel staat van een allerminst rooskleurige toekomst.

Graduele verandering, die nu nog eufemistisch beschreven wordt als een industriële, technologische en communicatieve revolutie, dreigt weggevaagd te worden door een explosieve verandering. De preciese vorm en omvang van de milieuveranderingen mag nog een punt van discussie zijn: maar ook in de meest milde vorm zullen zij tot zeer ernstige sociale en politieke consequenties leiden. De termijn is zeer kort: enkele decennia; maar dat is te lang voor de institutionele politieke besluitvorming, die niet in staat zal zijn tot tijdige tegenmaatregelen. Al is er hoop: de poging tot stabilisatie van de bevolkingsgroei in China bijvoorbeeld, die hier op ernstige morele bezwaren stuit, heeft niet alleen geleid tot een sterke economische vooruitgang, maar ook een terugval voorkomen naar oudere methoden van stabilisatie zoals infanticide [kindermoord], die eeuwenlang in China en Japan een legitiem middel was.

De sociale en politieke consequenties van milieuverandering zijn natuurlijk niet in detail voorspelbaar, maar duidelijk is dat opnieuw existentiële conflicten zullen ontstaan en dat die de vorm zullen aannemen van vroegere conflicten: godsdienstoorlogen — Islam tegen Christendom et cetera), een 'Clash of Civilisations', en conflicten die tegenwoordig vooral als rassen- of ethnische conflicten worden beschreven. Maar in feite dreigt een *totale anarchie*, waarin staten onbestuurbaar zullen worden, en waarin het internationale statensysteem dat sinds het einde in 1648 van de dertigjarige oorlog in Duitsland en de tachtigjarige oorlog tussen Nederland en Spanje een onomstotelijk uitgangspunt was, zal ophouden te bestaan. Veel staten in Afrika bestaan nu al niet meer.

Daartegenover staat de idee van een geleidelijke groei naar een 'nieuwe wereldorde', waarin de onafhankelijkheid van staten evenzeer gewaarborgd en beschermd zal worden als de rechten van de mens, waarin internationale verdragen gerespecteerd en bewaakt zullen worden, waarin het volkenrecht de vrede zal waarborgen, waarin internationale gerechtshoven de internationale orde zullen bewaken, en internationale tribunalen misdadigers zullen veroordelen. Er is met deze analyse een belangrijk probleem: de uitgangspunten zijn onverenigbaar. Respectering van de onafhankelijkheid en soevereiniteit van staten en niet-inmenging in de binnenlandse aangelegenheden van zo'n soevereine staat zijn geheiligde principes, die verankerd zijn in het volkenrecht en waarop de

inrichting van de Verenigde Naties is gebaseerd. Deze principes zijn echter onverenigbaar met twee andere, al even geheiligde uitgangspunten: het recht op zelfbeschikking van volkeren en de respectering van de rechten van de mens. Soevereine staten kunnen pogingen tot zelfbeschikking naar goeddunken onderdrukken en massamoord op hun eigen burgers naar believen uitvoeren of laten uitvoeren, zoals in Uganda of Cambodja het geval was. Er is formeel geen enkel handvat om in te grijpen of om een burgeroorlog te beeïndigen.

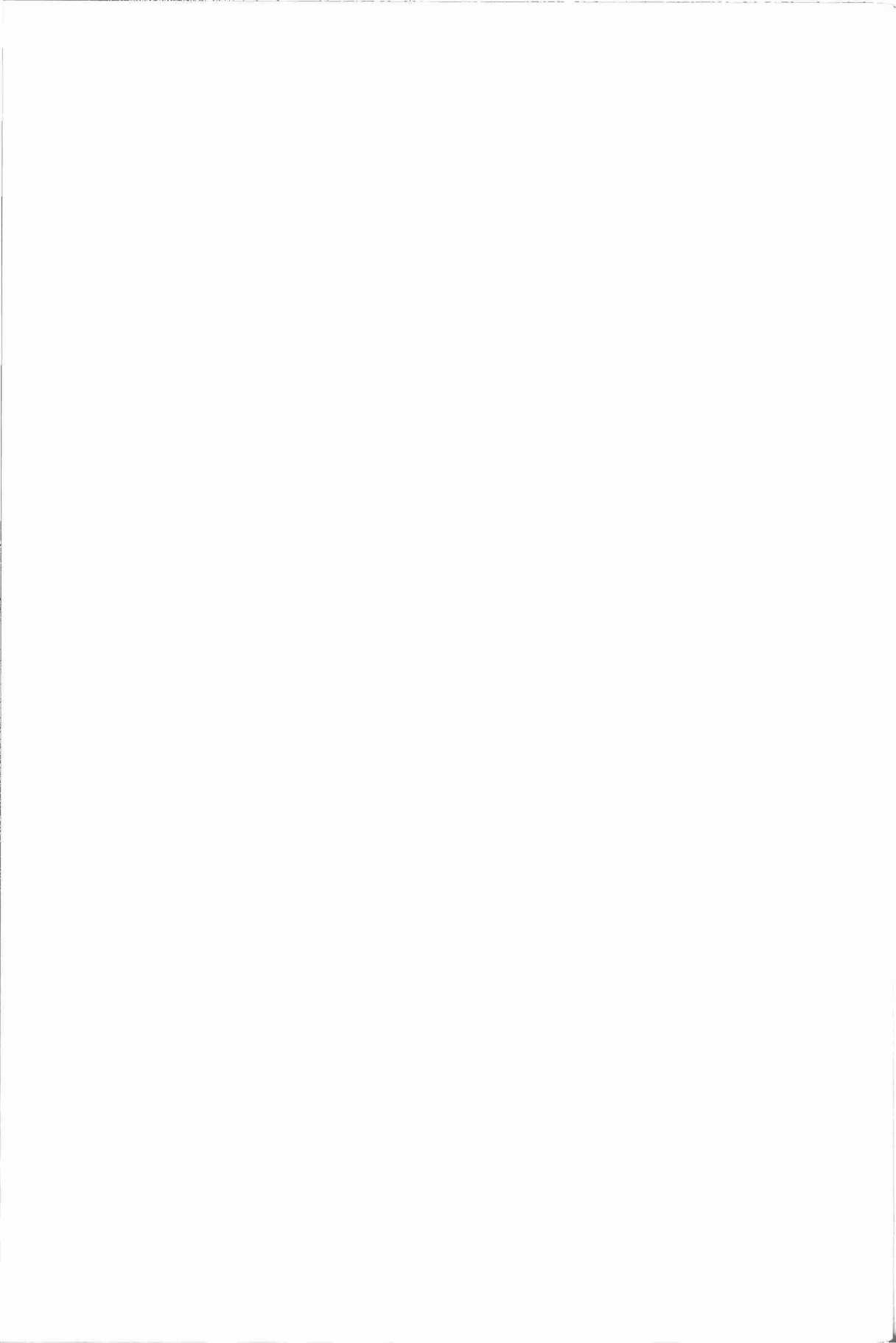
Opmerkelijk zijn, op een geheel ander niveau, twee soorten reacties. In de eerste plaats is er de opkomst van het *fundamentalisme* als ideologische of religieuze pendant van het onafhankelijkheidsstreven. In Noord-Amerika en West-Europa wordt dat *isolationisme* genoemd. Het is regressie: terug naar vroeger, toen alles nog wel beheersbaar was, en dat kan het best door alle vreemde invloeden te weren en je van de rest van de wereld te isoleren. De directe consequentie is fragmentarisatie. In de meest extreme vorm leidt dat tot het vermoorden van buitenlanders, zoals in Algerije, maar ook in Duitsland is dat gebeurd om precies dezelfde reden; en het is een wereldbeschouwing die voorschrijft Joegoslaven of anderen elkaar te laten uitroeien zonder een poging te doen tussenbeide te komen. Zet er maar een hek omheen en laat maar uitbranden, is een symptomatische en veelgehoorde reactie.

Daartegenover staat *globalisme*, of misschien beter *interventionisme*: de wereld wordt gezien als een ondeelbaar geheel, alle ontwikkelingen hebben globale consequenties. Integratie en interdependentie dienen het uitgangspunt te zijn van alle beleid en ingrijpen in lokale conflicten is dus noodzakelijk.

Waarschijnlijk zal de tegenstelling tussen deze twee reacties op de veranderingen in het globale milieu de nabije toekomst beheersen. De uitslag is onvoorspelbaar.

Literatuur

- Brown, L.R. et.al. *State of the World 1995*. W.W. Norton, London 1995.
- Brown, N. *Climate Change, A Threat to Peace, Conflict Studies 272*. London 1994.
- Crevelde, M. van. *The Transformation of War*. Free Press, New York 1991.
- Ehrlich P. and A. *The Population Explosion*. Simon & Schuster, New York 1990.
- Homer-Dixon, Th.F. 'On the Treshold. Environmental Changes as a Cause of Acute Conflict.' *International Security*. MIT Press, Cambridge, Mass. 1991, Vol. 16, No. 2.
- Homer-Dixon, Th.F., J.H. Boutwell en G.W. Rathjens. 'Environmental Change and Violent Conflict.' *Scientific American*. New York 1993.
- Kaplan, R. 'The Coming Anarchy.' *Atlantic Monthly*. Boston, Mass. 1994.
- Keegan, J. *A History of Warfare*. Hutchinson, London 1993.
- Kennedy P. *Preparing for the Twenty-First Century*. Random House, New York 1993.
- Preston R. *The Hot Zone*. Random House, New York 1994.
- Alatas A. e.a. In I. Carlsson en S. Ramphal (eds.) *Our Global Neighbourhood. The Report of the Commission on Global Governance*. Oxford University Press, Oxford 1995.



Bevolkingsgroei en wereldvoedselvoorziening*

R. Rabbinge

De schier onophoudelijke groei van de wereldbevolking hoeft geen bedreiging te vormen voor de wereldvoedselvoorziening. Bij goed en efficiënt gebruik van grond en hulpmiddelen zouden zo'n 40 miljard (!) mensen gevoed kunnen worden, terwijl daar minder landbouwgrond dan nu voor nodig zou zijn. Zo'n hoogproductieve landbouw zou mede mogelijk zijn dankzij de kennis en inzichten van de fysische, chemische en fysiologische processen in (landbouw)gewassen.

De wereld telt op dit moment ongeveer 5,5 miljard mensen, en dat aantal groeit jaarlijks met zo'n honderd miljoen. Voor het jaar 2040 schatten de Verenigde Naties de omvang van de wereldbevolking op 8 tot 12 miljard mensen, vooral door een sterke groei in Azië. De vervijfvoudiging van de wereldbevolking in de afgelopen honderd jaar is niet gepaard gegaan met een structurele verslechtering van de voedselsituatie. Integendeel, want de voedselproductie is in dezelfde periode meer dan vervijfvoudigd. Steeds *minder* boeren zijn in staat gebleken steeds *meer* medeburgers te voeden. Dit proces deed zich aanvankelijk alleen voor in het rijke Westen, maar voltrekt zich nu ook in ontwikkelingslanden. Dat is mogelijk omdat zowel de grondproductiviteit als de arbeidsproductiviteit in korte tijd gigantisch zijn gestegen, dankzij produktiemiddelen afkomstig van de industrie. Zo zijn investeringen in cultuurtechnische werken, irrigatie, mechanisatie, verbetering van de bodemvruchtbaarheid of de gewasbescherming alleen mogelijk als de industrie de machines, de kunstmest, de gewasbeschermingstechnieken en de gewasbeschermingsmiddelen levert.

* Deze tekst is eerder verschenen in *Chemisch Magazine*, oktober 1995.

Bevolkingsomvang voor 19 wereldregio's bij een lage, midden en hoge bevolkingsgroei voor het jaar 2040.

Regio	bevolkingsomvang (miljoen mensen)		
	lage groei	midden groei	hoge groei
Zuid Amerika	481	558	663
Midden Amerika	202	241	282
Carabisch gebied	48	55	65
Noord Amerika	274	328	398
Noord Afrika	277	343	419
West Afrika	466	635	798
Midden Afrika	190	240	286
Oost Afrika	537	679	842
Zuid Afrika	89	100	123
Oceanie	32	37	44
Zuidoost Azie	658	820	1005
Oost Azie	1503	1770	2098
Zuid Azie	1964	2408	2888
West Azie	249	324	399
USSR	323	369	419
Oost Europa	104	119	135
Zuid Europa	126	143	161
West Europa	131	151	172
Noord Europa	75	850	95
Wereld totaal	7729	9405	11292

Bron: WRR op basis van United Nations, *Long Range World Population Projections (1950-2150)*; New York, 1992; United Nations Population Reference Bureau, *World Population data sheet*; Washington D.C., 1992.

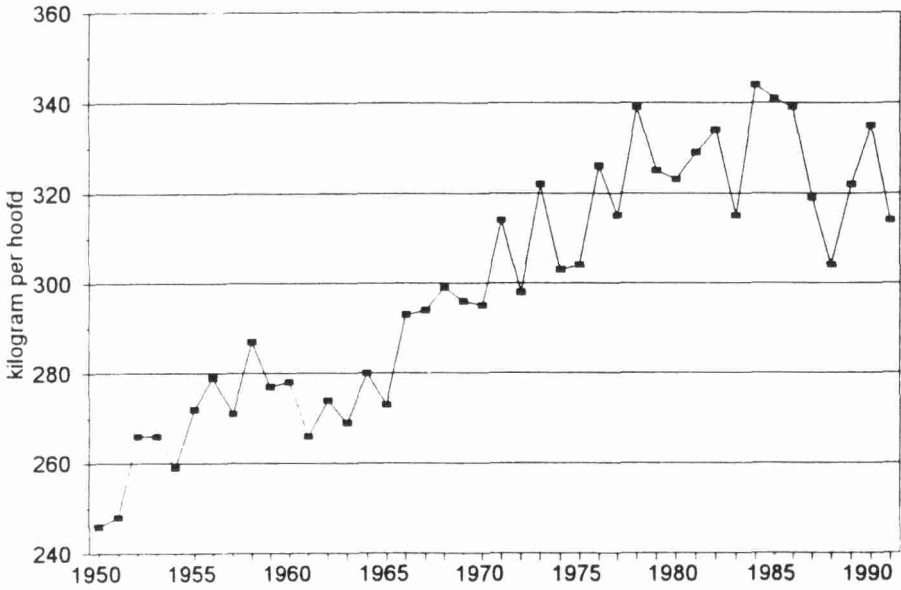
In de Middeleeuwen lag de opbrengst van granen (het belangrijkste voedselgewas) beneden de 1.000 kg per hectare. Ongeveer 200 kg van het geproduceerde graan was nodig als zaaizaad in het volgende jaar. Een groot deel was bestemd voor de voeding van trekdieren en de produktie van bier, want het vlees was zout en de kwaliteit van drinkwater doorgaans allerbelabberdst. Het verbouwen van één hectare graan vergde door de geringe mechanisatie ongeveer 500 uur arbeid, zodat één arbeidskracht niet meer dan 2 à 3 hectare kon bebouwen. Van de opbrengst hiervan konden slechts enkele personen worden gevoed.

De belangrijkste oorzaak van de lage opbrengsten was het tekort aan voedingsstoffen (vooral stikstof) in de bodem. De bodemvruchtbaarheid werd bevorderd door de teelt van vlinderbloemige groenbemesters (zoals klavers, die atmosferische stikstof kunnen vastleggen) en door de toevoer van dierlijke mest van vee dat werd geweid op 'woeste' gronden. Hierdoor nam tot het begin van deze eeuw de opbrengst toe tot ongeveer 2.000 kg graan per hectare op goed beheerde landbouwgronden in West-Europa. In regio's met een hoge bevolkingsdichtheid (zoals China en India), waar onvoldoende woeste grond beschikbaar was voor de nutriëntenoverheveling naar akkerbouwgronden, bleven de opbrengsten steken op een niveau van 1.000 kg per hectare. De bereikbare opbrengst werd bepaald door nutriëntenrecirculatie, groenbemesting en concentratie van de nutriënten via het vee van de woeste gronden naar de akkerbouwgronden.

Groene revoluties

In 1840 bewees de Duitse chemicus Von Liebig dat planten alleen water en anorganische verbindingen uit de grond nodig hebben en dat organische stof (mest, compost en humus) op zichzelf niet noodzakelijk is. Wel heeft organische stof een gunstig effect op het waterhoudend vermogen en de structuur van de grond, en komen er bij de ontbinding van organische stof anorganische voedingselementen vrij. Er bleek per hectare per jaar slechts ongeveer 25 kg stikstof beschikbaar te zijn als er niet werd bemest. Door het geven van anorganische meststoffen kon de opbrengst verveelvoudigd worden. Het duurde nog tientallen jaren voordat de boer met deze kennis vertrouwd raakte en de industriële produktie van meststoffen ter hand werd genomen. Nieuwe produk-

De gemiddelde graanproduktie per hoofd van de wereldbevolking, 1950-1991.



Bron: L.R. Brown, C. Flavin, H. Kane, *Vital Signs, the trends that shape our future 1992-1993*; London, Earthscan, 1992.

tievare rassen stuwden de opbrengsten verder op. Die stijging ging gepaard met zogenaamde 'groene revoluties', discontinuïteiten in de opbrengststijging per hectare. De eerste groene revolutie vond direct na de Tweede Wereldoorlog plaats in de geïndustrialiseerde wereld, waar de opbrengststijging in korte tijd van circa 3 kg tot meer dan 60 kg per hectare per jaar opliep. In Azië, bijvoorbeeld in India en Indonesië, voltrok zich ongeveer 20 à 30 jaar later de tweede groene revolutie.

Op dit moment wordt in de hoogproductieve landbouw in Noordwest-Europa zo'n 8.000 kg tarwe per hectare per jaar geproduceerd. Door betere zaadkwaliteit en onkruidbeheersing is er niet meer dan 150 kg zaaizaad per hectare nodig en wordt er slechts 8-15 uur per hectare gebruikt om deze produktie te realiseren. In het overgrote deel van de wereld worden deze opbrengsten bij lange na niet gehaald. Toch is dat op veel plaatsen — met name op de betere gronden in kustvlakten of riviergebieden — wel degelijk mogelijk. Uit inventarisaties blijkt dat bij goed gebruik van grond en hulpmiddelen zo'n 40 miljard mensen gevoed zouden kunnen worden, terwijl er minder landbouwgrond dan nu voor nodig zou zijn.

Produktie-ecologie

Bovenstaande vergt vanzelfsprekend een grote verandering en inspanning, waarbij gebruik moet worden gemaakt van de principes uit de 'produktie-ecologie'. Dat is het interdisciplinaire wetenschapsgebied dat poogt het inzicht te vergroten in de fysische, chemische, fysiologische en ecologische processen in plant en dier. Deze kennis wordt benut om de groei en ontwikkeling van gewassen — en andere levende produktiesystemen — te begrijpen en te benutten.

Zo is bijvoorbeeld de berekening mogelijk van de potentiële fotosynthese en groei van gewassen voor iedere plaats op aarde, indien de optische, geometrische, fysiologische en fenologische eigenschappen bekend zijn. Dergelijke berekeningen vinden sinds de jaren zestig plaats en hebben geresulteerd in een schatting van de potentiële opbrengst van gewassen op verschillende gronden en in verschillende klimaatgebieden.

Die potentiële opbrengsten worden vrijwel nimmer gerealiseerd, doordat vrijwel alle gewassen in een veldsituatie te maken hebben met beperkende factoren als

water- of nutriëntentekort. Voorts kan door de aanwezigheid van ziekten, plagen of onkruiden aantasting van het gewas plaatsvinden, waardoor de werkelijke opbrengst vaak slechts een fractie is van de theoretisch haalbare opbrengst. Met meer kennis van het groeiproces zouden de agronomische maatregelen beter af te stemmen zijn op de specifieke behoeften van het gewas gedurende het groeiseizoen. Daarin slaagt men meer en meer doordat de basisprocessen en de 'spatio-temporele' verschillen en effecten steeds beter worden begrepen. Dat is ook een verklaring voor de produktiviteitsstijging die in het begin van dit artikel werd besproken. Die gaat niet onbeperkt door. Er zijn goed gedefinieerde maxima, al worden die nog vrijwel nergens in de praktijk gerealiseerd — een aantal gevallen in Noordwest-Europa en in de geïrrigeerde landbouw in Azië uitgezonderd.

Wereldvoedselvoorziening is mogelijk

Technisch gesproken, zijn er mogelijkheden om de toenemende wereldbevolking te voeden. De huidige wereldbevolking zou — mits genoeg wordt genomen met een veevoerachtig dieet van 3,5 GJ per persoon per jaar — gevoed kunnen worden op een optimaal van water en nutriënten voorzien areaal van ongeveer 10^8 hectare. Dat is minder dan het huidige landbouwareaal van 127 miljoen hectare in de Europese Unie.

De grote kloof tussen de potentiële en actuele opbrengst illustreert dat de momenteel gevoelde schaarste aan ruimte op aarde meer te maken heeft met de wensen die er bestaan ten aanzien van het voedselpakket en het gebruik van de ruimte, dan met gegronde zorg over de onmogelijkheid dat de aarde alle monden in de komende decennia zou kunnen voeden. Wel wordt de wereldvoedselzekerheid in de waagschaal gesteld door grootschalige degradatie van landbouwgronden. In de wereld verdwijnen jaarlijks 3×10^6 hectare landbouwgrond als gevolg van uitputting en erosie. Het betreft hier voornamelijk landbouwkundig marginale gronden die na kortstondig gebruik worden verlaten.

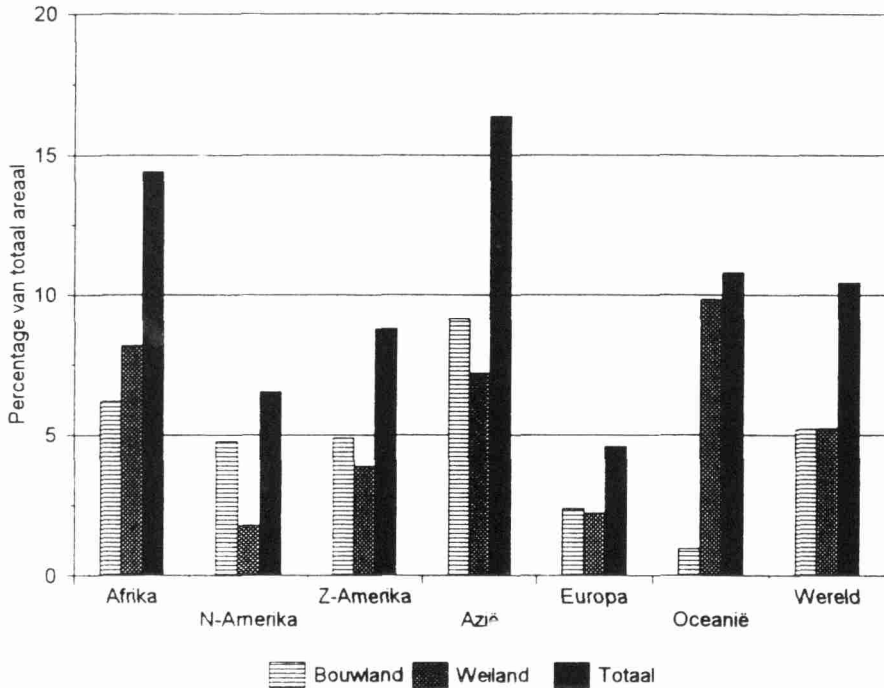
Benutting van de technische potentiëlen op goede gronden, zodat de marginale gronden voor niet-landbouwkundige doelen kunnen worden gebruikt, vergt evenwel duidelijke politieke keuzen. Dat kan worden geïllustreerd met een studie naar mogelijk landgebruik die de Wetenschappelijke Raad voor het

Regeringsbeleid enige jaren geleden uitvoerde voor de Europese Unie. Uit die studie blijkt dat het grondgebruik in de Europese Unie in de komende 20 jaar drastisch kan veranderen. Van de huidige 127 miljoen hectare die voor voedsel-landbouw wordt gebruikt, is hoogstens 92 miljoen en minimaal zo'n 30 miljoen hectare nodig om met het huidige voedselpakket alle monden te voeden. Het in stand houden van het huidige areaal voor voedselproductie is niet alleen inefficiënt, het vergt ook relatief meer plantevoedingsstoffen en bestrijdingsmiddelen. Er komt dus ruimte voor ander grondgebruik.

Natuurontwikkeling en recreatie liggen dan voor de hand, maar er is ook ruimte voor productie van grondstoffen voor de industrie. Daarbij moet men in gedachten houden dat via plantaardige productie de volgende typen gewassen of producten zijn voort te brengen: flowers, pharmacy, flavours, fragrance, vegetables, fruits, food, fodder, fiber, fuel (de zogenaamde tien 'F-en'). In genoemde volgorde neemt het benodigde areaal om de behoefte te dekken sterk toe en neemt de waarde per produkteenheid en de benodigde hoeveelheid arbeid sterk af. Ter illustratie twee voorbeelden: met 6.000 hectare kassenteelt valt 60% van de wereldmarkt voor bloemen te bedienen, terwijl er slechts enige honderden hectare nodig zijn voor de groei van gewassen voor farmaceutische producten. Met één hectare goede landbouwgrond kan de voedselbehoefte van 150-200 mensen met een plantaardig dieet worden gedekt, terwijl voor de elektriciteitsvoorziening van één (westers) persoon 0,25 hectare snelgroeiend energiegewas nodig is.

De kennis van de fysische, chemische en fysiologische basisprocessen stelt ons in staat om op mondiaal niveau de mogelijkheden voor landgebruik te verkennen. Studies naar de wereldvoedselproductie tonen aan dat er, met inbegrip van de beschikbaarheid van voldoende water voor irrigatie, voldoende voedsel zou kunnen worden geproduceerd. De verschillen tussen de regio's zijn zeer aanzienlijk. In Oceanië en Zuid-Amerika is zelfvoorziening zelfs bij een sterk toenemende bevolkingsomvang ook in 2040 ruimschoots mogelijk. Tegelijkertijd is er in vrijwel alle gevallen in Zuid- en Oost-Azië, door wijziging in dieet meer dierlijke eiwitten en minder zetmeel, alleen met de grootst mogelijke inspanning en een ecotechnologisch zeer geavanceerde landbouw voedselzekerheid te garanderen.

De percentages bouwland en weiland in de verschillende wereldregio's waar gevolgen van erosie merkbaar zijn.



Bron: WRR, op basis van L.R. Oldeman, R.T.A. Hakkeling, W.G. Sombroek, *World map of the status of human-induced soil degradation. An explanatory-note*; Wageningen, International Soil Reference Information Centre, 1991 en World Resources Institute, *World Resources 1992-93*; New York, Oxford University Press, 1992.

In een aantal gebieden (Amerika, Azië, Afrika, Europa, Oceanië) is er ook bij toename van de bevolkingsomvang en dieetverandering voldoende ruimte voor ander landgebruik, bijvoorbeeld ten behoeve van natuur en non-food stoffen. Dan dient in de eerste plaats aan de minst ruimte vragende gewassen te worden gedacht, aangezien het conflict met voedselproductie dan minimaal is. Ook voor energiewinning op de akker is hier en daar ruimte. Dat vergt evenwel een andere produktiewijze met gewassen die én een lang groeiseizoen, een lage voedingsbehoefte en zeer weinig arbeidsinzet hebben. Houtige gewassen, zoals populier, eucalyptus of wilg, komen hiervoor het eerst in aanmerking.

Literatuur

A 2020 Vision for Food, Agriculture and the Environment. IFPRI, Washington DC.

Lövenstein, H.M., R. Rabbinge en H. van Keulen. *World Food Production, Textbook 2: Biophysical Factors in Agricultural Production*. Open Universiteit, Heerlen 1992. p. 247.

Penning de Vries, F.W.T. en C.T. de Wit. 'Identifying Technological Potentials'. In J.W. Mellor, C.L. Delgado & M.J. Blackie (eds.) *Accelerating Food Production in Sub-Saharan Africa. Potential and Practice in Food Technology Development*. International Food Policy Research Institute, John Hopkins University Press, 1986. p. 109-117.

Rabbinge, R. 'Voedselproductie en voedselzekerheid'. In *Portretten van voeding*, Open Universiteit, Heerlen 1991. p. 13-31.

Rabbinge, R. 'The Ecological Background of Food Production'. In *Crop Protection and Sustainable Agriculture*. Ciba Foundation Symposium 177, John Wiley & Sons, Chicester. p. 2-29.

Wit, C.T. de. *Resource Use Efficiency in Agriculture*. Agriculture Systems, 1992, vol 40. p. 125-151.

Wereldbevolkingsgroei en energieproblematiek

M.C.E. van Dam-Mieras

Aarde, atmosfeer en oceanen

In 1988 verscheen het boek *The Home Planet*, dat in opdracht van de Association of Space Explorers werd samengesteld door Kevin W. Kelley. Het boek geeft, naast prachtige vanuit de ruimte gemaakte opnames van de planeet aarde, citaten van ruimtevaarders in hun moedertaal en in vertaalde vorm. Ondanks de zeer verschillende achtergrond van de geciteerden (Amerikaans, Arabisch, Bulgars, Canadees, Chinees, Cubaans, Duits, Frans, Hongaars, Mexicaans, Mongools, Nederlands, Pools, Roemeens, Tsjechisch, Vietnamees) spreekt uit bijna alle citaten een emotionele band met de aarde en verwondering over haar plaats in de kosmos. Een voorbeeld daarvan is de uitspraak (geciteerd uit de Duitse vertaling van het boek)¹ van sultan Ben Salman Al Saud, die in 1985 vanuit de Discovery 5 onze planeet zag:

Am ersten Tag deutete jeder auf sein Land. Am dritten oder vierten Tag zeigte jeder auf seinen Kontinent. Ab dem fünften Tag achteten wir auch nicht mehr auf die Kontinente. Wir sahen nur noch die Erde als den einigen, ganzen Planeten.

Misschien is letterlijk afstand nemen van de aarde zoals de hierboven geciteerde astronaut, wel de effectiefste methode om in te zien dat we ons moeten inzetten voor het welzijn van de planeet aarde in zijn totaliteit, en niet alleen voor onze directe leefomgeving.

Als we naar vanuit de ruimte gemaakte opnames van de aarde kijken, zien we dat de aarde omgeven is door een fragiel 'schilletje': de atmosfeer. De atmosfeer van de aarde wordt gevormd door een gasmantel waarin redelijk constante hoeveelheden stikstof, zuurstof, waterstof, edelgassen, methaan en distikstofoxide en variabele hoeveelheden water, koolstofdioxide, ozon, zwaveldioxide en stikstof-

dioxide voorkomen. In feite heeft de atmosfeer een ingewikkelde en steeds wisselende lagenstructuur waarin zich, onder invloed van onder andere straling en magnetisme, een groot aantal fysische en chemische processen voltrekt. De atmosfeer heeft een isolerende werking en deze is van groot belang voor het leven op aarde.

De atmosfeer laat zonnestraling door en aan het oppervlak van de aarde wordt een deel van deze straling opgenomen terwijl een ander deel wordt teruggekaatst. De opgenomen zonne-energie en de warmte die vrijkomt bij de in de aardkern verlopende reacties bepalen samen de temperatuur van de aarde. De aarde zendt, net als ieder lichaam, warmtestraling uit en deze wordt gedeeltelijk door de atmosfeer tegengehouden. Als de aarde niet door zijn isolerende atmosfeer omgeven zou zijn dan zou de gemiddelde temperatuur op het aardoppervlak niet, zoals nu, $+15^{\circ}\text{C}$ zijn maar -18°C , dus zonder onze atmosferische broeikas zou het leven op aarde zoals wij dat nu kennen niet veel kans maken.² Zorgen over door de mens teweeg gebrachte veranderingen in de atmosfeer moeten in dit kader geplaatst worden. Met andere woorden, de met het op grote schaal verbranden van fossiele brandstoffen samenhangende koolstofdioxide-uitstoot veroorzaakt geen broeikas effect, maar verstoort het natuurlijke broeikas effect en beïnvloedt op deze wijze de biosfeer.

Het is niet eenvoudig te voorspellen tot welke verstoringen van het klimaat op aarde een verhoogd koolstofdioxidegehalte in de atmosfeer zal leiden. Voor het opstellen van zulke voorspellingen is een grondige kennis van het systeem aarde nodig.

Aan de hand van geologische gegevens en gegevens over de samenstelling van de ijskappen aan de polen kan de aardse klimaatgeschiedenis van de laatste drie miljoen jaar worden gereconstrueerd. Hierbij valt het op dat het klimaat zich in die periode heeft gekenmerkt door een afwisseling van warmere en koudere periodes. Verder kan worden geconstateerd dat tijdens warmere periodes het koolstof-dioxidegehalte in de atmosfeer hoger was. De reden voor deze samenhang tussen temperatuur en atmosferisch koolstofdioxidegehalte is nog verre van duidelijk. Menselijke invloeden kunnen hierbij in het verre verleden geen rol gespeeld hebben, want het op grote schaal verbranden van fossiele brandstoffen startte pas twee eeuwen geleden, tijdens de industriële revolutie.

We moeten echter bedenken dat niet alleen de atmosfeer bepalend is voor de temperatuur op aarde, ook de oceanen spelen hierbij een belangrijke rol. Oceanen zijn grote transportsystemen die warm en koud water over grote afstanden vervoeren. Er bestaat een sterke wisselwerking tussen deze transportsystemen en het klimaat op aarde en bij het opstellen van scenario's voor lange termijn-klimaatsveranderingen ten gevolge van menselijke invloeden moeten we daar rekening mee houden. Natuurlijk zal het op grote schaal verbranden van fossiele brandstoffen hoogstwaarschijnlijk leiden tot een hoger koolstofdioxidegehalte in de atmosfeer, maar als we uitrekenen hoe groot die toename sedert het begin van de industriële revolutie theoretisch geweest zou moeten zijn, dan blijkt ongeveer de helft van de gevormde koolstofdioxide 'kwijt' te zijn. Men kan veronderstellen dat grote hoeveelheden koolstofdioxide in de oceanen zijn opgelost, dan wel door fotosynthetiserende organismen in de oceanen zijn omgezet in biomassa, en dat deze vervolgens na afsterven is gesedimenteerd of met koudwaterstromen naar de oceaانبodem is getransporteerd. Belangrijk in dit verband is de vorming van zogenaamd 'diep water' in het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan. In het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan is het water namelijk afgekoeld, heeft daardoor een grotere dichtheid gekregen en het 'zwaar' geworden water zakt naar de bodem van de oceaan. Daar begint het aan een lange tocht over de oceaانبodem langs Zuid-Afrika, via de Indische Oceaan en Indonesië naar de Stille Oceaan, waar het weer opgewarmd naar de oppervlakte komt. Via nagenoeg dezelfde route, maar dan vlak onder het oceaanooppervlak, stroomt het weer terug naar de Atlantische Oceaan. De totale circulatietijd bedraagt tussen de duizend en de tweeduizend jaar, en we mogen dus veronderstellen dat een gedeelte van het resultaat van de industriële revolutie zich nog op de bodem van de oceaan bevindt.

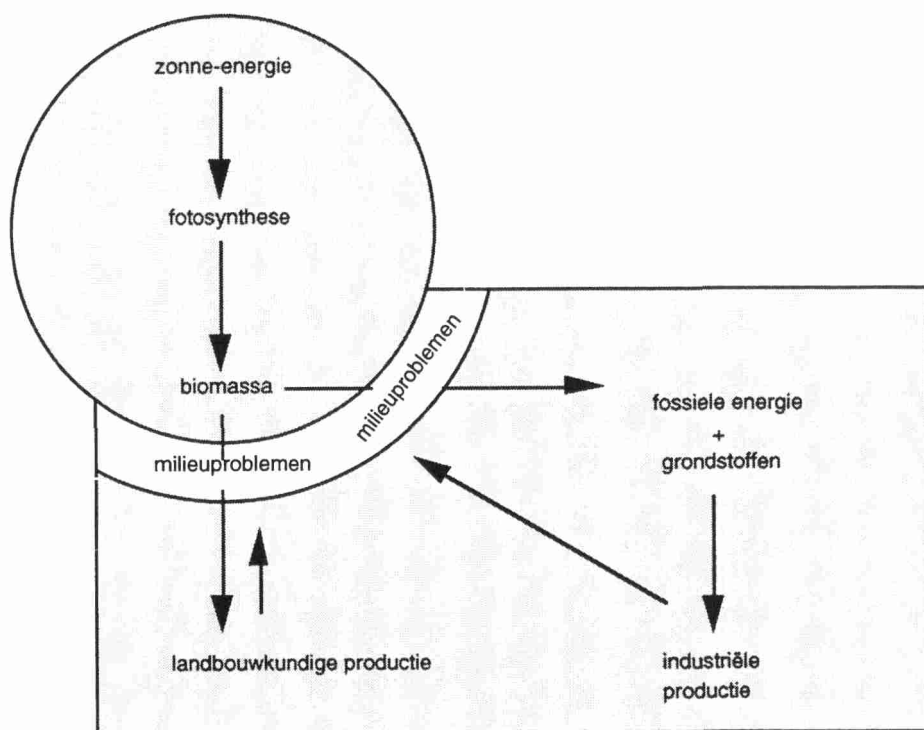
De biosfeer

De 'overall'-activiteit van de levende natuur op aarde bestaat uit het omzetten van koolstofdioxide en water in biomassa onder invloed van zonne-energie.³ Dit omzetten van zonne-energie in chemische energie opgeslagen in biomassa gebeurt in planten en in sommige soorten micro-organismen tijdens het zogeheten fotosyntheseprocess. De met behulp van de fotosynthese omgezette en opgeslagen

zonne-energie wordt gebruikt bij het synthetiseren van alle verbindingen die het organisme nodig heeft; de daarbij verder benodigde bouwstenen worden uit de omgeving betrokken. Zo nemen planten bijvoorbeeld via hun bladeren de benodigde koolstof op uit de lucht in de vorm van koolstofdioxide, terwijl ze de benodigde mineralen via hun wortels opnemen uit de bodem. Organismen die niet in staat zijn tot foto-synthese, dat zijn mensen, dieren en veel micro-organismen, zijn voor wat betreft hun bouwstoffen en energie afhankelijk van de door fotosynthetiserende organismen geproduceerde biomassa. Fotosynthetiserende organismen staan dus aan het begin van de voedselketens op aarde. Deze 'uitwisseling' van grondstoffen en energie tussen levende organismen is mogelijk doordat, ondanks de grote verschillen in verschijningsvorm tussen levende organismen, zowel de biologische bouwstenen als de stofwisselingsprocessen in de levende natuur een grote mate van universaliteit vertonen. Door deze universaliteit kunnen producten gemaakt door het ene organisme, ook worden gebruikt door het andere organisme en op deze wijze ontstaat een door zonne-energie aangedreven systeem dat zichzelf in stand kan houden, een naar aardse termen duurzaam systeem. Echter, niet altijd wordt biomassa geproduceerd door het ene organisme, weer verbruikt door het andere organisme, maar onder bepaalde geologische condities kan biomassa ook worden omgezet in fossiele brandstoffen (steenkool, aardolie, aardgas) en deze vormen dus een bron van langdurig opgeslagen zonne-energie.

In een zichzelf instandhoudend natuurlijk systeem past het beeld van de mens als jager en verzamelaar, en men kan berekenen dat er in de biosfeer van de aarde plaats is voor ongeveer tien miljoen als jager en verzamelaar levende mensen. In de jaren negentig van de twintigste eeuw waren er op aarde echter ruim vijf miljard mensen, in het begin van de eenentwintigste eeuw zullen dat er waarschijnlijk zes miljard zijn en de wereldbevolking lijkt snel te blijven groeien.^{4,5,6} Deze enorme bevolkingstoename is mogelijk geweest omdat de mens zich niet gedraagt als passief onderdeel van de biosfeer, maar via landbouwkundige en industriële productie in zijn levensbehoeften voorziet. Met andere woorden: de mens maakt bij het in zijn levensbehoeften voorzien gebruik van zijn kennis van systeem aarde via technologie. Als het om landbouwkundige productie gaat, speelt de zon nog steeds een belangrijke rol als energie-

leverancier. Ook de in de (primitieve) landbouw gebruikte processen en de verkregen producten vertonen nog veel overeenkomsten met de natuurlijke. Bij industriële productie ligt dat echter anders, want daar wordt op grote schaal gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen, terwijl de gebruikte productieprocessen en de verkregen producten vaak ver van de natuurlijke afstaan. *Figuur 1* vat de relatie tussen het systeem aarde en de menselijke productiesystemen schematisch samen.



Figuur 1

Schematische weergave van de relatie tussen het systeem aarde en de menselijke productiesystemen.

Natuurlijk is hier sprake van een sterk vereenvoudigde voorstelling van zaken want in de moderne landbouw wordt ook fossiele energie geïnvesteerd bij het mechanisch bewerken van de grond en het oogsten en via het gebruik van kunst-mest en chemische bestrijdingsmiddelen. De conclusie is echter duidelijk: de mens leeft al lang niet meer als jager en verzamelaar, er zijn veel meer dan tien miljoen mensen op aarde en de consequenties van de menselijke activiteiten voor de duurzaamheid van het systeem aarde vormen een belangrijk aandachts-punt voor wetenschappers, technologen, economen, juristen, beleidsmakers, of eigenlijk voor ons allemaal.^{7,11}

Groeien tot aan een volgende grens

Een karakteristieke eigenschap van levende systemen is dat ze groeien tot er een grens wordt bereikt die verder groeien onmogelijk maakt. In het geval van planten kan het daarbij bijvoorbeeld gaan om de beschikbaarheid van licht, water of voedingsstoffen in de bodem, bij dieren vormt de beschikbaarheid van voedsel, dus ook weer de bron van energie en grondstoffen, vaak de grens. Bij de mens, die probeert met gebruikmaking van zijn kennis van de natuur het systeem aarde min of meer 'naar zijn hand te zetten', is de relatie schijnbaar wat gecompliceerder, maar ook hier spelen de beschikbaarheid van voedsel en energie een belangrijke rol; de Neolitische en de Industriële Revolutie illustreren dit.^{3,12}

Met de term Neolitische Revolutie wordt de overgang van een bestaan als jager en verzamelaar naar een op landbouw gebaseerde samenleving aangeduid. Deze revolutie vond ongeveer tienduizend jaar geleden plaats en begon niet overal op aarde op hetzelfde moment. De drijfveren achter deze verandering in de menselijke levenswijze zijn niet helemaal duidelijk, maar waarschijnlijk speelde de beschikbaarheid van voedsel een rol. De neolitische revolutie duurde enkele duizenden jaren en het woord revolutie duidt dan ook niet op de snelheid waarmee het proces zich voltrok, maar op de ingrijpende invloed die het had op de menselijke samenleving. Het kweken van landbouwgewassen en het houden van dieren bracht met zich mee dat er op bepaalde plaatsen op bepaalde tijden relatief grote hoeveelheden voedsel beschikbaar waren. Dit leidde weer tot de ontwikkeling van technieken voor voedselconservering, pottenbakken, transport, handel en het ontstaan van steden. Verbeterde landbouwmethoden leidden tot

een hogere productie, waardoor de bevolking weer kon groeien. Bij de primitieve landbouw werd gebruik gemaakt van dezelfde productieprocessen en producten die ook in de levende natuur voorkomen en daarom sloot de primitieve landbouw nog goed aan bij natuurlijke cycli. Natuurlijk was er in die tijd ook al sprake van met de menselijke leefwijze samenhangende milieuproblemen zoals uitputting van de grond, erosie van de bodem en infectieziekten in steden, maar de omvang van de wereldbevolking was nog niet dusdanig groot dat mondiaal gezien de menselijke samenleving de duurzaamheid van de biosfeer bedreigde. De door zonne-energie 'aangedreven' agrarische samenleving groeide verder tot aan een volgende grens en toen die bereikt werd, vond er weer een revolutie plaats die verder groeien mogelijk maakte. Die nieuwe revolutie, de industriële revolutie, had haar bakermat in Engeland en begon vroeg in de achttiende eeuw. Twee belangrijke factoren in het ontstaan van deze revolutie waren textiel en steenkool.

Tot aan het begin van de achttiende eeuw waren spinnen en weven vormen van huisnijverheid die in de winter op het platteland werden beoefend. De producten werden verkocht aan rondreizende kooplieden. Door een toenemende vraag naar textiel gingen deze kooplieden over tot het stichten van zogeheten manufacturen, dat waren grote werkplaatsen waarin mensen bijeen werden gebracht om op vaste tijden onder toezicht textiel te produceren. De voornaamste energiebron in de manufacturen was spierkracht, soms aangevuld met water- en windenergie.

De tweede factor was steenkool, een in die tijd nieuw alternatief voor de brandstof hout. Tot aan de achttiende eeuw werd voor de energievoorziening hoofdzakelijk hout gebruikt, maar hout werd steeds schaarser en kon ook gebruikt worden voor het bouwen van huizen, voertuigen en schepen. Er was dus dringend een alternatieve energiebron nodig en steenkool was zo'n alternatief. Steenkool werd eerst in dagbouw gewonnen, maar naarmate ook de dieper gelegen steenkoollagen werden ontgonnen, kreeg men meer last van grondwater. Dit leidde weer tot een verbetering van de primitieve stoompompen en uiteindelijk tot de ontwikkeling van de stoommachine door James Watt. De ontwikkelde stoommachine kon ook worden gebruikt om machines aan te drijven, bijvoorbeeld in de manufacturen, en zo nam stoomkracht de plaats in van spierkracht, of met andere woorden, de samenleving werd mede 'aangedreven' door fossiele

energie. De vervanging van energie ontleend aan spierkracht door fossiele energie had weer verstrekkende gevolgen voor de menselijke samenleving.

Machinale productie leidde tot concentratie van energie, grondstoffen en arbeidskrachten in industriegebieden en bracht de mens massaproductie, daarmee gepaard gaande economische veranderingen, nieuwe transportmiddelen, een nieuwe transportinfrastructuur en ingrijpend gewijzigde sociale verhoudingen. De mogelijkheid om fossiele brandstoffen als bron van energie en industriële grondstoffen te gebruiken, stelde de mens in staat nieuwe productieprocessen en nieuwe producten te ontwerpen om in zijn levensonderhoud te voorzien. Zulke door de mens ontworpen processen en producten staan echter meestal verder af van de natuurlijke processen dan de tot op dat moment gebruikte landbouwkundige processen. Daardoor staat het resultaat van de industriële revolutie eerder op gespannen voet met het natuurlijke systeem aarde dan het resultaat van de neolithische revolutie. Bovendien, en dit is nog veel belangrijker, het aantal mensen op aarde is vele malen groter en de grenzen lijken weer duidelijk in beeld te komen. Als we doorgaan met het op grote schaal verbruiken van de aardse grondstof- en energiereserves raken deze vroeger of later uitgeput. Omdat de aarde een gesloten systeem is, kunnen we ervan uitgaan dat de hoeveelheid materie in feite redelijk constant en in principe recyclebaar is. Voor wat betreft de fossiele brandstofvoorraden is de situatie echter geheel anders: deze voorraad opgeslagen zonne-energie raakt vroeger of later gewoon op.

We zullen dus moeten zoeken naar hernieuwbare energiebronnen en naar productieprocessen die beter aansluiten bij de processen in de levende natuur. Natuurlijk is het uitermate belangrijk dat we ons realiseren dat het verleggen van een grens kan betekenen dat de wereldbevolking weer versneld gaat doorgroeien tot een volgende grens. Zorgzaam omgaan met onze planeet betekent dus dat belangrijke aandachtspunten moeten zijn:

- de groei van de wereldbevolking;
- hernieuwbare energie;
- grondstoffen;
- schonere productiestrategieën;
- sociale structuren in de menselijke samenleving.

De menselijke samenleving en energie

Bij maatschappelijk gebruik van energie denken we in eerste instantie aan steenkool, aardolie en aardgas, maar eigenlijk is dat veel te beperkt gedacht.^{12,13,14}

In het voorgaande is gesteld dat de hele levende natuur op aarde wordt 'aangedreven' door zonne-energie en dat ook onze industriële productie afhankelijk is van de in fossiele brandstoffen opgeslagen zonne-energie. Fossiele energie is echter niet duurzaam, maar zal uitgeput raken.

Bij onze energievoorziening spelen energieomzettingen een cruciale rol. Zo wordt bijvoorbeeld tijdens de fotosynthese zonne-energie opgevangen door een plant, en met behulp van deze energie maakt de plant uit koolstofdioxide uit de lucht en water uit de bodem de suiker glucose. Tijdens het fotosynthesep proces wordt dus fysische energie (zonne-energie) omgezet in chemische energie (de bindingsenergie in het glucose-molecule). Een gedeelte van de op deze wijze in het glucosemolecule opgeslagen energie wordt vervolgens weer gebruikt bij het opbouwen van de andere moleculen waaruit de plant bestaat; in dit geval gaat het dus om het omzetten van chemische energie in chemische energie. Dankzij zulke energieomzettingen kan bijvoorbeeld een boom groeien. Als de boom tenslotte zou worden gekapt, kunnen er met het hout verschillende dingen gebeuren. Het hout kan bijvoorbeeld worden gebruikt om een meubelstuk te maken. In dat geval blijft de chemische energie van het hout onveranderd aanwezig terwijl er tijdens het maken van het meubelstuk door timmerman of machine nog meer energie in het eindproduct wordt geïnvesteerd. Het hout kan natuurlijk ook verbrand worden, en in dat geval zal de in het hout opgeslagen chemische energie tijdens de verbranding grotendeels vrijkomen als warmte. De warmte kan wegstromen naar de omgeving, waarna hij niet meer voor ons beschikbaar is, of kan worden gebruikt om bijvoorbeeld water te verwarmen. In dat laatste geval wordt een deel van de warmte weer gebruikt, maar er zal altijd een deel van de warmte weglekken naar de omgeving.

Energieomzettingen kennen we natuurlijk ook uit de niet-levende natuur. Zo heeft bijvoorbeeld water in een hoog gelegen meer potentiële energie ten opzichte van een lager gelegen dal. Als het water door een buis naar beneden stroomt, wordt die potentiële energie omgezet in kinetische energie van stro-

mend water. Als beneden in het dal dit water de schoepen van een raderwerk in beweging zet, neemt dit de kinetische energie van het water over; bij een draaiend rad spreken we dan meestal van mechanische of rotatie-energie. De rotatie-energie wordt vervolgens in een turbine omgezet in elektrische energie.

Dergelijke energieomzettingen worden theoretisch beschreven door de thermodynamica. De thermodynamica leert ons dat sommige soorten energie, zoals bijvoorbeeld potentiële, kinetische, mechanische en elektrische energie, gelijkwaardig zijn en volledig in elkaar kunnen worden omgezet. Verder kan iedere vorm van energie volledig worden omgezet in warmte, maar warmte kan slechts gedeeltelijk worden omgezet in andere vormen van energie.

Bovenstaande betekent daarom dat we bij het woord energie niet alleen moeten denken aan brandstoffen zoals steenkool, aardolie en aardgas, maar dat we ons moeten realiseren dat in alles energie is opgeslagen. Als we praten over zuinig omgaan met energie moet dit ons uitgangspunt zijn. Zo'n natuurwetenschappelijke benadering van energie zou ook een goede leidraad zijn bij politieke discussies over energiebeleid, maar dat is helaas (nog) niet het geval. Politieke beleidsontwikkelaars baseren zich veelal op de officiële energiestatistiek van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). De officiële CBS-energiestatistiek definieert slechts een beperkt aantal energiedragers (onder andere steenkoolproducten, aardoliegrondstoffen, aardolieproducten, aardgas, elektriciteit, stoom, warm water). Alle materialen die niet in deze CBS-lijst voorkomen, hebben geen energiewaarde in de officiële energiestatistiek, maar fysisch gezien hebben ze natuurlijk wél een energiewaarde. Als bijvoorbeeld uit de CBS-energiedrager aardolie een kunststof wordt gemaakt, dan wordt er volgens de energiestatistiek geen energie geproduceerd, maar de kunststof vertegenwoordigt natuurlijk wel degelijk energie. Een ander voorbeeld is een aardgas-gestookte energiecentrale. Hier stromen aardgas en lucht het systeem in terwijl er elektriciteit, verbrandingsgassen en warmte het systeem uitstromen. In de energiestatistiek wordt in dit geval alleen rekening gehouden met de door het CBS gedefinieerde energiedragers aardgas, elektriciteit en warmte, maar de andere stoffen vertegenwoordigen fysisch gezien natuurlijk ook energie. Het zou veel juist zijn om bij onze analyse alle in- en uitgaande stromen van het proces

mee te rekenen en daarbij geen onderscheid te maken tussen energie- en materiaalstromen. Een analysemethode waarin een dergelijke benadering wordt gevolgd, is de zogeheten exergie-analyse en deze zou een betere basis voor het ontwikkelen van energiebeleid vormen dan de thans gehanteerde energiestatistiek.

Als we nu na deze korte beschouwing over energie terugkeren naar de rol van energie in onze samenleving, dan is het gemakkelijk aan te voelen dat er in onze geïndustrialiseerde samenleving veel 'verborgen' energie zit.

Net als in de tijd van de jagers en verzamelaars heeft de mens voedsel nodig voor de instandhouding van het lichaam, voor de voortplanting en voor het verrichten van arbeid. Aan deze menselijke energie-omzettingen is in de loop der tijd niet zo veel veranderd, maar aan de menselijke samenleving des te meer. We wonen met velen bij elkaar in steden, ons voedsel wordt geteeld, bewerkt, verpakt en getransporteerd en verder gebruiken we in ons dagelijks leven veel op ambachtelijke of industriële manier gemaakte producten.

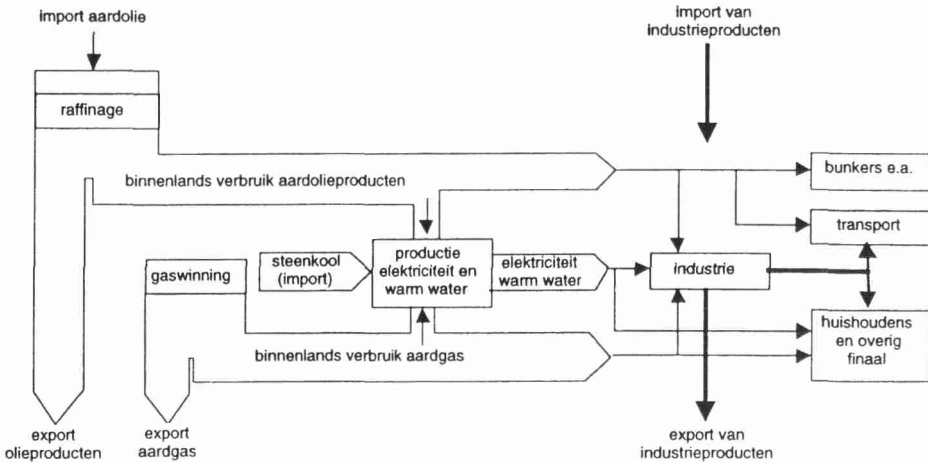
In primitieve agrarische gemeenschappen kan het energiegebruik nog tamelijk beperkt zijn. Het gebruik van kunstmest, bestrijdingsmiddelen en landbouwmachines gaat natuurlijk al gepaard met het verbruiken van een zekere hoeveelheid fossiele energie en glastuinbouw vraagt al weer meer energie. Voordat het voedingsmiddel geconsumeerd kan worden, wordt er vaak nog meer energie in geïnvesteerd tijdens voedselbewerking en -conservering en tijdens het transport naar de consument. Een dergelijke redenering geldt natuurlijk niet alleen voor voedsel; voor vrijwel alle producten die we in ons dagelijks leven gebruiken, geldt dat energie is geïnvesteerd in hun vervaardiging, verpakking en in het transport naar de consument. Verder gebruiken we natuurlijk ook energie bij het bouwen van woningen, bij het verwarmen en verlichten daarvan en bij het aanleggen en gebruiken van onze transport-infrastructuur.

Aan de hand van het energieverbruik per jaar in de Nederlandse huishoudens kunnen we uitrekenen wat in ons land het energieverbruik per woning per jaar is. De onderstaande berekening is gebaseerd op energiegegevens van het CBS uit 1990. Het directe energieverbruik in de vorm van gas en elektriciteit bedraagt 72,1 GJ per woning per jaar (G=giga= 10^9). Als we daar de energie

bijtellen die in de energiesector zelf wordt verbruikt bij de winning en het transport van de brandstoffen, dan komen we op een hoeveelheid energie per woning per jaar van 86,8 GJ. Brengen we de hoeveelheid energie in rekening die de industrie investeert in de consumptiegoederen die wij gebruiken, dan komen we op een energieverbruik van 121,4 GJ per woning per jaar en voegen we daar dan nog één auto per woning aan toe (waarvan we in deze berekening alleen de benzine in rekening brengen), dan komen we op een energieverbruik van 196,0 GJ per woning per jaar. Die 196 GJ komt overeen met de energie-inhoud van 34 vaten olie of, om een andere vergelijking te gebruiken, met met de hoeveelheid energie die 390 paarden die dag en nacht in de weer zijn gedurende een jaar kunnen leveren.

Onze moderne levenswijze vergt dus veel energie. De energiestatistiek zoals die door het CBS wordt gepubliceerd, geeft ons wel een idee naar welke eindgebruikers de energiestromen in ons land toe gaan, maar ze leren ons niet wat er tijdens het eindgebruik precies met de energie gebeurt. Als de energie bijvoorbeeld door de eindgebruiker wordt benut voor de verwarming van gebouwen, dan is het eindresultaat dat de energie als warmte naar de omgeving weglekt. In dat geval is de eindgebruiker ook de eindverbruiker, want er is geen bruikbare energie meer over. Bij ander eindgebruik, bijvoorbeeld in de industrie, worden producten gemaakt waarin een deel van de energie is opgeslagen, maar voor de energiestatistiek telt zulke in producten opgeslagen energie niet mee. De reden hiervoor werd in het voorgaande al aangegeven: de energiestatistiek is gebaseerd op een beschrijving aan de hand van een beperkt aantal door het CBS gedefinieerde energiedragers (onder andere steenkoolproducten, aardoliegrondstoffen, aardolieproducten, aardgas, elektriciteit, stoom, warm water) en in deze beschrijving wordt geen rekening gehouden met het feit dat alle materialen energie vertegenwoordigen. Er zou dus in feite geen onderscheid tussen energieën materiaalstromen moeten worden gemaakt. Tenslotte moeten we ons realiseren dat via export veel in producten opgeslagen energie het land verlaat, maar daar staat tegenover dat we via import natuurlijk ook weer in producten opgeslagen energie invoeren. Het is in principe wel mogelijk dergelijke factoren in de berekeningen te betrekken, maar dit maakt de analyse wel complexer.

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de energiestromen in Nederland in 1990.



Figuur 2. Energiestromen in Nederland.

bron: W. van Gool, *Energie: heden en toekomst* in: *Natuurwetenschappen-technologie-samenleving*; Bruggen bouwen tussen α , β en γ . Open universiteit, 1994.

Figuur 2

Energiestromen in Nederland.

Bron: W. van Gool, *Energie: heden en toekomst* in: *Natuurwetenschappen-technologie-samenleving*; Bruggen bouwen tussen α , β en γ . Open universiteit, 1994.

Nederland gebruikt voornamelijk de fossiele brandstoffen kolen, aardolie en aardgas. Aardgas wordt in Nederland gewonnen en gedeeltelijk geëxporteerd. Steenkool en aardolie worden geïmporteerd. Van de geïmporteerde aardolie wordt na raffinage ongeveer de helft geëxporteerd, de rest wordt in Nederland gebruikt. Aardgas, aardolie en kolen worden gebruikt voor elektriciteitsproductie en tenslotte worden aardgas, aardolieproducten en elektriciteit voor eindverbruik geleverd aan de verbruikssectoren (industrie, transport, huishoudens, overig).

Onderstaande tabel geeft een indruk van het energieverbruik in Nederland in 1990.

Tabel 1 Energieverbruik in Nederland in 1990

	PJ	%
energiebedrijven	528	19
waarvan		
aardgaswinning en -bewerking	25 PJ	
raffinaderijen	159PJ	
elektriciteit- en warmteproductie	303PJ	
andere bronnen	41 PJ	
industrie	989	36
transport	375	14
huishoudens	404	15
overige afnemers	425	16
<hr/>	<hr/>	<hr/>
totaal verbruik in Nederland	2721	100

P=peta= 10^{15}

Bron: W. van Gool, 'Energie: heden en toekomst'. In *Natuurwetenschappen-technologie-samenleving; Bruggen bouwen tussen α , β en γ* . Open universiteit, 1994.

Op grond van de getallen in bovenstaande tabel komen we tot de conclusie dat industrie en energiesector de grote energieverbruikers in Nederland zijn. We moeten daarbij echter weer bedenken dat energieverbruik in termen van de energiestatistiek betekent dat één van de energiedragers (gas, olie, kolen, elektriciteit) wordt verbruikt. Wordt in een proces een energiedrager gevormd,

dan wordt dat in termen van de energiestatistiek energie-output genoemd, maar als een andere stof wordt gevormd waarin evenzeer energie is opgeslagen, dan wordt dit niet tot de energie-output gerekend. In feite zou het dus weer veel juister zijn om ook de energetische waarde van de geproduceerde materialen als output aan te merken. Voor het voeren van een goed energiebeleid zal men met dergelijke overwegingen rekening moeten houden. Voor de individuele verbruiker betekent dit natuurlijk dat niet alleen zuiniger met gas en elektriciteit dient te worden omgegaan, maar ook met consumptiegoederen.

Bovenstaande betref de Nederlandse samenleving in 1990. In dat jaar bedroeg het aandeel van ons land in het wereldenergieverbruik 0,81%. Van het totale wereldenergieverbruik werd 87,6% verkregen uit fossiele brandstoffen, 5,7% met behulp van kernenergie en 6,7% uit waterkracht. De wereldenergievoorziening is dus zeer afhankelijk van fossiele brandstoffen.¹⁵

Een belangrijk milieuaspect van het grootschalig gebruik van fossiele brandstoffen is de vorming van stikstofdioxide en zwaveldioxide die bijdragen aan de zure neerslag, en van koolstofdioxide dat een rol speelt in het broeikas-effect. Terugdringing van het gebruik van fossiele brandstoffen is dus gewenst vanuit milieukundig oogpunt, maar niet alleen vanuit milieukundig oogpunt. Een misschien nog wel belangrijker reden om het verbruik van fossiele brandstoffen zoveel mogelijk te beperken, is hun eindigheid. Als we uitgaan van de bewezen reserves aan fossiele brandstoffen en het jaarlijks verbruik, dan kunnen we uitrekenen dat er een aardolievoorraad is voor ongeveer 44 jaar, een steenkoolvoorraad voor 261 jaar en een aardgasvoorraad voor 60 jaar. Uiteraard wordt er veel naar aardgas en aardolie gezocht en de winbare voorraden blijven wel toenemen, maar anderzijds stijgt het wereldenergieverbruik ook voortdurend. We moeten ons goed realiseren dat fossiele brandstofvoorraden in principe eindig zijn en dat ze dus vroeger of later gewoon uitgeput zullen zijn. De wereldbevolking zal daarom naarstig op zoek moeten naar minder milieubelastende, duurzame energiebronnen zoals zonne-energie, windenergie en waterkracht. Ook het kweken van planten en bomen met als doel de verkregen biomassa als brandstof te gebruiken, kan een interessante optie zijn.^{12,14} Bij het gebruiken van zonne-energie, windenergie en waterkracht komt geen of weinig koolstofdioxide vrij, bij het gebruik van biomassa wel, maar bij de productie van biomassa

wordt ook weer koolstofdioxide uit de atmosfeer opgenomen en als gebruik en vorming van biomassa gelijk zijn, is biomassa koolstofdioxide-neutraal.

Een andere koolstofdioxide-arme optie is kernenergie. In atoomkernen kunnen spontaan veranderingen optreden en bij de kernsplitsing van zware elementen komen grote hoeveelheden energie vrij in de vorm van elektromagnetische straling of elementaire deeltjes. Kernsplitsing kan ook worden opgewekt door de atoomkern te bestralen met elementaire deeltjes zoals neutronen. Als bij de teweeg gebrachte splijting meer neutronen vrijkomen dan voor de opwekking van het proces noodzakelijk zijn, dan kan het proces steeds sneller gaan verlopen en tot een kernexplosie leiden. Onder bepaalde omstandigheden kan men echter het proces onder controle houden en de bij de splijting vrijkomende warmte gebruiken om stoom te maken, waarmee vervolgens een turbine wordt aangedreven voor de productie van elektriciteit.

Het gebruik van kernenergie staat maatschappelijk nogal ter discussie. Landen als Frankrijk en Japan, die zelf niet over voldoende fossiele brandstoffen beschikken, passen op uitgebreide schaal kernenergie toe voor de opwekking van elektriciteit. In 1992 waren er in de wereld meer dan vierhonderd kerncentrales in gebruik terwijl er een honderdtal in aanbouw waren, maar ongelukken met kerncentrales zoals bij Three Mile Island en Tsjernobyl hebben de weerstand tegen het gebruik van kernenergie in veel landen doen toenemen. Het is moeilijk een uitspraak te doen over het toekomstig gebruik van kernenergie voor energie-opwekking. De veiligheid van kerncentrales zal zeker vergroot worden, maar opslag van radioactief materiaal blijft een probleem en verder moeten we ons realiseren dat de uraniumvoorraden eindig zijn.

Kernfusie tenslotte is een energie-optie voor de verre toekomst. Bij kernfusie worden lichte elementen (waterstof, helium) gefuseerd tot zwaardere. Soortgelijke fusieprocessen waarbij veel energie vrijkomt, treden ook op in de zon. Onderzoek en ontwikkeling van deze techniek is echter erg gecompliceerd en kostbaar en toepassing ervan lijkt nog lang niet in zicht.

Energie speelt in onze moderne samenleving dus een cruciale rol en het zoeken naar een duurzaam energiesysteem is zeer belangrijk. We zullen vanzelfsprekend moeten proberen zo zuinig mogelijk met energie om te gaan, maar ook als we het energieverbruik per persoon in de geïndustrialiseerde wereld zouden weten

te stabiliseren of zelfs terug te dringen, zal het mondiale energieverbruik blijven stijgen door de groei van de wereldbevolking en door de toenemende welvaart in zich ontwikkelende landen.

We moeten ons in dit verband ook terdege realiseren dat het energieverbruik op aarde heel oneerlijk is verdeeld.¹⁶ Volgens de UNIDO (United Nations Industrial Development Organisation) heeft een mens, om een menswaardig bestaan te leiden, ongeveer 35 GJ energie per jaar nodig; in een aantal ontwikkelingslanden bedraagt het energieverbruik slechts 7 GJ per persoon per jaar terwijl het in de Verenigde Staten ongeveer 350 GJ per persoon per jaar bedraagt. Een toename van het energiegebruik in ontwikkelingslanden lijkt dus alleszins rechtvaardig.

Als we uitgaan van een op energiebesparing gericht beleid en een bevolkingsgroei tot $1,4 \cdot 10^9$ - $1,6 \cdot 10^9$ personen in de geïndustrialiseerde landen, zal het energieverbruik in die landen in 2030 207% van dat in 1990 bedragen. Bij een scenario waarin de bevolking in ontwikkelingslanden groeit tot $6,4 \cdot 10^9$ personen terwijl het energieverbruik per persoon daar toeneemt tot 40 GJ per persoon per jaar, zal het energieverbruik in dat deel van de wereld in 2030 350% van dat in 1990 bedragen.¹⁷ Energie zal dus naar alle waarschijnlijkheid nog lang hoog op de politieke agenda staan.

De huidige energieproblemen hoeven echter niet onoplosbaar te zijn zoals uit de volgende getallen blijkt. Er komt jaarlijks een hoeveelheid zonne-energie naar de aarde toe die veel groter is dan de hoeveelheid die we jaarlijks met zijn allen aan fossiele brandstoffen verbruiken. Planten zijn in staat om met behulp van het fotosyntheseproces ongeveer 7% van deze zonne-energie op te vangen en op te slaan. De reden hiervoor is dat de bij de fotosynthese betrokken pigmenten slechts straling van een beperkt golflengtebereik kunnen opvangen. Planten gebruiken zelf weer zo ongeveer 40% van de opgevangen energie voor hun metabole huishouding; het rendement van de energie-opslag komt daarmee op ongeveer 4%. Dit lijkt misschien niet veel, maar planten leggen jaarlijks ongeveer $24 \cdot 10^{11}$ GJ energie in biomassa vast terwijl de wereldbevolking jaarlijks ongeveer $2 \cdot 10^{11}$ GJ fossiele energie gebruikt.¹⁸ Er komt dus veel meer zonne-energie naar ons toe dan we momenteel in de vorm van fossiele energie gebruiken. Als we er met behulp van technologie in slagen deze energie op te vangen, om te

zetten en op te slaan, dan zou ons energieprobleem veel minder nijpend zijn. Het energierprobleem lijkt dus niet onoplosbaar, maar hoe zit dat met grondstoffen, milieuproblemen en de groei van de wereldbevolking?

Een duurzaam scenario?

In het voorgaande werd betoogd dat voor het realiseren van een duurzamer samenleving de volgende factoren belangrijk zijn:

- de groei van de wereldbevolking;
- hernieuwbare energie;
- grondstoffen;
- schonere productiestrategieën
- sociale structuren in de menselijke samenleving.

Voor wat betreft de energieproblematiek werd opgemerkt dat ons belangrijkste energieprobleem is dat we voor bijna 90% afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen. Het op grote schaal verbruiken van fossiele brandstoffen brengt belangrijke milieuproblemen met zich mee en bovendien lijkt het einde van onze fossiele brandstofvoorraad op relatief korte termijn in zicht te komen.

Ook de aardse grondstofvoorraden zijn natuurlijk eindig, maar in principe kunnen we grondstoffen recyclen, al kost dit vaak wel weer veel energie. Het lijkt echter verstandig te zoeken naar schonere productiestrategieën waarbij veel zuiniger met energie en grondstoffen wordt omgesprongen. We moeten ons daarbij niet concentreren op het product, maar op de totale levensloop van het product. Het gaat daarbij om vragen als: welke grondstoffen worden er gebruikt? Hoeveel energie wordt er geïnvesteerd? Zijn de gebruikte grondstoffen terug te winnen? Is de geïnvesteerde energie terug te winnen? Welke afvalstromen ontstaan er tijdens het productieproces en hoe zouden die gebruikt kunnen worden? Wat gebeurt er met het product als dit niet meer gebruikt wordt?^{19,20} Zulke analyses moeten leiden tot het veel duurzamer omgaan met energie en grondstoffen. Samenwerking tussen verschillende bedrijven kan in dit verband nuttig zijn, want soms kan een afvalstroom van het ene bedrijf een grondstofstroom vormen voor een ander bedrijf.

We zouden ook moeten zoeken naar productieprocessen en producten die beter aansluiten bij natuurlijke kringlopen, en in dit verband kan biotechnologie een bijdrage leveren.^{3,12} Immers, biotechnologie kan worden omschreven als het toepassen van biologische systemen voor het leveren van producten en diensten op economisch relevante schaal, en in zekere zin is het dus een technologie met al een zeer lange staat van dienst. Ook voor het opvangen, omzetten en opslaan van zonne-energie zou het kweken van energiegewassen een interessante optie kunnen zijn.^{12,14} Uit energetisch oogpunt interessante gewassen zijn snel groeiende bomen, gewassen met een hoog zetmeel- of suikergehalte en gewassen rijk aan olie of koolwaterstoffen. We moeten hierbij natuurlijk wel bedenken dat delen van planten met een hoog koolhydraat- of oliegehalte ook interessant zijn vanuit het oogpunt van de voedselvoorziening; een belangenconflict tussen energieproductie en voedselproductie is dus niet bij voorbaat uitgesloten.

Natuurlijk is ook het idee dat het misschien mogelijk zou zijn planten zodanig te veranderen dat ze meer zonne-energie zouden kunnen opvangen en opslaan intrigerend, evenals het idee dat we voor dat doel gebruik zouden kunnen maken van fotosynthetiserende organismen die in oceanen leven. Dit zijn momenteel echter nog slechts theoretische mogelijkheden.

Verder moeten we ons natuurlijk ook realiseren dat we meestal maar een deel van een gewas gebruiken en dat in het niet gebruikte deel van de plant natuurlijk ook opgeslagen zonne-energie aanwezig is. In de natuur wordt de in plantaardig en dierlijk afval aanwezige energie gebruikt door micro-organismen. Als we zulke afbraakprocessen door micro-organismen onder gecontroleerde omstandigheden laten verlopen in een bioreactor, dan kan biogas (een mengsel van ongeveer 60% methaan, 40% koolstofdioxide en zeer kleine hoeveelheden waterstofgas) worden gevormd. Op grotere agrarische bedrijven kan op deze manier energie uit afval worden gewonnen. Ook het methaangas gevormd in gemeentelijke vuilstortplaatsen kan worden opgevangen en verbrand; de hierbij gevormde stoom kan worden gebruikt bij het opwekken van energie.

Het eenvoudigste voorbeeld van het voor energie-opwekking gebruiken van biomassa is natuurlijk het stoken van hout, maar in veel gevallen zal de biomassa eerst moeten worden omgezet in een 'handzamer' biobrandstof, zoals bijvoorbeeld bio-alcohol uit graan of suikerriet of biodiesel uit raapzaad. Theoretisch

zou het ook mogelijk zijn om direct olie te winnen uit oliehoudende zaden, maar in dat geval gaat het vaak om olieën die ook in de voedselvoorziening een rol spelen. Verder zijn er ook nog gewassen die koolwaterstoffen produceren, maar hierbij gaat het op dit moment slechts om theoretisch interessante opties. Tenslotte zou misschien in de toekomst ook het op biotechnologische wijze produceren van waterstof tot de mogelijkheden behoren.

We moeten ons natuurlijk blijven realiseren dat fotosynthetiserende organismen slechts een gedeelte van de zonne-energie kunnen opvangen en gebruiken; daarom zullen ook andere technologische opties moeten worden ontwikkeld.

We zouden misschien enigszins optimistisch kunnen concluderen dat de mens, door gebruik te maken van zijn kennis van het systeem aarde, nieuwe technologische oplossingen zou kunnen vinden voor belangrijke hedendaagse problemen. Maar technologische oplossingen alleen zijn zelden toereikend. Sociale factoren zijn eveneens van groot belang en de vraag is hoe vaardig de mensheid op dat gebied is. Hoe verantwoordelijk gedragen samenlevingen zich ten opzichte van elkaar? Zijn we in staat de welvaart op onze planeet eerlijker te verdelen? En dan, misschien wel de allerbelangrijkste vraag: zullen 'revolutionaire veranderingen' er weer toe leiden dat de wereldbevolking in versneld tempo naar zijn volgende grens toe groeit? Kunnen we dat beïnvloeden?

Laten we ons best doen om, met beide voeten op de aarde staand, onze planeet toch te zien zoals sultan Ben Salman Al Saud dat deed op de vijfde dag van zijn reis met de Discovery 5, *als den einigen, ganzen Planeten*.

Noten

1. K.W. Kelley, *Der Heimat Planet*, Zweitausendeins, Frankfurt am Main 1989.
2. J.J.M. Leinders et al., *Geologie rondom ijstijden*, Open universiteit 1992.
3. M.C.E. van Dam-Mieras, C.K. Leach, 'A Natural Sciences Perspective on Environmental Management'. In *Biotechnological Innovations in Energy and Environmental Management*, Butterworth Heinemann, Oxford 1994. p. 5-27.
4. R. Leaky and R. Lewis, *Origins*, E.P. Dutton, New York 1977. p. 143.
5. J. Weeks, *Population: An Introduction to Concepts and Issues*, Wadsworth, Belmont CA 1981, tweede druk. p. 46.
6. *The Global 2000 Report to the President*, Vol. 1, 'Entering the Twenty-First Century', US Government Printing Office, Washington DC 1980. p. iii.
7. D.H. Meadows, D.L. Meadows and J. Randers, 'The Limits: Sources and Sinks, Overshoot but not Collapse'. In *Beyond the Limits; Global Collapse or a sustainable Future*, Earthscan Publications Limited, London 1992. p. 44-103; p. 218-236.
8. M.E. Clark, *Ariadne's Thread, The Search for New Modes of Thinking*, St. Martin's Press, Inc., New York 1989. p. 31-127.
9. World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford University Press 1987.
10. Anonymous (Rio de Janeiro, June 1992), *Agenda 21*. Volumes I, II, III of the Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Document A/CONF. 151/26, preliminary version of August 1992. United Nations Geneva, 5 Volumes.
11. Commission of the European Communities. Directorate-General XI — Environment, Nuclear Safety and Civil Protection (1993), *Towards Sustainability, A European Community Programme of Policy and Action in Relation to the Environment and Sustainable Development*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
12. M.C.E. van Dam-Mieras, C.K. Leach, G. Mijnbeek and E. Middelbeek, 'Biotechnology Applications in Environmental Perspective'. In *Cleaner and Economic Production for Performance*, K.B. Misra (ed.), Springer Verlag, Heidelberg 1995. p. 355-386.
13. W. van Gool, 'Energie: heden en toekomst'. In *Natuurwetenschappen-technologie-samenleving; Bruggen bouwen tussen α , β en γ* , Open universiteit 1994.
14. S. Keith, 'Biofuels'. In *Biotechnological Innovations in Energy and Environmental Management*, Butterworth Heinemann, Oxford 1994. p. 203-225.

15. BP *Statistical Review of World Energy*, June 1991.
16. G.R. Davis, 'Energy for Planet Earth'. *Scientific American*, September 1990. p. 21-27.
17. L.H.Th. Rietjens. In *Het Nationaal Technoliedebat*, W.J. Beek (ed.) Stichting Maatschappij en Onderneming, 's-Gravenhage 1992. p. 123-124.
18. W.P.M.F. Ivens, H.M. Lövenstein, R. Rabbinge and H. van Keulen 'Bio-physical Factors in Agricultural Production. In *World Food Production*, Textbook 2, Open universiteit, Heerlen 1992.
19. M.A.M. Meester et al., *Milieu en technologie*, Open universiteit, Heerlen 1992.
20. M.C.E. van Dam-Mieras, M.A.M. Meester and P.B. Sloep, *Sustainability, Cleaner Production and an International Learning Resource*. *J. Clean. Prod.*, 3, 1995. p. 3-8.

Nationaal en internationaal beleid

G.H. Vonkeman

Inleiding

Dit college zal in veel opzichten niet bieden wat titel en context beloven. Ik ben geen bevolkingsdeskundige, maar een hoogleraar internationaal milieubeleid en ik zal het vooral over mijn vak hebben. Dat betekent dus milieubeleid, en wel in een heel ruime zin. Ook daarmee kom ik echter nog niet ver genoeg, want er is momenteel weinig beleid.

De vragen die ik zal behandelen, zijn dan ook vooral 'Wat zijn de werkelijke problemen, welk beleid is daarvoor nodig en wie moet en/of kan dat vaststellen en uitvoeren?' Wel duidelijk (maar daarmee nog niet gedefinieerd) zijn de doelstelling: duurzame ontwikkeling; en de uitgangspunten: de *Rio-verklaring* en *Agenda 21*.

Duurzame ontwikkeling

Ook al hebben we duurzame ontwikkeling als de doelstelling, dan zijn we daarmee nog niet uit de problemen: het begrip is namelijk niet scherp gedefinieerd. Er zijn meer dan zestig definities in omloop, waarvan de bekendste die uit het *Brundtlandrapport*¹ is:

Duurzame ontwikkeling behelst een situatie waarin een bepaalde generatie zo in zijn behoeften voorziet dat zij daarbij de mogelijkheid voor toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien niet aantast.

Achter deze definitie gaan verschillende problemen schuil:

- De aarde wordt nú al overbelast: serieuze, deels mondiale milieuproblemen.
- Een groot deel van de wereldbevolking is onderontwikkeld: ontwikkelingsproblemen.
- De wereldbevolking verdubbelt de komende vijftig jaar: bevolkingsproblemen.

- Dit verhoogt het risico van gewapende conflicten: veiligheidsproblemen.
- Men kan de genoemde problemen niet los van elkaar zien: 'Peace, development and environmental protection are interdependent and indivisible.' (*Rio-declaration, Principle 25*).

Functies van de aarde

De milieuproblemen zijn verschillend van karakter, daar de aarde immers voor de mensheid verschillende, vitale functies vervult. Zo onderscheidt Stortenbeker²:

- De draagfuncties: het milieu als substraat voor steden, voor transportlijnen en andere technische werken, voor recreatievoorzieningen, en als opvang voor afvalstoffen.
- De productiefunctie: de productie van biomassa op land en in water, de agrarische productie, de productie van energie en delfstoffen.
- De regulatiefunctie: zuiveringsfuncties, stabiliserende effecten.
- De informatiefunctie: levering van wetenschappelijke informatie, het milieu als reservoir van genetische informatie, als bron van inspiratie, educatie en recreatie.

Het zal u niet moeilijk vallen om binnen elke functie problemen te bedenken en u ook te realiseren dat het gebruik voor een bepaald soort functie vaak de andere mogelijkheden uitsluit. Kijken we bijvoorbeeld naar de productiefunctie, dan onderscheidt Stortenbeker:

- De zon: de op onze tijdschaal onuitputbare energiebron die het biosfeer-systeem draaiende houdt.
- De natuurlijke bestaansbronnen: de bodem die gewassen en gedomesticeerde diersoorten tot voedingsbodem dient, de bossen, de wateren en andere systemen waaruit natuurlijke producten worden geoogst. De bestaansbronnen zijn in principe vernieuwbaar, dat wil zeggen dat zij zich bij verantwoord gebruik steeds weer herstellen. Zij zijn echter kwetsbaar voor overexploitatie, vervuiling of onjuist beheer en zijn dan uitputbaar en vernietigbaar;
- De natuurlijke hulpbronnen: de delfstoffen, natuurlijke meststoffen en fossiele brandstoffen, die de mens helpen de kwaliteit van zijn bestaan te verhogen.

Zij zijn per definitie uitputbaar; het zijn door geologische en biologische processen geconcentreerde voorraden die de mens tot zijn beschikking heeft, totdat ze op zijn.

Cultuur, structuur en technologie

De problemen worden voor het overgrote deel veroorzaakt door ons maatschappelijk gedrag, en dat wil zeggen dat het een kwestie is van cultuur, structuur en technologie. In *figuur 1³* is dit weergegeven.

Onze behoeften worden bepaald door de cultuur. Vaak worden zij vervuld door middel van technologie. En deze technologie heeft om te kunnen werken een structuur nodig. Deze omvat niet alleen een fysieke infrastructuur maar ook een maatschappelijke, waaronder economische, structuur.

Mogelijkheden van de technologie

Willen we milieu- en ontwikkelingsproblemen oplossen en tot een duurzaam systeem komen, dan kunnen we ingrijpen in zowel cultuur als structuur als technologie. In onze westerse samenleving is de neiging groot om te denken dat technologie alleen wel de oplossing kan bieden. Een eenvoudige formule, in de jaren zeventig opgesteld door Ehrlich, tempert het technologie-enthousiasme echter danig.

Ehrlich ziet de belasting van het wereldmilieu als een product van een drietal grootheden⁴:

M = metabolisme (milieudruk per eenheid van welvaart; efficiëntie)

W = wealth (gemiddelde welvaart per hoofd van de bevolking)

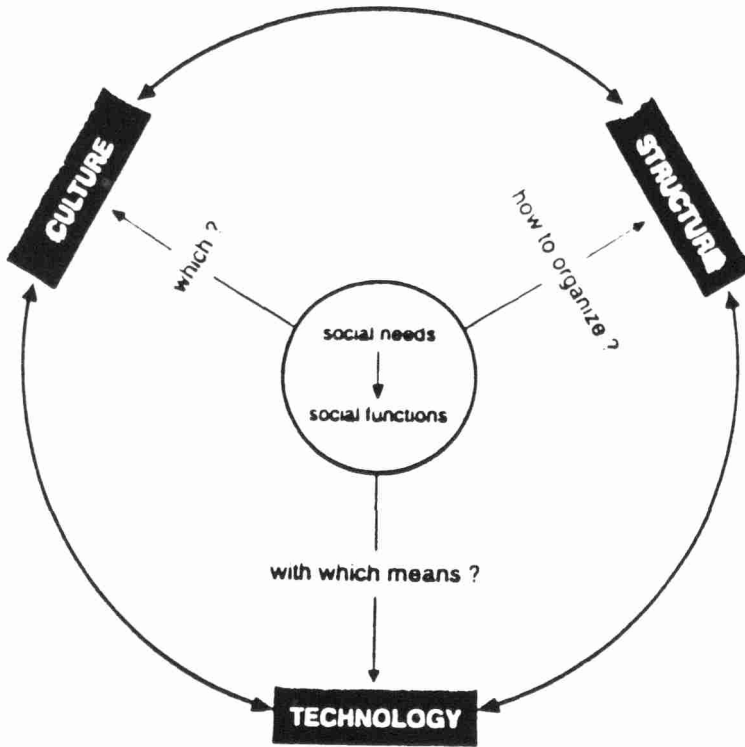
P = population (bevolkingsgrootte)

$$D = M * W * P$$

Laten we als referentiejaar 1995 nemen, dus

$$1 = 1 * 1 * 1$$

We kijken vervolgens naar het jaar 2050. Onze milieudruk is in 1995 al veel te hoog. We overdrijven zeker niet als we stellen dat die tot de helft terug moet.



Figuur 1

De wisselwerking tussen cultuur, structuur en technologie.

De drie elementen cultuur, structuur en technologie zijn onderling afhankelijk en beïnvloeden elkaar. Denk maar aan de (technologische) uitvinding van de anti-conceptiepil, die niet alleen een ingrijpende invloed heeft gehad op onze cultuur, maar ook grote gevolgen meebracht voor structurelementen als woningbouw, onderwijssysteem en opbouw van de economisch belangrijke arbeidsmarkt.

De welvaart per hoofd moet nog flink toenemen — er is een grote achterstand in de ontwikkelingslanden — en ook in het Westen zal de groei niet onmiddellijk stoppen. Afhankelijk van de matiging die in het Westen kan worden bereikt en de mate waarin de ontwikkelingslanden hun achterstand inlopen, resulteert een factor tussen 4 en 12.

Tenslotte zal de wereldbevolking tot 2050 onontkoombaar tenminste verdubbelen.

Vullen we dit in, dan krijgen we voor 2050:

$$0,5 = M_{2050} \cdot 4 \text{ à } 12 \quad * \quad 2$$

Dit levert voor M_{2050} een factor 1/16 à 1/48, dat wil zeggen dat de technologie over de gehele linie 15 tot 50 keer efficiënter moeten worden om de milieudruk tot de helft terug te brengen.

Voor ik nog wat verder ga met de technologie wil ik u eerst nog op enkele andere aspecten van de formule wijzen.

In de eerste plaats is de bevolkingsgroei niet de grootste probleemveroorzaker. Ook als de bevolkingsomvang op het peil van 1995 zou blijven moet de technologie nog 8 tot 25 keer efficiënter worden, en wel om de effecten van de welvaarts-groei op te vangen. En dat is geen eenmalige zaak: als we blijven doorgaan met een toename van de materiële welvaart per hoofd zal ook de efficiëntie van de technologie navenant moeten stijgen, en dat wordt uiteraard steeds moeilijker. Natuurlijk is het daarnaast belangrijk dat ook de bevolkingsomvang stabiliseert: het eindige systeem aarde verdraagt per definitie geen blijvend toenemende uitputting. Op den duur zal men tot een evenwichtssituatie moeten geraken, waarin alleen de zon en de hernieuwbare productiefactoren worden aangesproken, de laatste binnen de grenzen van hun vernieuwingsvermogen.

In *tabel 1*⁵ is aangegeven wat dat voor het gebruik van een aantal belangrijke grondstoffen en energiedragers betekent. Zowel met de Ehrlich-formule als met berekeningen die minder globaal zijn en de draagkracht van individuele componenten tot uitgangspunt nemen, komt men tot vergelijkbare uitkomsten. In *figuur 2* is een en ander ook grafisch tot uitdrukking gebracht.⁶

DIMENSION	SUSTAINABLE LEVEL (supply)	SITUATION IN 2040 (supply)	DESIRED REDUCTION	SCALE OF ANALYSIS
Fossil fuels				
Oil	50 years	exhausted	85 %	Global
Natural gas	50 years	exhausted	70 %	Global
Coal	50 years	exhausted	20 %	Global
Metals				
Aluminum	50 years	available	None	Global
Copper	50 years	exhausted	80 %	Global
Uranium	50 years	Nuclear energy?	?	Global
Zinc (Cadmium!)	50 years	exhausted	20 %?	Global
Renewables				
Biomass	20 % terrestrial animal biomass	50 % terrestrial animal biomass	60 %	Global
	20 % terrestrial primary production	50 % terrestrial primary production	60 %	Global
Species diversity	5 species/yr extinct	365-65000 s/yr ext.	99 %	Global
Emissions				
CO ₂ emissions	2.6 billion tns. C/yr	13 billion tns. C/yr	80 %	Global
Acid deposition	400 eq.uy. /ha/yr	2400-3600eq. /ha/yr	85 %	Europe-wide
Nutrient deposition	30 kg P/ha/yr	No data	?	The Netherlands
	267 kg N/ha/yr	No data	?	The Netherlands
Cadmium deposition	2 tonnes/yr	50 tonnes/yr	95 %	The Netherlands
Copper deposition	70 tonnes/yr	830 tonnes/yr	90 %	The Netherlands
Lead deposition	58 tonnes/yr	700 tonnes/yr	90 %	The Netherlands
Zinc deposition	215 tonnes/yr	5190 tonnes/yr	95 %	The Netherlands
Soil deterioration				
Due to dehydration	Status as in 1950	No data	?	The Netherlands
Due to erosion	9.3 billion tns/yr	45-60 billion tns/yr	85 %	Global

Weterings en Opschoor, 1992

Tabel 1

Duurzame situatie versus extrapolatie huidige ontwikkelingen.

Mogelijkheden van biomassa

Wanneer we nog even teruggrijpen op de door Stortenbeker onderscheiden productiefactoren, dan is het duidelijk dat naast de zon als energiebron vooral de productie van biomassa, planten en dieren dus, onze voornaamste grondstoffenbron zal moeten zijn. Men komt daarover in de literatuur heel optimistische berekeningen tegen; een vorige inleider, collega Rabbinge, heeft u al een potentieel voorgerekend. Men moet daarbij echter wel prioriteiten stellen en (soms discutabele) aannamen maken.

De eerste prioriteit is de voedselproductie. De toekomstige behoefte aan voedsel hangt niet alleen af van de bevolkingsomvang, maar ook van de cultuur. Zo vraagt dierlijk voedsel veel meer biomassa dan plantaardig.

Als tweede prioriteit geldt de vervanging van aardolie als chemische grondstof door biomassa. Theoretisch kan men alle bulkchemicaliën uit aardolie ook uit biomassa fabriceren, en berekeningen wijzen op het eerste gezicht uit dat men er ook kwantitatief voldoende van kan maken. Er blijft zelfs nog een interessante hoeveelheid over voor de derde prioriteit: het gebruik van biomassa als energiebron, al blijft daar de eerste optie zonne-energie uit fotovoltaïsche cellen.

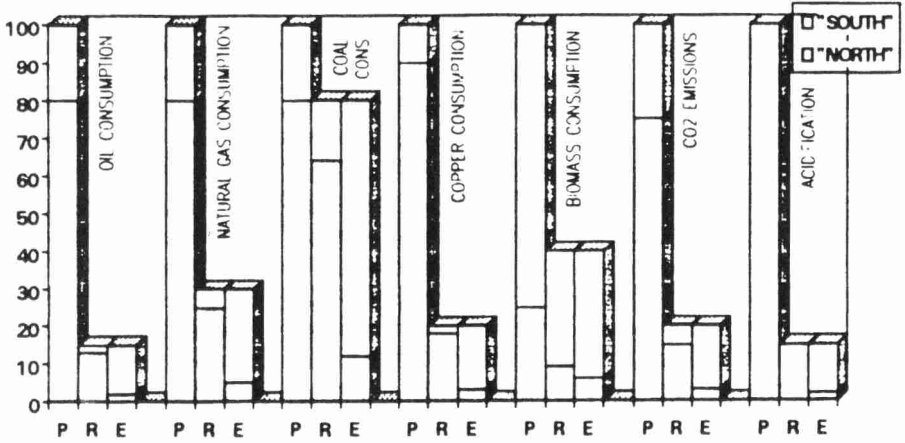
Men moet echter met zulke berekeningen uiterst voorzichtig zijn en zich voortdurend blijven afvragen wat de getoonde overzichten van Stortenbeker betekenen.

Meestal gaat men niet veel verder dan dat men het potentiële wereldlandbouw-areaal vermenigvuldigt met de maximale productiviteit. Maar natuurlijk ligt de zaak veel ingewikkelder.

In de eerste plaats kan men de grond maar één bestemming geven, en de groeiende wereldbevolking heeft ook behoefte aan de andere functies.

Dan zal men zich moeten afvragen waar de nieuwe landbouwgronden komen te liggen. Uiteraard zal dat vooral in de derde wereld moeten zijn, waar de voedselbehoefte nu al groot is en nog sterk zal toenemen.

De volgende vraag is wat er dan verloren gaat. Juist daar liggen prachtige en uitgestrekte natuurgebieden met een unieke biodiversiteit.



P = Present situation

R = Reductions for sustainability without "North-South" reallocation

E = Equitable (i.e., with "North-South" reallocation) reductions for sustainability

Figure 2

Present versus sustainable (total) claims by 'North' and 'South' to the global eco-capacity, for selected resource efficiencies and emissions.

Dan zijn er vele praktische vragen. Is er voldoende water en zal de watervoorziening niet leiden tot verzilting? En vooral, hebben we genoeg kunstmest en dergelijke?

Een eerste verkenning van deze laatste vraag leidt al tot grote zorgen. De huidige wereldfosfaatvoorraad wordt bij de geldende prijs van < 40\$/ton geschat op 11 miljard ton. Bij een prijs van 100\$/ton zou deze stijgen tot 34 miljard ton. Het laatste betekent dat wij bij het huidige jaarverbruik van 130 miljoen ton nog voor 85 jaar voorraad hebben. Maar als we overschakelen op biomassa moet het verbruik drastisch stijgen en het 'dure' fosfaat vraagt bovendien veel energie door de bijzonder milieubelastende winning. Daarnaast bevat 'duur' fosfaat veel cadmium, wat niet alleen leidt tot verdergaande vervuiling van landbouwgronden, maar ook een verspilling betekent van een schaars materiaal dat we mogelijk in de toekomst hard nodig zullen hebben voor fotonvoltaïsche energieopwekking en — opslag. Ik hoop dat de volgende spreker: collega van Egmond, u zijn computerberekeningen zal laten zien voor de situatie in 2100. U zult er niet vrolijk van worden en het met mij eens zijn dat er veel ongegrond optimisme is ten aanzien van de rol van biomassa.

Structuuroverwegingen

Ik wil nu enkele opmerkingen maken over de factor structuur.

Het economisch systeem van het Westen, dat in feite ook het model is voor de rest van de wereld, wordt gekenmerkt door de vrije, ondernemingswijze productie. Het streven is geheel gericht op een openmarkteconomie met een vrije wereldmarkt. Volgens de Belgische filosoof Vermeersch⁷ wordt dit systeem beheerst door wetenschap, technologie en kapitaal: het WTK-complex. Niet alleen heeft daarin elke component de intrinsieke eigenschap dat het zich wil vermeerderen, maar zij versterken bovendien elkaar in dit groeistreven. Dit leidt tot een constante drang tot productiviteitsstijging, die alleen een uitweg kan vinden bij een sterke, internationale concurrentiepositie.

Bij dit proces doen zich meerdere, bedenkelijke ontwikkelingen voor. Zo leidt het niet alleen tot een voortdurende uitstoot van arbeidsplaatsen, maar concentre-

ren de activiteiten zich meer een meer binnen de triade EU, VS, Japan en enkele satellieten. Ik geef u, zonder commentaar, enkele cijfers.

OESO	sinds 1970: 100% productiestijging; 30% minder arbeidsplaatsen
	1990: 30 miljoen werklozen
VS	1990: 30 miljoen armen beneden bestaansminimum
3e Wereld	1980: aandeel in ontvangst mondiale kapitaalstromen 55%
	aandeel in productie mondiale kapitaalstromen 14%
	aandeel in ontvangst mondiale handelsgoederen 9%
	aandeel productie mondiale handelsgoederen 7,9%
	1980: aandeel ontvangst mondiale kapitaalstromen < 5%
	aandeel productie mondiale kapitaalstromen < 5%
	aandeel ontvangst mondiale handelsgoederen 4,9%
	aandeel productie mondiale handelsgoederen 1,4%
Mondiaal	100 armste landen afhankelijk van ontwikkelingshulp
	1,5 miljard geen goed drinkwater
	110 miljoen dakloos; 4 miljard in krotten
	4 miljard geen goede energievoorziening
Daartegenover	Tokio meer telefoons dan heel Afrika
	Japan meer telefoons dan ontwikkelingslanden
	Afrika, Azië, Zuid-Amerika samen
	Californië 60.000 privé zwembaden op 25 miljoen inwoners

Cultuur: enkele discussiepunten

Er zal veel moeten veranderen in onze structuur, maar dat kan alleen als we overgaan op drastisch veranderde behoeften, normen en waarden. Ik kan u om verschillende redenen geen sluitend verhaal voorschotelen; daarom ook hier wat 'punten ter overdenking', met enkele korte kanttekeningen.

In de eerste plaats zullen wij ons moeten bezinnen op de houdbaarheid van het economisch systeem en de rol van de voornaamste factoren daarin: multinationale (en vaak mondiale)productiebedrijven en kapitaalverschaffers enerzijds en nationale overheden en werknemersorganisaties anderzijds. Daarbij speelt zowel wie uit-

eindelijk de beslissingen neemt (en wat het democratisch gehalte daarvan is) als de vraag of het economische systeem met zijn moordende internationale concurrentie overeind kan blijven: wordt het geen tijd voor *limits to competition*?⁸

Een volgende punt is de rol van werk en werkgelegenheid.

Dan is er het even wezenlijke vraagstuk van de totstand brenging van een mondiale gelijkheid, wat onherroepelijk een herverdeling inhoudt, en tenslotte uiteraard het (westerse) consumptiegedrag.

Natuurlijk wordt er over deze onderwerpen wel gepraat en nagedacht, maar men stuit daarbij op opmerkelijke verschillen, tussen woorden en daden, tussen de prioriteiten van burgers en beslissers, en tussen de waardering van korte- en lange-termijnbelangen.

Uit wat algemener gestelde enquêtes komt wereldwijd, de grote zorg over milieu, leefkwaliteiten werkgelegenheid, naar voren. Uit wat diepergaande vraagstellingen blijken echter niet alleen merkwaardige tegenstrijdigheden binnen de groep van burgers respectievelijk besluitvormers (binnen en buiten de overheid), maar ook grote tegenstellingen tussen beide groepen. Ter illustratie geef ik u in tabel 2 het resultaat van een recent Canadees onderzoek. De sterretjes geven opvallende uitkomsten aan met betrekking tot rangorde, overeenkomsten en verschillen.

Naar een internationaal duurzaamheidsbeleid

Ik kom tot een afronding, al is er nog veel onbesproken gebleven. Er zullen wereldwijd fundamentele veranderingen moeten komen en er is dringend behoefte aan een internationaal duurzaamheidsbeleid. Daarvoor bestaan echter nauwelijks (geschikte) bovennationale kaders. Bovendien is internationale besluitvorming uiterst moeilijk, want de nationale soevereiniteit is heilig.

Steeds moet men eerst consensus bereiken, vanwege het gebrek aan bovennationale organen, laat staan *global governance*. Een extra moeilijk punt daarbij is dat het bedrijfsleven mondiaal is georganiseerd en alle andere actoren nationaal.

Ondanks een *Agenda 21*, waarin in 700 bladzijden alle milieu- en ontwikkelingsproblemen bijna uitputtend zijn beschreven, is men op de voornaamste wereldconferentie tot nu toe, de United Nations Conference on Environment and Development UNCED, dan ook niet veel verder gekomen dan een *Rio-verklaring*, waarin

Burgers	B	E;b	!	Elite: besluitvormers
vrijheid	1	7		concurrentiekracht
milieu	2	10	*	integriteit
volksgezondheid	3	9		weinig overheidsbemoeyenis
integriteit	4	2		zuinigheid
individuele rechten	5	15	*	uitblinken
veiligheid	6	11		zelfvoorziening
gelijkheid regio's	7	20	*	vrijheid
zelfvoorziening	8	6		welvaart
respect autoriteit	9	13		volksgezondheid
collectieve rechten	10	18		milieu
zuinigheid	11	4	*	veiligheid
familiewaarden	12	16		nationale eenheid
beheer erfgoed	13	21	*	respect autoriteit
sociale gelijkheid	14	19		tolerantie
Canadese identiteit	15	17		individuele rechten
tolerantie	16	14		familiewaarden
nationale eenheid	17	12		Canadese identiteit
uitblinken	18	5	*	collectieve rechten
welvaart	19	8	*	sociale gelijkheid
concurrentiekracht	20	1	*	gelijkheid regio's
herverdeling welvaart	21	22	*	beheer erfgoed
weinig overheidsbemoeyenis	22	3	*	herverdeling welvaart

De prioriteit van de burgers staat in kolom **B** in afnemende volgorde; in de kolom **E;b** staat het rangordecijfer dat de elite en de besluitvormers aan hetzelfde onderwerp toekennen. Opvallende verschillen zijn met een * aangegeven en slaan op het onderwerp in de eerste kolom.

De laatste kolom geeft in afnemende volgorde nog eens de prioriteiten van de elite en de besluitvormers.

Tabel 2

Prioriteitsverschillen burgers versus besluitvormers (Canada, 1995).

weliswaar belangrijke principes staan vermeld, maar waarvan moeilijk valt te begrijpen hoe die uitvoerbaar zijn zolang Principe 2 — over de nationale soevereiniteit — zo'n dominante positie inneemt. Ik geef u tot slot enkele principes uit de *Rio-verklaring*, met de opmerking dat de weg naar duurzaamheid nog lang en moeizaam zal zijn, maar onontkoombaar.

Ik zeg dat echter niet om u in diep pessimisme te laten vertrekken. Men moet immers niet alleen realistisch zijn als men vijftig of honderd jaar vooruit probeert te kijken, maar ook als men dezelfde periode terugkijkt. Dan zien we dat op alle genoemde gebieden: technologie, structuur en cultuur, veranderingen hebben plaatsgevonden van een overeenkomstige ingrijpendheid en omvang. Honderd jaar geleden hield men die voor even moeilijk en onwaarschijnlijk. Met andere woorden: *We have the duty to hope!*

Enkele 'principes' uit de *Rio-verklaring*

Principle 2

States have, in accordance with the Charter of the United Nations and the principles of international law, the sovereign right to exploit their own resources pursuant to their own environmental and developmental policies, and the responsibility to ensure that activities within their jurisdiction or control do not cause damage to the environment of other States or of areas beyond the limits of national jurisdiction.

Principle 7

States shall cooperate in a spirit of global partnership to conserve, protect and restore the health and integrity of the Earth's ecosystem. In view of the different contributions to global environmental degradation, States have common but differentiated responsibilities. The developed countries acknowledge the responsibility that they bear in the international pursuit of sustainable development in view of the pressures their societies place on the global environment and of the technologies and financial resources they command.

Principle 8

To achieve sustainable development and a higher quality of life for all people, States should reduce and eliminate unsustainable patterns of production and consumption and promote appropriate demographic policies.

Principle 26

States shall resolve all their environmental disputes peacefully and by appropriate means in accordance with the Charter of the United Nations.

Noten

1. *World Commission on Environment and Development WCED, Our Common Future*, Oxford University Press, UK 1987.
2. C. Stortenbeker, 'Op weg naar het Paaseiland? De mens en zijn natuurlijk milieu' *In Het milieu: Denkbeelden voor de 21ste Eeuw*. Kerckebosch BV, Zeist 1990. p.17.
3. J.L.A. Jansen, 'Towards a Sustainable Future, en route with Technology!' In *CLTM (Ed.) The Environment: Towards a Sustainable Future*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London 1994. p. 497-524.
4. Idem.
5. R.A.P.M. Weterings and J.B. Opschoor, *The Ecocapacity as a Challenge to Technological Development*, RMNO publ. 74a, Rijswijk 1992.
6. Idem.
7. E. Vermeersch, 'Weg van het WTK-complex: onze toekomstige samenleving.' *In Het milieu: Denkbeelden voor de 21ste eeuw*, Kerckebosch BV, Zeist 1990. p. 17.
8. *The Group of Lisbon. Limits to Competition*, Gulbenkian Foudation, Lisbon 1993.

Personalia

Prof.dr. H.W. Tromp (1935) studeerde sociale en politieke wetenschappen in Nijmegen en Berlijn. Sinds 1964 is hij verbonden aan de Rijksuniversiteit te Groningen, waar hij in 1976 promoveerde en in 1979 prof.mr. B.V.A. Röling opvolgde als hoogleraar in de polemologie en directeur van het Polemologisch Instituut. In 1993 aanvaardde hij een nieuwe leerstoel met als leeropdracht 'Internationale veiligheidsvraagstukken, in het bijzonder met betrekking tot milieuconflicten'.

Prof.dr.ir. R. Rabbinge is verbonden aan de Vakgroep Theoretische Productie-ecologie van de Landbouw Universiteit Wageningen en is lid van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) in Den Haag.

Mevr. prof.dr. M.C.E. van Dam-Mieras studeerde scheikunde aan de Universiteit Utrecht, waar zij in 1976 promoveerde. Vervolgens was zij verbonden aan de capaciteitsgroep Biochemie van de Rijksuniversiteit Limburg in Maastricht en vanaf 1983 is zij werkzaam aan de faculteit Natuurwetenschappen van de Open Universiteit in Heerlen.

Prof.dr. G.H. Vonkeman (1937) studeerde natuur- en scheikunde in Utrecht en begon zijn loopbaan als chemicus bij het Fysisch Chemisch Instituut TNO. Hij was nadien directeur van de Stichting Natuur en Milieu en - sinds 1988 - van het Instituut voor Europees Milieubeleid in Brussel. Hij is voorts als bijzonder hoogleraar Internationaal Milieubeleid verbonden aan de Vakgroep Milieukunde van de Utrechtse Universiteit.