

# DE NATUURWETENSCHAPPELIJKE ACHTERGRONDEN VAN ECONOMIE EN DUURZAAMHEID.

Hans Lyklema, Wageningen. Februari 2007

## *Inleiding.*

Veel moderne economische en politieke standpunten verdragen zich slecht met echte duurzaamheid. Een analyse hiervan kan uitgevoerd worden met natuurwetenschappelijke methoden. Het voordeel van zo'n aanpak is dat een belangrijke mate van *objectivering* mogelijk is op basis van natuurwetten. Zo een benadering draagt in verschillende opzichten bij tot het begrijpen, en hopelijk oplossen, van actuele problemen. Bij voorbeeld:

- i) Het helpt om oorzaken en gevolgen te onderkennen (*koppelingen*).
- ii) Het draagt bij tot het inzicht in de grenzen van de mogelijkheden van hergebruik van natuurlijke hulpbronnen.
- iii) De mogelijkheden en beperkingen van technologische vooruitgang worden geanalyseerd.
- iv) Voor sociale problemen zoals overbevolking en ongelijke verdeling van de rijkdom worden principe-oplossingen aangedragen.
- v) Het gaat om *lange termijn* beleid. Sommige korte-termijn beleid beslissingen kunnen daarvan profiteren.
- vi) Deze analyses kunnen gegeven worden zonder over geld te spreken.

In dit essay worden principes en consequenties van een natuurwetenschappelijk benadering in een twintigtal punten uiteengezet.

1). *Duurzaamheid* is een toestand waarbij het milieu over lange perioden zo weinig aangetast wordt dat er voor ons nageslacht voldoende ecologische voorraden overblijven om gelukkig te leven. Bij *lange perioden* wordt gedacht aan vele tientallen generaties, tot honderden kabinetsperioden toe. Over zulke lange perioden zijn extrapolaties van huidige trends zinloos, maar met natuurwetenschappelijke (NW) methoden kunnen we nog wel iets bereiken omdat NW wetten “eeuwigheidswaarde” hebben. Sociale en economische consequenties van deze analyse zullen niet na korte termijn zijn.

2). *Ecologische voorraden* zijn gedefinieerd als de essentiële materiele *grondstoffen* die nodig zijn voor het draaiend houden van de economie. Hiertoe behoren o.a. opgeslagen zonne-energie, oftewel fossiele brandstoffen, mineralen, schoon water, schone lucht en ruimte of oppervlak, waaronder (land)bouwgrond. We gebruiken hier de term “*ecologische grondstoffen*” (EG's) voor.

3). De *beschikbaarheid* van ecologische grondstoffen is de *centrale* parameter. Deze hangt van het soort grondstof af. De voorraden van alle ad 2) genoemde EG's zijn eindig. *Zonne-energie* is, daarentegen, over de tientallen generaties waar we het over zullen hebben, vrijwel onuitputtelijk. De beschikbaarheid van EG's hangt verder af van de manier waarop zij worden aangetroffen: *geconcentreerd* tegenover *verdund*. De gebruikswaarde van geconcentreerde EG's is hoger. Voorbeelden: gedegen goud tegenover de zeer verdund opgeloste goudverbindingen die in de oceanen voorkomen, door een

loep geconcentreerd zonlicht tegenover gewoon invallend zonlicht. Geconcentreerde EG's zijn economisch waardevol, sterk verdunde minder of niet. Fossiele brandstof is waardevol omdat het een geconcentreerde vorm van energie is.

4), Hoe harder een economie draait (des te hoger het *economisch metabolisme*), des te grotere hoeveelheden EG's zijn per tijdseenheid nodig. Met goede technologie kan men zuiniger met EG's omspringen, maar er is altijd sprake van een zekere minimum consumptie. In principe impliceert economische groei een hoger gebruik aan EG's. Of de eindigheid van de voorraden een rem zet op die groei hangt mede af van het mogelijkheid tot regeneratie (*hergebruik of recycling*)

5). De *bruikbaarheid* van EG's voor de economie hangt mede af van de vorm waarin die EG voorkomt. Dit geldt speciaal voor de verschillende vormen van energie. Energie kan bijvoorbeeld voorkomen als chemische energie, elektrische energie of als warmte. Warmte is de laagste vorm van energie. Met chemische energie kun je arbeid verrichten (bijv. een auto laten rijden op de chemische energie, opgeslagen in benzine) maar met warmte zonder meer kan dat niet (een auto loopt niet op heet water).

6). Het begrip *entropie*. Het is een begrip uit de thermodynamica maar in het huidige kader zeer relevant. Strikt genomen is het niet nodig om dit begrip in te voeren, maar men kan aldus veel zaken krachtiger formuleren. Men kan aan elk systeem een entropie toekennen. (een systeem is datgene waarover je praat; het kan een mens zijn, een simpel apparaat, een maatschappij, een machine, een biologische cel,...). De entropie van een systeem is een maat is voor de ordening ervan (in principe op moleculaire schaal). Des te hoger de ordening des te lager de entropie. Illustratie: gedegen goud is *laagentropisch* (de atomen waaruit het bestaat zijn geordend in een kristalrooster) maar moleculair opgeloste goudverbindingen zijn *hoogentropisch*.

7). Uit de vorige punten vloeit voort dat de beschikbaarheid van laagentropische EG's essentieel is voor de economie. Je zou zelfs kunnen zeggen dat hoogentropische EG's betrekkelijk waardeloos zijn. Hoogstens heb je er wat aan als je ze zou kunnen "opwaarderen"

8). Er zijn natuurwetten die algemeen geldig zijn en uitspraken doen over processen. Een ervan is de *wet tot behoud van materie*. Een andere is de *wet tot behoud van energie*, ook bekend als de *Eerste Hoofdwet der Thermodynamica*. Deze wet gaat over energie en kan ook negatief geformuleerd worden als de *onmogelijkheid om een perpetuum mobile te maken*, dat is een apparaat dat energie maakt uit niets en daar arbeid mee verricht. Dat deze wet ook van toepassing is op industriële processen zullen niet-chemici niet meteen logisch vinden. Immers, in bijvoorbeeld een chemische fabriek wordt energie verbruikt en worden nieuwe stoffen gemaakt uit oude. Wat in werkelijkheid gebeurt is dat energie niet in het niets verdwijnt maar in een andere vorm overgaat. Bijvoorbeeld gaat de energie van stookolie en uitgang producten (EG's dus) over in de energie van de gemaakte producten en warmte. Iets dergelijks geldt voor de materie waaruit de grondstoffen en producten zijn opgebouwd. Van elk

element is na afloop steeds evenveel aanwezig als aan het begin, alleen komt het na afloop in andere chemische verbindingen voor. (Voor het gemak sluiten we kernreacties, waarbij materie en energie in elkaar over kunnen gaan uit).

9). Uit punt 8) volgt dat de daar genoemde wetten indirect bijdragen tot het verkrijgen van inzicht in het wezen der duurzaamheid. Het probleem is niet zozeer dat energie of materie, d.w.z. EG's opraken maar dat ze hoogentropischer worden. Bijvoorbeeld gaat de laagentropische energie van de olie over in hoogentropische warmte, kooldioxide en waterdamp. Deze hoogentropische "afvalproducten" kunnen niet meer voor economische nuttige processen gebruikt worden tenzij ze gerecykeld kunnen worden. Ander voorbeeld. Voor bemesting in de landbouw is een zekere hoeveelheid fosfaat nodig. Dat fosfaat is aanvankelijk als poeder aanwezig (laagentropisch), maar na gebruik raakt het moleculair verdeeld in de bodem of in het oppervlaktewater; het is dan hoogentropisch geworden en we zien het zelfs als een *milieuverontreiniging*.

10). De *Tweede Hoofdwet der Thermodynamica* gaat over de entropie en is, in tegenstelling tot de eerste, van direct belang voor de duurzaamheidsproblematiek omdat hij iets zegt over de *richting* van processen. Een korte formulering is dat als je een *afgesloten* systeem aan zichzelf overlaat het spontaan zodanig gaat veranderen tot de entropie ervan maximaal geworden is. Onder "afgesloten" moet hier verstaan worden: bij gegeven volume en gefixeerde energie. Illustratie: zet in een afgesloten kamer de gaskraan even open; na een poosje ruikt het overal naar gas. Reden: als de gasmoleculen zich over de hele ruimte verspreiden is hun entropie hoger dan wanneer ze gedwongen worden in de buurt van de kraan te blijven. (posities opleggen impliceert ordening).

11). Net als de Eerste Hoofdwet kan de Tweede negatief geformuleerd worden. Zolang het over energie gaat zegt deze wet dat je *geen perpetuum mobile van de tweede soort* kan maken, dat is een apparaat dat als enige effect hoogentropische energie omzet in laagentropische. Je kunt een auto niet laten rijden door de lucht eromheen af te koelen en de vrijkomende warmte om te zetten in bewegingsenergie. Toegepast op mineralen, je kunt het opgeloste fosfaat niet zonder meer omzetten in kristallijn fosfaat.

12). Vrijwel alle biologische en economische processen gaan *tegen de Tweede Hoofdwet in*. Ondanks het gestelde in punt 10 kan de natuur, en kunnen wij, veel processen tot uitvoering brengen waarbij de entropie van het eindproduct laag is. De basisreden voor deze mogelijkheid is dat in de praktijk systemen bijna altijd *open* zijn, dat wil zeggen dat er van buiten af energie of materie aan toegevoegd kan worden. De milieuconsequenties van het menselijk en industriële metabolisme zijn dus subtieler dan "op is op". Of iets werkt hangt ervan af of de EG's die nodig zijn om het bedoelde proces te laten verlopen onbeperkt voorradig zijn of niet. Als het om energie alleen zou gaan is het probleem in principe oplosbaar, omdat we genoeg energie krijgen van de zon; het probleem is dan van praktische aard, namelijk dat we die energie vaak moeten concentreren, bijvoorbeeld met zonnecellen. Bij materie, denk aan mineralen, ligt dat anders omdat de voorraden daarvan eindig zijn. Alleen als we ze zonder meer konden

recykelen zou ook dat probleem opgelost kunnen worden. Ruimte, of areaal zo je wilt, is beperkt tot het aardoppervlak.

13). Een voorbeeld uit de natuur: waarom kunnen mensen ontstaan en leven? Een mens is laagentropisch omdat ieder individu een zeer complex bouwsel is van cellen, membranen, bloedvaten, harde delen, noem maar op. Als je een mens afsluit van zijn omgeving (inmetselt) gaat hij subiet dood, in lijn met de Tweede Hoofdwet. De mens blijft echter in leven bij de gratie van energie en materie die van buitenaf worden binnengebracht, vooral d.m.v. het voedsel en via de lucht. Hierbij worden hogerentropische afvalprodukten gemaakt, w.o. faeces, urine en uitgeademde lucht. Het menselijk metabolisme leidt tot *entropieproductie*.

14). Op basis van het voorgaande kunnen we kortweg stellen dat ons economische en biologische metabolisme des te duurzamer is naarmate we (i) de entropieproductie lager kunnen maken en (ii) naarmate we beter de gecreëerde hoogentropische afvalproducten om kunnen werken naar laagentropische, d.w.z. naarmate we efficiënter kunnen recykelen.

15). *Op zoek naar duurzaamheid*. Hoe kunnen we de actiepunten (i) en (ii) uit item 14) in de praktijk zo goed mogelijk realiseren? Wat (i) betreft, zijn er twee mogelijkheden. De eerste is natuurlijk de energie- en stof-verliezen per produkt zo veel mogelijk te beperken. Dit is een voorbeeld van een technologische verzachting van het probleem (het is geen oplossing!!). Verder is er nog een wet uit de z.g. irreversibele thermodynamica die stelt dat de entropieproductie des te kleiner is naarmate het proces langzamer verloopt. Bedrijfsleiders zijn daar niet blij mee. Maar een voorbeeld uit de natuur is de evolutie die tot de mens geleid heeft; die heeft relatief weinig entropie opgeleverd omdat het zo langzaam gegaan is. Het alternatief is hergebruik, oftewel recycling. Echter, ook hier lopen we tegen de principes van de Tweede Hoofdwet aan omdat recycling een proces vraagt waarvoor weer EG's nodig zijn. Duurzaamheid kan alleen maar bereikt worden als voor de recycling alleen maar zonlicht nodig is (en dus geen ruimte, mineralen, fossiele energie,...) en als de snelheid ervan gelijke tred houdt met de ingestraalde hoeveelheid zonne-energie. In de eeuwen van voor het technologietijdperk was in belangrijke mate aan deze voorwaarde voldaan.

16). In gewoon Nederlands staat in 15). dat in elk geval twee vaak gehoorde uitspraken tot het rijk der fabelen moeten worden verwezen: (i) "Wij gaan voor *technologische oplossingen* van het duurzaamheidprobleem". Met technologie kun je basiswetten der natuur niet ongedaan maken; hoogstens kun je door slimme procesvoering de schade beperken. Feitelijk stelt deze bewering dat je een perpetuum mobile gaat maken. (ii) "Wij moeten veel *geld verdienen om de milieuproblematiek aan te pakken*". Ook dat is onzin omdat je, om dat geld te verdienen, de economie (harder) moet laten draaien en dat produceert onlosmakelijk nieuwe entropie. *Win-win situaties bestaan niet*, hoe graag we dat wel zouden willen.

17). De onlosmakelijke conclusie van dit alles is dat er *geen andere oplossing is dan de economie langzamer te laten draaien*.

18). *Kwantificering*. Hoeveel langzamer? Dat hangt af van de mate van schade aan het milieu die je nog aanvaardbaar vindt en dat is vooral een politieke kwestie. Persoonlijk zie ik veel in het werken met de *ecologische voetafdruk* (Wackernagel en Rees). Dat is een maat voor het oppervlak dat je nodig hebt om alles te doen om te kunnen functioneren: wonen, werken, eten, afval produceren en recykelen. Je kunt die voetafdruk per individu berekenen, per stad, per staat en voor de hele wereld. Zoals de zaken er nu voor staan is de totale voetafdruk hoger dan het aardoppervlak, dat wil dus zeggen dat we met zijn allen de tolerantie van het milieu overschreden hebben. Het ene and is meer schuldig dan het andere. De VS zijn de grootste boosdoeners door hun gemiddeld luxe wijze van leven, maar ook Nederland leeft ecologisch op te grote voet. India zit aan de goede kant. Op basis van de te hoge voetafdruk zou Nederland op rantsoen moeten, zeg met zoveel % per jaar, net als bijvoorbeeld met de visquota.

19). *Bevolkingspolitiek*. Een simpele rekenregel stelt dat de totale voetafdruk van Nederland gelijk is aan het produkt van het aantal inwoners en de gemiddelde voetafdruk per persoon. Ergo, wil je de totale voetafdruk naar beneden brengen dan moet je óf de consumptie per persoon beperken óf de bevolkingsomvang laten dalen. Naar mijn mening is het tweede gemakkelijker dan het eerste. Een lagere bevolking is in lijn met een minder intense economie. Ik teken nog aan dat dit niets zegt over ons huidige immigratiebeleid, maar het is wel discriminatief tegen rijke mensen met een royaal uitgaven patroon.

20). *Sociale rechtvaardigheid*. Dit verhaal gaat niet over geld maar over EG's. Het is eerlijk om iedereen een even grote voetafdruk-chip per jaar te geven. Iedereen kan dan voor zichzelf beslissen waaraan hij de voorkeur geeft: een lekker warme woning, autorijden, op lange vliegvakanties gaan, luxe hobby's,.... Maar het zal niet allemaal tegelijk kunnen. In elk geval worden zo rijken (in geld) niet bevoordeeld boven armen.

*Slotopmerking*. Dit verhaal is niet bedoeld als idealistische luchtftietserij. Maar wel als een gefundeerd alternatief voor veel ingeslopen gewoonten. Zoals bijvoorbeeld de trend om alles in geld uit te drukken. Zelfs "milieukosten" worden soms monetair geïnterpreteerd. Dat is natuurlijk niet correct: je moet niet iets waardevols (EG's) in iets dat minder waardevol is (euro's) uitdrukken maar omgekeerd. Of Chileense wijn duurder of goedkoper is dan Franse van dezelfde kwaliteit moet vooral bepaald worden in de kosten van het vervoer.(kosten qua voetafdruk).

De hier gepresenteerde principes kunnen ook helpen bij andere beleidsbeslissingen. Voorbeeld: herrie maken is sociaal hinderlijk maar heeft niets met je voetafdruk te maken: of je Schiphol wilt uitbreiden hangt niet van geluidsoverlast af maar wel van de toename van het gebruik van EG's.

Lang niet alles is hiermee gezegd.