

ZUIVER DENKEN EN ECOLOGISCH ZUIVEREN

door prof.dr.ir. G. Lettinga



Rede uitgesproken op 19 oktober 1989 ter gelegenheid van zijn benoeming in de functie van bijzonder hoogleraar in de zuiverings-technologie aan de Landbouwniversiteit te Wageningen door de stichting 'Netherlands Environmental Technology Foundation.'

ZUIVER DENKEN EN ECOLOGISCH ZUIVEREN

Mijnheer de rector, dames en heren,

De zorg voor het leefmilieu staat de laatste tijd alom in het middelpunt van de belangstelling. Naast diverse milieu-actiegroepen, verontruste wetenschappers en milieu-experts, trekken nu ook politici aan de noodklok. We moeten dan ook wel vast stellen, dat het met de kwaliteit van het leefmilieu inmiddels 'één minuut voor twaalf is'. De regelmatig terugkomende dramatische TV-beelden met stervende vissen, de berichten over het zeer snel oplopende aantal lokaties met verontreinigde bodem, de sombere toekomstverwachtingen over het mondiale leefmilieu, maken velen van ons bang, en wij zijn vrijwel allemaal zeer verontrust.

Het is ongetwijfeld verheugend te kunnen constateren dat eindelijk algemeen lijkt te worden onderkend dat er meer aandacht, tijd en geld moet worden besteed aan het vinden van goede oplossingen voor de milieuproblemen.

Goede wil en oprechte bezorgheid garanderen op zich zelf echter nog geen juiste aanpak en daarmee ook geen daadwerkelijke oplossingen op de lange termijn. Ik zou daarom van deze gelegenheid gebruik willen maken om te wijzen op de gevaren van een te eenzijdige benadering van de problematiek. Er zijn naar mijn idee al aanwijzingen waaruit blijkt dat het denken over de milieuproblematiek een verkeerde richting in slaat. Waar het m.i. vooral aan ontbreekt is het inzicht dat er aan deze kwestie belangrijke sociaal-maatschappelijke en ethische kanten zitten, puur technologisch denken is niet genoeg.

Niemand zal ontkennen dat de ernstige en nog steeds toenemende vervuiling van het fysieke milieu direct

voortkomt uit onjuist menselijk handelen, derhalve in de grond der zaak uit verkeerd denken. Aan ons denken moet daarom primair aandacht worden besteed. We zouden derhalve moeten leren zuiver te denken. Zo moeten we, wanneer we over de kwaliteit van het milieu spreken, daarin zeer nadrukkelijk het welzijn van de mens betrekken, waar die ook leeft. Dit gebeurt onvoldoende! Onderkend zou ook moeten worden dat de vervuiling van het milieu in vele landen, zoals vooral in ontwikkelingslanden, reeds aanzienlijk ernstiger vormen heeft aangenomen als in Nederland. Afgezien van het feit dat we m.i. daarvoor in sterke mate mede verantwoordelijk zijn, en derhalve alleen al daarom aan de oplossing van de problemen daar zouden moeten bijdragen, is het zeker ook in ons eigen belang dat de situatie in die landen verbetert. We kunnen dit doen door mee te helpen aan de ontwikkeling en implementatie van goedkope op hergebruik gerichte zuiveringsmethoden en technieken, van ecologische zuiveringsmethoden.

ZUIVER DENKEN

We willen allemaal graag een gezond leefmilieu voor ons zelf, maar we gunnen dit in principe ook wel de ander. We beseffen in feite best dat we deel uitmaken van elkanders leefmilieu, waar we ook wonen. Bezien in het licht daarvan zou ons streven moeten zijn gericht op het realiseren van een goed leefmilieu voor iedereen. Helaas schort er wat dit betreft heel wat aan onze instelling. We schijnen ons nog steeds niet voldoende te realiseren, dat – zoals een indiaans opperhoofd het in 1854 uitdrukte (1), *"wij een deel zijn van de aarde, en de aarde een deel is van ons. Wat er gebeurt met de aarde, gebeurt met*

de kinderen van de aarde. Beschadigen van de aarde betekent zijn schepper beledigen". Dit lijkt me een goed voorbeeld van zuiver denken.

De huidige werkelijkheid laat echter zien dat de overgrote meerderheid van de mensen op deze planeet in kommer en kwel leeft en dat de aardse rijkdommen voornamelijk worden geconsumeerd door de technologisch hoog ontwikkelde, de economisch machtige naties.

De Brundtlandcommissie (2,3) ziet armoede als een belangrijke oorzaak, maar ook als een gevolg van de wereldomvattende milieuproblematiek. Ze is van mening dat de huidige bedreigingen van het milieu ontstaan door een tekort aan ontwikkeling en door ongewilde gevolgen van sommige vormen van economische groei, waarbij dan met name wordt verwezen naar de aantasting van natuurlijke hulpbronnen. Het eerder geciteerde indiaanse opperhoofd zag in 1854 al heel duidelijk waaraan het in feite bij ons schort en waar dit op uitdraait: *"De blanke man behandelt zijn moeder, de aarde en zijn broeder, de lucht als koopwaar, die hij kan uitbuiten en weer verkopen als goedkope bonte kralen. Zijn honger zal de aarde kaal vreten en slechts een woestijn achter laten"*.

In dit verband is de stellingname van de Brundtlandcommissie interessant. Ze stelt: *"Een wereld waar armoede als een epidemie rondwaart, zal altijd een prooi zijn voor ecologische en andere rampen"*. De zorg van de Brundtlandcommissie beperkt zich duidelijk niet tot de puur fysieke aspecten van de milieuvervuiling. Hoewel bedekt, wordt door deze commissie de schrijnende armoede en sociale onevenwichtigheid zelf als een ernstige vorm van milieuverzieking aangemerkt. Het zou echter nog

juister zijn geweest, indien ze expliciet 'buitensporige rijkdom' als dusdanig had gekwalificeerd.

De minister van ontwikkelingssamenwerking had wat dit betreft ook wat duidelijker mogen zijn. Hij stelde onlangs: *"Het milieu in rijke landen wordt verziekt door de rijkdom, en in de ontwikkelingslanden door de armoede"*. Maar aangezien armoede het directe gevolg is van de buitensporige hebzucht van de rijken, kan het iedereen duidelijk zijn waar de primaire verantwoordelijkheid voor de huidige mondiale milieuaantasting moet worden gelegd. We mogen het een arme sloeber in Brazilië, voor wie er nauwelijks een droog stuk brood valt te verdienen en aan wie elk stukje levensgeluk wordt onthouden, niet kwalijk nemen dat hij weinig of geen interesse kan opbrengen voor de kwaliteit van het mondiale milieu of voor het weggakken van de tropische regenwouden in zijn land. Het geeft geen pas de verantwoordelijkheid voor de ernstige milieuverzieking in ontwikkelingslanden af te schuiven naar de bevolking van die landen, wanneer de maatschappelijke structuren daar door activiteiten vanuit vooral de welvarende landen zijn en worden ontworpen.

In al onze verontrusting over het milieu is het van essentieel belang de waarheid eerlijk onder ogen te zien. In het licht van de visie van Teilhard de Chardin (4) vormt dit een wezenlijke opdracht aan de mens. Hij is van mening dat *"Een waarheid eenmaal gezien – al was het maar door één geest – zich tenslotte altijd dwingend aan de totaliteit van het menselijk bewustzijn oplegt"*, daar is bij wijze van spreken geen ontkomen aan. Volgens hem hebben wij *"Voor een fundamenteel deel de evolutie in de*

hand, zijn wij door haar verleden verplicht ten opzichte van haar toekomst". We zitten thans in een wisseling van tijdperk, waarin "een nieuwe stap, een beslissende stap van het leven, bezig is in ons en om ons gezet te worden. Voor ons, in onze korte levens, is het voorrecht weggelegd, samen te vallen met een mutatie van de noösfeer, de sfeer van het denken". Volgens Teilhard de Chardin ontdekt de mens a.h.w. dat hij niets anders is dan de evolutie welke zich zelf bewust is geworden. Kortom volgens zijn visie is er best hoop, mits we gehoor geven aan onze roeping.

Wanneer we het hebben over de zorg voor goed leefmilieu is het voor alles noodzakelijk dat we onze aandacht richten op verbetering van de kwaliteit van het maatschappelijke leefmilieu, op geestelijke milieuhygiene, aangezien dit een voorwaarde is voor het verkrijgen van een gezond fysiek milieu. Het is de vraag of onze politieke leiders dit inzien of daartoe bereid zijn.

De Brundtlandcommissie ziet als een mogelijkheid voor de oplossing van de mondiale milieuproblematiek *"een nieuw tijdperk van economische groei, maar dan wel uitgaande van een beleid dat de in de natuur beschikbare hulpbronnen instandhoudt en uitbreidt".* Men duidt dit aan met de term *"duurzame ontwikkeling"*. Die groei acht ze absoluut essentieel om de bittere armoede te bestrijden, die in grote delen van de ontwikkelingslanden steeds ernstiger vormen aanneemt. *"Om in de essentiële behoeften van iedereen te kunnen voorzien (zodat iedereen de kans krijgt zijn streven naar een beter leven te verwezenlijken), is niet alleen een tijdperk van economische groei nodig voor landen waarin de meeste mensen arm zijn, maar ook een*

waarborg dat deze armen eerlijk zullen delen in de middelen die nodig zijn om die groei te dragen". Dit klinkt goed, maar waar het nu op aan komt is wie zo'n waarborg kan geven, en hoe dit zou moeten. Zolang de mechanismen ongemoeid worden gelaten, die juist tot het tegendeel leiden van hetgeen zou moeten gebeuren, behoeven we ons weinig illusies te maken.

Gevreesd moet worden dat de rijke landen voorlopig de bevolkingen in de arme en in de minder welvarende landen zelfvoldaan en triomfantelijk het worstje blijven voorhangen, dat de westerse welvaart in principe voor iedereen haalbaar is, mits men collectief zo wijs is het juiste politiek-economische systeem (vrije markt economie?) te kiezen en individueel de juiste instelling bezit, o.a. 'flink hard willen werken'.

Ondertussen blijft het bankwezen haar deuren wijd geopend houden voor belegging (eventueel ook 'witten') van de gelden, die de kapitaalkrachtige elite uit de derde wereldlanden ten koste van de eigen bevolking bij elkaar schraapt. En op de diverse termijnmarkten kunnen speculanten rustig doorgaan met speculeren in produkten afkomstig uit o.a. derde wereldlanden. Ongetwijfeld zal de diverse multinationals weinig in de weg (kunnen) worden gelegd t.a.v. de teelt van exportgewassen zoals koffie, bananen, katoen en pinda's, waarmee grote arealen uitstekende landbouwgrond zijn gemoeid. Hoewel hiermede enige mogelijkheden worden gecreëerd voor de import van produkten uit de geïndustrialiseerde landen, gaan deze activiteiten zeer ten koste van het fysieke en sociale leefmilieu.

De vraag dringt zich op waarom de Brundtlandcommissie niet de moed heeft gehad expliciet te stellen, dat er

een einde dient te komen aan de economische groei in de rijke landen, aangezien juist die groei ten koste gaat van de arme landen? Voortgaande economische groei schijnt het hoogste doel te zijn in onze Westerse samenleving. Groei, groei, tot wat, waarom en voor wie, ten koste van wie en wat? In toenemende mate vragen mensen zich dit bezorgd af.

Ondanks de ongekeerde welvaart hier, is er geen geld om nieuwe generaties een veelzijdige opleiding te geven, gericht op de ontwikkeling en ontplooiing van individuele creatieve talenten. Wat is dat voor welvaart (beschaving), waarin de bestaanszekerheid van velen aan een uiterst dun draadje hangt van het voortbestaan van het eigen bedrijf of van een zeer onzekere – in toenemende mate tijdelijke (economische groei afhankelijke) – werkgelegenheid? Goed beschouwd wordt bijna iedereen belanghebbende gemaakt bij een steeds maar voortgaande economische groei.

De milieuaantasting mag niet in de schoenen worden geschoven van een boer, die op puur economische gronden gedwongen wordt zijn kippen, varkens en kalveren op een boer-onterende manier te mesten, of van werkenden en werklozen, die allen gevangen zitten in het dagelijks gevecht om hun natje en droogje. De wijze waarop de geïndustrialiseerde wereld willens en wetens onze Aardse Biofilm verziekt, wijst allerminst op een hoogstaande geestelijke beschaving. Een werkelijke duurzame bescherming van het fysieke leefmilieu is slechts haalbaar wanneer onze geestelijke hygiëne op een hoog peil wordt gebracht. Schoon denken is geen exclusiviteit voor filosofen en theologen, ook technologen, handwerkers, voetbalsupporters en politici behoren wat dit

betreft tot de geroepenen. Het Brundtlandrapport zou als een belangrijke stap in de goede richting kunnen worden gezien. Haar aanbeveling is om in ontwikkelingslanden te komen tot een beleid gericht op duurzame ontwikkeling, in welk verband ze denkt aan het gebruik van organische afvalstoffen in de landbouw voor bemesting en grondverbetering, de produktie van biogas hieruit, toepassing van rotatie in de teelt van gewassen, en van geïntegreerde landbouwmethoden. Ze is van mening dat in de gehele wereld kortzichtig beleid grote landbouwgebieden vernietigt. Ze stelt tevens: *"Door het verwaarlozen van de belangen van de kleine boer en het voorrang geven aan grootschalige, veelal op export gerichte produktie zijn veel mensen in de problemen gekomen"*. In de grootschalige geïndustrialiseerde produktiewijze wordt nauwelijks of niet rekening gehouden met de traditionele rechten en de specifiek cultureel-maatschappelijke omstandigheden van de plaatselijke bevolking. Boeren in ontwikkelingslanden kunnen op geen enkele wijze concurreren tegen de goedkope exportprodukten uit geïndustrialiseerde wereld, met als gevolg dat gehele sociaal maatschappelijke structuren worden ontwricht.

De ideeën van C.T.de Wit (5) staan hiermee in schril contrast. Hij bekritiseert weliswaar de egocentrische handelspolitiek van de rijke landen, maar anderzijds beoordeelt hij de 'groene revolutie' nogal positief en lijkt hij het ook prima te vinden dat derde wereldlanden de Westerse levensstijl nastreven, met de daarmee gepaard gaande 'niet te stuiten behoefte aan consumptiegoederen', hetgeen noodzakelijkerwijze leidt tot de teelt van allerlei handsgewassen om de import van de consumptiegoederen uit de geïndus-

trialiseerde wereld te kunnen bekostigen. Een beleid dat zich zou richten op het voortbestaan van te kleine bedoeningen, ziet de Wit niet zitten, omdat het de middelen wegzuigt voor het scheppen van blijvende werkgelegenheid d.m.v. op gang brengen van een goede streekontwikkeling. Blijvende werkgelegenheid? Maar die bestaat toch hier ook niet? Ondanks alle gepraat over deze problematiek, is het maar de vraag (althans voor mij) of in onze samenleving iedereen er werkelijk op uit is een einde te maken aan de schaarste in de werkgelegenheid. In zijn oorspronkelijke samenleving zat de kleine boer in de derde wereld niet of nauwelijks met het werkgelegenheidsprobleem. Wel met andere natuurlijk! De Wit is van oordeel dat in ontwikkelingslanden zou moeten worden aangestuurd op arbeidsintensieve familiebedrijven met een omvang, die ook op den duur levensvatbaarheid waarborgt. Maar het trieste is dat niemand zo'n waarborg kan geven, ook in Nederland niet. Het boerenbedrijf in ons land is om economische redenen als maar grootschaliger geworden, en daar komt voorlopig ook nog geen einde aan. Volgens Lutein (6) moet worden gerekend op 2 - 3% vermindering van het aantal boerenbedrijven per jaar. Er blijven steeds minder boeren over! De vraag of dit soort ontwikkelingen - op de korte en langere termijn - maatschappelijk gezien gewenst of controleerbaar is, blijft onbeantwoord.

OP WEG NAAR ECOLOGISCH ZUIVEREN

Bekeken in het licht van de door de Brundtland-commissie gewenste 'duurzame ontwikkeling', en van wat Mol en Spaargaren (7) 'ecologische modernisering' noemen, moet wat betreft milieutechnologieën de

voorkeur worden gegeven aan de ontwikkeling en toepassing van methoden en technieken die zich richten op:

- het zoveel mogelijk voorkomen van de productie van 'afval' in de industrie, landbouw en huishoudens,
- een verantwoord omgaan met grondstoffen, zoals:
 - energie
 - mineralen
 - grond
 - mensen
 - dieren
- een doelmatig gebruik van produkten, zoals
 - voedsel
 - leidingwater (geen vuil mee wegspoelen!)
 - industrieprodukten
- gebruik van technisch eenvoudige en goedkope methoden en technieken.
- zuivering op de plaats waar het afval ontstaat, t.w. voor huishoudelijk afvalwater ontwikkeling en toepassing van "(community) on-site" methoden.
- direkt hergebruik van afval(water) t.b.v. bemesting, grondverbetering, bevloeing, visteelt.
- terugwinning en hergebruik van 'afvalstoffen':
 - biogas in de vorm van o.a. methaan
 - ammoniumstikstof
 - fosfaat
 - zwavel
 - compost
 - bulk-chemicaliën (wellicht fijn-chemicaliën?)

Kortom we moeten ecologisch gaan zuiveren. Dit is uiteraard in het bijzonder interessant is voor ontwikkelingslanden, gezien hun chronisch gebrek aan middelen. Dit soort ecologische methoden en technieken zijn thans gelukkig in principe beschikbaar.

Anaerobe zuivering en gisting

Anaerobe zuivering en gisting zou kunnen worden beschouwd als het hart van zo'n soort aanpak. Vergeleken met conventionele afvalwaterzuiveringsmethoden, biedt anaerobe zuivering belangrijke principiële voordelen, zoals het feit dat er geen hoogwaardige energie (bijv. elektriciteit) wordt verbruikt, maar daarentegen juist wordt geproduceerd in de vorm van methaangas. Daarnaast zijn anaerobe installaties technisch eenvoudig, kunnen ze zeer hoog worden belast, d.w.z. grote hoeveelheden organische afvalstoffen verwerken, en zijn ze toepasbaar op zowel zeer sterk als zeer weinig verontreinigd afvalwater. Bovendien kan anaeroob bacteriemateriaal maanden, zelfs jaren ongevoed blijven, zonder dat er een ernstige afsterving optreedt. Een en ander is uitermate prettig voor de toepassing van het proces op het afvalwater van campagnebedrijven. Een volledige zuivering is met de anaerobe technologie echter niet te realiseren, want in de regel worden uitsluitend organische stoffen verwijderd. Er moeten derhalve dikwijls nabehandelingmethoden worden toegepast, maar deze kunnen worden gericht op hergebruik en terugwinning van eind- en tussenprodukten, die bij het anaerobe vergistingsproces ontstaan. Dit kunnen aerobe of fysische-chemische methoden zijn,

conventionele of nieuw te ontwikkelen methoden. Ik kom daar in het vervolg nog op terug.

Sinds mijn aanstelling in april 1970 aan deze universiteit heb ik het belangrijkste deel van mijn tijd besteed aan de ontwikkeling van het vakgebied van de anaerobe zuivering en daarbij noodzakelijke of wenselijke voor- en nabehandelingsmethoden. Rond 1970 en daarvoor werd de anaerobe zuivering in het toentertijd nog relatief kleine afvalwaterzuiveringswereldje vrijwel algemeen beschouwd als ongeschikt voor toepassing op de behandeling van minder geconcentreerde afvalwaters. Geïnspireerd door het baanbrekende werk van Perry McCarty, vrijgelaten door mijn toenmalige superieur prof. Fohr, hebben we ons bij de vakgroep Waterzuivering zeer enthousiast en met hoog gespannen verwachtingen op deze materie gestort. We hebben veel succes gehad.

Anaerobe zuivering werd, en wordt wellicht nog, gezien als een van de Nederlandse biotechnologische paradepaardjes. Het is biotechnologie van de puurste soort, en aan de toepassing ervan zijn op generlei wijze risico's verbonden, integendeel. Het proces berust volledig op de werking van in de natuur voorkomende micro-organismen en verschijnselen, niets meer en niets minder.

In tegenstelling tot de technologie, waarover direct meer, moet de microbiologie en het chemisme van de anaerobe vergisting worden beschouwd als een uitermate complex gebeuren (8). Voor microbiologen ligt hier voor vele generaties een uitermate boeiend werkterrein. Of men er ooit in zal slagen volledig licht in deze complexe 'black box' te brengen doet er minder toe, het lijkt me niet waarschijnlijk, maar

dat maakt de zaak alleen maar uitdagender. Hoe dan ook, als technologen kijken wij met bewondering en verwondering naar het ongelofelijke gemak waarmee deze fantastische natuurlijke 'ecomachine' enorme prestaties kan leveren. Zeer vele, zeer verschillende micro-organismen zijn betrokken bij de omzetting van organische vervuulende stoffen in de eindproducten methaan en kooldioxyde. Met dit natuurlijk systeem kunnen we, bijna moeiteloos en tegen zeer lage kosten, ons grote voordeel doen, zoals voor de zuivering van afvalwater, bij de verwerking van mest en soortgelijke afvals substanties, voor uitrotting (stabilisatie) van vast organisch afval, voor de produktie van bruikbare energie in de vorm van biogas, van meststoffen en grondverbeteraars, wellicht van bulk en zelfs fijnchemicaliën (zie Afb. 2).

Zoals hierboven opgemerkt, kan anaerobe zuivering uit het gezichtpunt van reaktor-technologie worden aangemerkt als eenvoudig, zo eenvoudig zelfs, dat het – zo lijkt het althans af en toe – sommigen te moeilijk is of wordt. Zo'n systeem lijkt bij wijze van spreken niet van deze tijd, niet van onze 'high-tech' cultuur.

Reaktortechnisch moet een hoogbelastbare anaerobe zuiveringsinstallatie beantwoorden aan twee belangrijke voorwaarden (9,10):

1. er moet onder bedrijfsomstandigheden zoveel mogelijk levend bakteriemateriaal in de reaktor worden vastgehouden, en
2. er moet een zo goed mogelijk contact tussen het afvalwater en het vastgehouden bakteriemateriaal worden gerealiseerd.

En dit moet natuurlijk allemaal op een zo goedkoop en eenvoudig mogelijke manier gebeuren. In het z.g. UASB-proces ('Upflow Anaerobic Sludge Bed'), dat we hier in Nederland met gezamenlijke inspanning van universiteit en bedrijfsleven hebben ontwikkeld, en dat thans wereldwijd wordt toegepast, is de noodzakelijke goede retentie van bacteriemateriaal gebaseerd op de vorming van zeer goed bezinkende vlokken of korrels. Vooral die korrels intrigeren vele onderzoekers. Ze zijn in feite te beschouwen als natuurlijke micro-ecosystemen, waarin de diverse typen bacteriën, welke op het te behandelen afvalwater ingroeien, op optimale wijze bij elkaar liggen. De talloze deelprocessen, welke bij de omzetting van wat complexere substraten moeten plaatsvinden, verlopen daardoor op een uiterst doelmatige manier. Het kan haast niet anders dan dat ze daar, met z'n allen, in al hun diversiteit zeer prettig bij elkaar blijven zitten. Kortom het is een uitgekiend evenwichtig en harmonieus micro-ecosysteem, 'veelzijdigheid in harmonie'.

Er is de afgelopen jaren op de LU, bij de vakgroepen Waterzuivering en Microbiologie, veel onderzoek uitgevoerd naar het korrelslib gebeuren. En in tal van laboratoria op diverse plaatsen in de wereld heeft men zich hier inmiddels eveneens opgestort. Hoewel we niet pretenderen te weten hoe de vork precies in de steel zit, meen ik te mogen stellen, dat wij technologen voor de praktijk inmiddels over voldoende inzicht beschikken over het hoe, waarom en wanneer van het verloop van dit korrelvormingsproces in anaerobe opstroomreactoren, of het nu het UASB-systeem of een gefluidiseerd bed proces is. Dit geldt minder voor de wijze waarop korrelslib zich vermeerdert, en – heel belangrijk – hoe het soms

verdwijnt. Vandaar dat we momenteel vooral daarop onze aandacht richten.

De tweede conditie voor het goed functioneren van een UASB-reaktor, t.w. het realiseren van een goed contact tussen bakterieslib en het afvalwater, verloopt eigenlijk ook grotendeels op natuurlijke wijze. Dankzij het feit dat er bij het vergistingsproces biogas wordt gevormd, vindt er door de omhoogschietende gasbelletjes in het slibbed een effectieve maar tevens 'zachtaardige' manier van menging plaats. In feite moet er slechts voor worden gezorgd dat het te behandelen afvalwater zoveel mogelijk verspreid over de bodem van de reaktor wordt ingevoerd. Een verdere verbetering van het slibcontact kan worden verkregen door toepassing van hoge opwaartse vloeistofsnelheden, zoals in een fluid bed, een geëxpandeerd bed of in een z.g. IC-reaktor (IC = Internal Recirculation). Uitspoeling van opgewervelde slibdeeltjes wordt in een UASB-reaktor grotendeels voorkomen door boven in de reaktor het gevormde biogas af te scheiden. Hiermee wordt tevens bereikt dat helemaal bovenin de reaktor een soort ingebouwde bezinkruimte ontstaat. (zie Afb. 1).

Voor een goed bedrijf van het proces is het noodzakelijk dat de gebruikers enerzijds niet te veeleisend zijn (maar dat geldt voor ieder biologisch proces), anderzijds voldoende begrip hebben van wat er in deze zeer complexe microbiologische 'black box' gebeurt. Het is wel zo, dat men het proces beter moet kennen, naarmate men er meer van vraagt. Samenwerking tussen technologen, microbiologen, biochemici en fysici, ieder vanuit het eigen specialisme en gezamenlijk opererend in het grijze gebied, wordt vooral dan zeer wenselijk. Deze samenwerking is er

gelukkig in toenemende mate op deze universiteit, maar kan nog verder worden uitgebouwd. Om werkelijk veel verder te komen op het terrein van anaerobe zuivering/gisting, er nog meer uit te halen, zal er tussen en binnen verschillende disciplines in veel omvangrijkere projecten moeten worden samengewerkt dan thans het geval is. De huidige sterke – en nog steeds toenemende – versnippering van het door de overheid gesubsidieerde onderzoek zal wat dit betreft weinig zoden aan de dijk zetten.

Dank zij de inspanningen van velen is er in de afgelopen twintig jaar op het terrein van de anaerobe zuivering en gisting veel bereikt. In de zestiger jaren stelde McCarty nog verdrietig (11): *"Anaerobic treatment doesn't enjoy the popularity it truly deserves"*. Vandaag aan de dag is in steeds meer landen, met Nederland voorop, in toenemende mate het tegenovergestelde waar. Anaerobe zuivering wordt in die landen thans beschouwd als een "grown-up technology". Vreemd genoeg – althans op het eerste gezicht – is dit nog steeds niet het geval in de VS. Redenen hiervoor zijn het gebrek aan commerciële interesse bij gevestigde bedrijven in de milieu-technologiesector voor alternatieve methoden, welke in concurrentie treden met conventionele methoden waarop zij expertise bezitten, de vrees voor bedreiging van de werkgelegenheid, vooroordelen en/of gebrek aan kennis. Zo'n situatie heeft hier in Nederland aanvankelijk ook wel even bedreigd, maar terugkijkend kunnen we stellen, dat het systeem hier toch verbazingwekkend snel vanuit het laboratorium tot praktijktoepassing is gebracht. Deze snelle ontwikkeling en introductie van een nieuwe zuiveringstechnologie kan aan meerdere factoren

worden toegeschreven. Enkele daarvan wil ik noemen. In de eerste plaats moet worden gedacht aan de zeer goede mogelijkheden welke er toentertijd op universiteiten nog bestonden tot het uitvoeren van innoverend en vrij onderzoek. Het is van het grootste belang dat universiteiten die taak voor hun rekening kunnen blijven nemen, al was het alleen maar om te voorkomen, om met Hans Bot te spreken (12), dat *"het aanwezige reservoir van onbenutte wetenschappelijke kennis, waarvan bedrijven voor hun innovaties zo afhankelijk zijn, opdroogt"*.

Een tweede belangrijke reden voor de snelle implementatie van de anaerobe zuiveringstechnologie – en in feite een bevestiging van wat Hans Bot in zijn artikel stelt – betreft de intensieve samenwerking, welke we met het bedrijfsleven, in dit geval met de CSM (in welk verband ik in het bijzonder de bijdrage van ir. R. de Vletter wil memoreren), tot stand konden brengen. Hoewel in die tijd samenwerkingsverbanden met het bedrijfsleven door een groot deel van de universitaire gemeenschap nog allerminst op prijs werden gesteld, is in het geval van de anaerobe zuivering duidelijk aangetoond dat zo'n samenwerking absoluut essentieel is voor de ontwikkeling, de implementatie en de juiste toepassing van een nieuwe technologie. Ik was en ben een groot voorstander van samenwerking met het bedrijfsleven, mits die niet ten koste gaat van de onafhankelijkheid van de universiteit. Helaas gaat het met de z.g. ondernemende universiteit de laatste tijd wat dit betreft snel bergafwaarts.

Voor de snelle introductie en toepassing van anaerobe zuivering was er veel meer nodig dan de uitvoering van onderzoek. Ik moet toegeven, dat indien de CSM indertijd geen moeite had gedaan het ontwikkelde

stelsel te commercialiseren, de implementatie ervan waarschijnlijk aanzienlijk langer zou hebben geduurd. Van mij heeft de CSM daarbij, ondermeer m.b.t. de octrooiering van het proces, geen medewerking gehad. Of dit laatste op de implementatie nu uiteindelijk positief dan wel negatief heeft gewerkt valt te bezien. Het is thans zo dat meerdere bedrijven hun eigen versie van het proces hebben kunnen ontwikkelen en commercialiseren, terwijl de ideeën welke er aan ten grondslag liggen door iedereen kunnen worden gebruikt, en ook voor andere biologische zuiveringsprocessen kunnen worden aangewend, bijv. voor denitrificatie. Dit laatste is met succes door collega's op onze vakgroep opgepikt.

Tenslotte moet m.b.t. de snelle ontwikkeling en implementatie zeker de forse financiële ondersteuning door de Nederlandse overheid worden gememoreerd. Er behoeft m.i. niet aan te worden getwijfeld, dat – dankzij wetenschappelijke congressen, cursussen e.d., voorlichtingsactiviteiten van Nederlandse overheidsorganisaties, en vooral ook het degelijke werk van Nederlandse bedrijven – de anaerobe zuiveringsmethode binnenkort mondiaal als 'grown-up' zal worden beschouwd, ook in de VS.

We hebben thans goede contacten met vele onderzoekers, universiteiten en onderzoeksinstellingen over de gehele wereld, vooral ook in ontwikkelingslanden. In toenemende mate blijken jonge buitenlandse onderzoekers geïnteresseerd te zijn om kortere of langere tijd op onze vakgroep door te brengen. Onze ervaringen hiermee zijn erg positief.

In Afbeelding 2 heb ik geprobeerd de centrale plaats van anaerobe gisting in een ecologische manier van milieubescherming aan te geven, en de produkten welke potentieel t.b.v. hergebruik teruggewonnen zouden kunnen worden. Ik zeg potentieel, omdat er nog heel wat water door de Rijn zal stromen voordat het zo ver zal zijn. Afgezien van technische bottlenecks zijn er tal van sociaal-maatschappelijke en economische problemen die uit de weg moeten worden geruimd.

Terugwinning en hergebruik

Een in principe zeer interessante terugwinningsmethode voor het waardevolle ammoniumstikstof uit mest en bepaalde industriële afvalwaters, zou m.i. kunnen worden gevonden in de toepassing van een gecombineerde strip-absorptie methode. Ondanks het feit dat haalbaarheidsstudies aangeven dat bepaalde uitvoeringsvormen van dit proces technisch en economisch aantrekkelijk zijn, is een en ander nog steeds niet op grotere semi-technische schaal uitgeprobeerd. Ik heb de indruk dat men op een of andere manier hardnekkig blijft vasthouden aan het idee dat aanwending van deze methode alleen mag, kan of moet, wanneer ammonium-stikstof zeer vergaand uit het afvalwater wordt verwijderd. Toepassing van zo'n proces is dan (althans momenteel) inderdaad te duur. Naar mijn mening is zo'n vergaande verwijdering beslist niet nodig. Wanneer men zou volstaan met 50-80% verwijdering van het ammonium-stikstof, komen de kosten per kg verwijderde ammonium-stikstof (en teruggewonnen!) aanzienlijk lager te liggen. Voor de verwijdering van het in de oplossing achterblijvende ammonium zouden vervolgens biologische methoden - waaraan bij ons op de vakgroep

reeds meerdere jaren wordt gewerkt – kunnen worden toegepast. Weliswaar worden hierbij de restanten ammoniumstikstof vernietigd, waarvoor bovendien nog een aanzienlijke hoeveelheid hoogwaardige energie nodig is, maar we bereiken wel een vergaande zuivering. Dit geldt niet alleen voor de ammoniumstikstof, maar ook voor het in het afvalwater aanwezige fosfaat. Het verdient sterk aanbeveling aan deze gecombineerde fysisch-chemisch-biologische werkwijze voor de verwijdering en terugwinning van ammonium en fosfaat, naast de momenteel in bepaalde mestverwerkingssystemen bestudeerde indampingstechnieken, meer aandacht te besteden. Andere interessante methoden voor de verwijdering en terugwinning van ammonium, fosfaat, kalium en sulfide zouden kunnen worden gevonden in chemische precipitatietechnieken.

Een veelbelovende methode voor de verwijdering en terugwinning van sulfide uit afvalwater lijkt de momenteel door ons in samenwerking met de TUD en het bedrijfsleven onderzochte biotechnologische werkwijze waarbij sulfide wordt omgezet in elementair zwavel.

Een toekomstige nieuwe ontwikkeling – thans weliswaar nog pure speculatie – zou kunnen worden gevonden in de aanwending van sulfaatreductie bij de zuivering van afvalwater. Hieraan wordt momenteel met ondersteuning van de NETFo, en in samenwerking met MT-TNO op ons laboratorium gewerkt.

Uit de hierboven gepresenteerde opsomming van technieken en methoden, zal u hopelijk duidelijk zijn dat er voor ons technologen voorlopig nog zinnig werk valt te doen, zowel op de universiteit, bij

onderzoeksinstituten als ook bij het bedrijfsleven. En dan heb ik nog niet eens gesproken over ontwikkeling van bepaalde voorbehandelingsmethoden om giftige stoffen uit het afvalwater te halen en/of vorming van die stoffen te voorkomen, bijv. door toepassing van schimmelcultures.

Behalve aan zuiveringstechnieken kan en moet er ook op diverse andere fronten het nodige worden gedaan. Hierbij kan, zoals in het schema is aangegeven, vooral worden gedacht aan de aanwending van anaerobe effluenten voor bemesting en bevoeiing, aan het stimuleren van het verbouwen van diverse gewassen en de teelt van vissen in nabehandelingsvijvers.

OP WEG NAAR EEN BETER LEEFMILIEU

Ondanks de huidige sombere toestand van het milieu (in de meest brede zin) mogen we – lijkt me – toch enige hoop koesteren op het tot standkomen van een harmonieuzere en rechtvaardiger samenleving, en daarmee ook op een schoner leefmilieu. Afgezien van de stellingname van de Brundtlandcommissie, is er ook verder sprake van een toenemende collectieve bewustwording van wat er m.b.t. het leefmilieu niet goed zit.

Ik geloof niet dat de individuele mens zo slecht is. Maar als afzonderlijke mensjes zijn we wel zwak en vaak eenzaam. Naar mijn gevoel streven we in wezen allemaal – ook wij technologen – naar min of meer hetzelfde, zoals naar ontwikkeling van onze talenten en naar vergroting van ons inzicht en ons begrip van wat er gaande is. We zijn sociale wezens, we willen leven in communicatie en in harmonie met onze medemens. Maar om dit te bereiken, moeten we ons in

ieder geval wel van een minimum aan bestaanszekerheid verzekerd weten en moet er in de wereld waarin we leven sprake zijn van sociale rechtvaardigheid.

Maatschappelijk gezien schort daar momenteel nog heel veel aan. Volgens Hans Achterhuis (13), leven we in onze maatschappij in voortdurende concurrentieslag met elkaar om alle mogelijke schaarse goederen, diensten en bestaansmogelijkheden. Er zijn in ons type samenleving boosaardige mechanismen werkzaam, waardoor schaarste wordt gecreëerd en als instrument gebruikt om te regeren, om de mensen tegen elkaar uit te spelen. Het is – zoals hij het uitdrukt – *“rennen om minstens op dezelfde plaats te blijven”*. Angst en afgunst lijken te regeren, gevoelens die dagelijks worden gecultiveerd in reclamespots.

Desondanks geloof ik, dat meer en meer het bewustzijn groeit – collectief en individueel – hoe de vork in de steel zit. Milieubewegingen spelen een belangrijke rol in dit proces. Ik ben er van overtuigd dat de mens 'het' op een gegeven ogenblik niet meer zal pikken.

Onze geïndustrialiseerde wereld heeft enorme technische mogelijkheden gecreëerd. Er is echter sprake van een ernstige wildgroei van de technologie, technologie lijkt een doel op zich zelf. Er komen ook steeds meer specialismen bij, die als maar specialistischer worden. Hoe kan in zo'n situatie nog het kaf van het koren worden gescheiden? Wie ziet door de bomen nog het bos? Het bestaan (ontstaan) van een evenwichtige relatie tussen de mens en de natuur wordt hierdoor steeds moeilijker. Het is de hoogste tijd dat we het thans beschikbare enorme technische potentieel goed gaan aanwenden, t.w. voor

het behoud van ons gehele aardse leefmilieu. Nederland neemt op het terrein van ecologisch zuiveren, zowel wat betreft ontwikkeling als toepassing, een vooraanstaande plaats in, en we kunnen die nog aanzienlijk verder versterken. Hiermee zouden we aan diverse ontwikkelingslanden een zeer goede dienst kunnen bewijzen, voor ons zelf zouden we er veel goodwill mee kunnen kweken. Dankzij veelbelovende resultaten verkregen uit een aantal in ontwikkelingslanden uitgevoerde (of in uitvoering zijnde) projekten, onder meer op het terrein van de anaerobe zuivering van huishoudelijk afvalwater, t.w. in Colombia, Indonesië, India (allen DGIS-projekten) en in Vietnam (LUW-projekt), is reeds tamelijk veel bereikt. Er kan en moet echter nog veel meer gebeuren.

De belangstelling voor de ontwikkelde methoden is in diverse derde wereldlanden de laatste jaren sterk toegenomen. Dit geldt niet alleen voor huishoudelijk afvalwater, maar vooral ook voor de behandeling van industriëel afvalwater, met name in de meer welvarende landen. Diverse in de NETFo participerende bedrijven zijn op dit terrein met veel succes bezig; er zijn in tal van landen reeds goed funktionerende anaerobe zuiveringsinstallaties geïnstalleerd en er komen er steeds meer bij.

Overigens kunnen wij, of we nu bij de universiteit, een bureau of een bedrijf werken, ook dikwijls het nodige leren van ervaringen welke men in bepaalde ontwikkelingslanden (o.a. China, India, Indonesië) heeft opgedaan met specifieke – reeds heel lang daar toegepaste – methoden. In bepaalde gevallen kunnen we die systemen – in samenwerking met onderzoekers uit

die landen – verder ontwikkelen of integreren met nieuwe methoden, en elders introduceren. Het is m.a.w. geen eenrichtingsverkeer.

De Wageningse Landbouw Universiteit met zijn enorme veelzijdige expertise, kan op dit terrein heel veel tot stand brengen. Ik zelf hoop hieraan de komende jaren naar vermogen te kunnen bijdragen. Ik denk hierbij ondermeer aan het initiëren van samenwerkingsverbanden tussen medewerkers van verschillende vakgroepen, waaronder ook niet-technische, o.a. Sociologie en vooral ook Wijsbegeerte, waarmee Joost van Buuren overigens al jarenlang goede contacten onderhoudt. Ik prijs me gelukkig op deze veelzijdige universiteit te werken. Ik hoop echter wel dat de universiteit weer (meer) het instituut wordt waar vrij en objectief kan en mag worden gevorst naar kennis en waarheid, en naar allerlei voor de maatschappij nuttige zaken. Ik wil het college van bestuur danken voor het accepteren van deze bijzondere leerstoel en voor de zeer goede wijze waarop ze mijn aanstelling heeft geregeld. Ik ben met een en ander bijzonder ingenomen. De Landbouw Universiteit geeft daarmee uiteindelijk toch een stuk erkenning aan dit m.i. belangrijke (ook voor de LU) nieuwe vakgebied, een vakgebied dat bovendien aanzienlijk kan en moet worden uitgebouwd. Ik hoop dat ik wat dit laatste betreft niet voor dovemansoren spreek, of anders gezegd, dat ook van de zijde van LU zelf wat meer initiatief en ondersteuning komt.

Zeer erkentelijk ben ik de NETFo voor haar bereidheid deze leerstoel te creëren, en de moeite die ze – met name ir. Brolsma – hiervoor heeft gedaan. Uiteraard geeft het me veel voldoening dat de NETFo mij op deze

leerstoel heeft willen aanstellen, ook al is een periode van drie jaar natuurlijk te kort om er echt de gewenste body aan te kunnen geven. Maar ik zal mijn best doen, en hoop het vertrouwen dat u in mij stelde niet te beschamen. Ik heb u uiteengezet dat ik – binnen zekere grenzen – een groot voorstander ben voor samenwerking met het bedrijfsleven. De ervaring heeft geleerd dat dit wederzijds bijzonder nuttig is. Ik ben me er van bewust dat bij het bedrijfsleven wel eens de vrees bestaat dat we aan kennis-uitverkoop doen, maar dat vinden de bedrijven onderling ook wel eens van elkaar. Mijn doel, ons doel is anaerobe zuiveringsmethoden overal waar dit zinnig is zo snel en zo goed mogelijk te introduceren, met of zonder wenselijke of noodzakelijke voor- en nabehandelingsmethoden. Daarvoor hebben we veelal elkaar nodig. Ik kan u verzekeren dat ik me verheug op een voortgaande vruchtbare en motiverende samenwerking met de medewerkers van uw bedrijven. Persoonlijk doet het mij bijzonder goed dat inmiddels acht bedrijven en een onderzoeksinstituut tot de NETFo zijn toegetreden. Dit begint op Nederland B.V. te lijken. U kunt met deze stichting ook op ander terrein nog veel nuttigs tot stand brengen. Ik zal naar vermogen hieraan proberen bij te dragen.

Dames en heren, ik nader het einde van mijn rede. Ik hoop u enig inzicht te hebben gegeven in de vele en zeer diverse uitdagingen welke er voor ons allen liggen. Ik hoop er in geslaagd te zijn u te overtuigen dat er wel degelijk uitzicht is op een ecologisch vriendelijke en duurzame en goedkope wijze van milieubescherming, met name ook in ontwikkelingslanden.

Gedurende de bijna twintig jaar welke ik op deze

universiteit werkzaam ben, hebben ca. 150 afstudeerders in hun doctoraal studie kennis kunnen maken met de vele boeiende kanten van de anaerobe aïvalwaterzuivering & gisting, en van bepaalde voor- en nabehandelingmethoden. Op dit terrein zijn inmiddels zeven mensen gepromoveerd en er staan momenteel meerderen te trappelen dit voorbeeld te volgen. Al deze mensen hebben een zeer wezenlijke bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van dit vakgebied, en aan onze internationale bekendheid op dit terrein. Meerderen van hen zijn thans druk bezig, waar dan ook maar, deze methode optimaal tot toepassing te brengen.

Ik wil hier geen persoonlijke dankwoorden uitspreken want ik zou zeker iemand tekort doen. Ik wil echter één uitzondering maken. Wij onderzoekers op de vakgroep Waterzuivering zijn allen, op welk gebied we ook werkzaam zijn, zeer veel dank verschuldigd aan Aad van Amersfoort. Hij heeft, met zijn technische vaardigheid en zijn grote inzet, een zeer wezenlijk bijdrage geleverd, en doet dit nog steeds.

Vele leermeesters hebben aan mijn vorming proberen bij te dragen. Ook deze mensen wil ik niet bij name noemen, ondermeer om reden dat er wat betreft die vorming nog heel wat valt te doen.

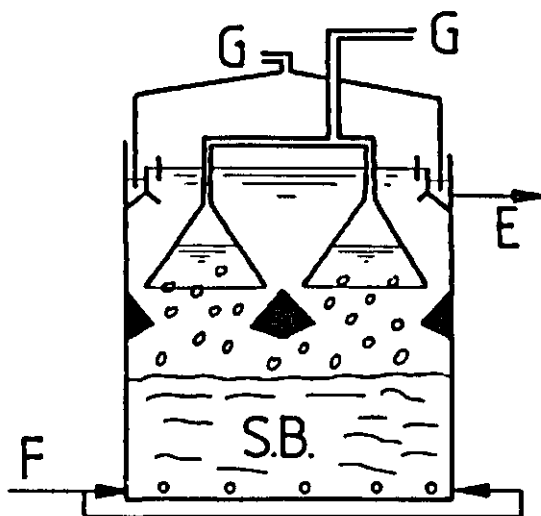
Medewerksters en medewerkers van de vakgroep Waterzuivering. We hebben het niet altijd even gemakkelijk met elkaar, er wordt menige harde noot gekraakt, de emoties lopen af en toe hoog op, maar wat er ook van ons moge worden gedacht, het bruist van leven op de vakgroep Waterzuivering. We hebben op ons vakgebied veel tot stand gebracht en er valt nog veel te doen. Soms houden we ons intensief bezig – al is het niet

altijd van harte – met wezenlijke zaken die niet direct tot ons vakgebied behoren. In de toekomst zal hierin wel niet veel verandering komen, maar ik heb goede hoop dat het minder vaak zal escaleren dan in het verleden wel eens het geval was.

Mijnheer de Rector, hoewel ik af en toe op deze universiteit enige kritiek heb, zeg ik altijd dat LU de beste universiteit van Nederland is. Ik sta hier dan nu zelf in toga. Ik heb nooit onder stoelen of banken kunnen of willen steken, dat ik grote bezwaren heb tegen het huidige instituut van gewoon hoogleraar. Ik vind dit niet meer van deze tijd. Bij hoogleraarfuncties zou geen sprake mogen zijn van benoeming voor het leven. Het maakt een flexibel en doelmatig beleid op een universiteit zeer moeilijk, het leidt tot een ondoelmatig gebruik van het op de universiteit aanwezige wetenschappelijke potentieel en het frusteert talentvolle jonge wetenschappers.

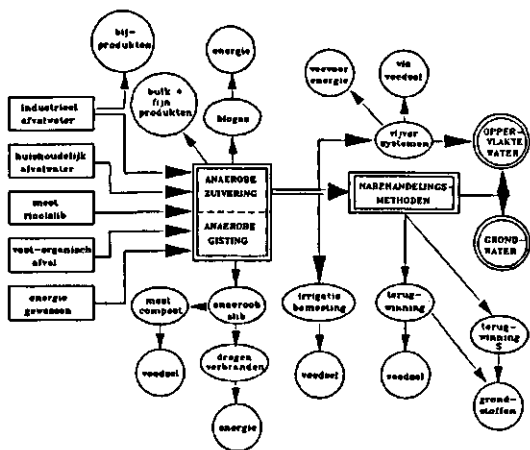
Dames en heren, ik kan me voorstellen dat sommigen van u als bezwaar tegen de door mij aanbevolen werkwijze van milieubescherming aanvoeren, dat ze – in vergelijking met conventionele methoden en technieken – in een lagere werkgelegenheid zal resulteren. Dat zou best eens kunnen. De vraag die zich dan natuurlijk opdringt is "Waarom we iets met een hoge arbeidsinzet zouden moeten bereiken, wanneer het met een veel lagere zou kunnen?" Straks zou om reden van broodwinning een groot deel van de Nederlandse bevolking meer gebaat bij een voortbestaan van de milieuvervuiling dan het opheffen daarvan. Een absurde situatie, temeer daar de werkeloosheid er beslist niet mee wordt opgelost. Wanneer ons bouwwerk klaar is, is het klaar! We

moeten het overgebleven schaarse werk dan verdelen. Maar dat is niet erg. We krijgen op die manier heel veel tijd beschikbaar om onze enorme creatieve en geestelijke vermogens tot volle ontwikkeling te brengen, op weg te gaan naar zuiver denken in een schoon milieu. Ik nodig u uit daarop een dronk uit te brengen. Ik dank u voor uw aandacht.



Afbeelding 1.

Schematische weergave van een UASB-installatie. Onderin de reaktor wordt het afvalwater (F) ingevoerd. Het maakt daar contact met het slibbed (S.B.). Het geproduceerde gas (G) wordt opgevangen in de gascollectors en afgevoerd. Het effluent (E) verlaat de reaktor via de ingebouwde bezinkruimte.



Afbeelding 2.
Schematische weergave van een ecologisch zuiveringssysteem.

LITERATUURLIJST

1. 'Hoe kun je lucht bezitten?', een indiaanse visie op het beheer van de aarde. Aktie Strohalm/Ecologische Uitgeverij.
2. Thijs de la Court, 'Onze gezamenlijke toekomst', het Brundtland-rapport kritisch bekeken. BijEEN-publikatie 53.
3. 'Our Common Future', the World Commission on Environment and Development, Oxford University Press.
4. Pierre Teilhard de Chardin, 'Het Verschijnsel Mens', Aula-boeken 35.
5. C.T. de Wit, 'Internationaal Landbouwonderzoek voor Ontwikkelingslanden in Perspectief', Voordracht gehouden op 17 februari 1989 bij zijn afscheid als buitengewoon hoogleraar aan de Landbouwuniversiteit.
6. D. Luteijn, 'Landbouwcoöperatie: ketenbewaker en tegenwicht van de multinationals', Spil 77-78, 13, voorjaar 1989.
7. Interview in WUB, 15 juni 1989.
8. Gujer, W. & A.J.B. Zehnder, Conversion processes in anaerobic digestion, Water Sci.Tech., 15, 127-167, 1983.

9. Lettinga, G., L.W. Hulshoff Pol, I.W. Koster, W.M. Wiegant, W.J. de Zeeuw, A. Rinzema, P.C. Grin, R.E. Roersma, S.W. Hobma. "High-rate Anaerobic Waste-water Treatment using the UASB reactor under a wide range of temperature conditions. *Biotechnology and Genetic Engineering reviews*, Vol. , October 1984, 253-284.
10. Lettinga, G., A.F.M. van Velsen, S.W. Hobma, W.J. de Zeeuw, A. Klapwijk. Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, 22, 699-734, 1980.
11. McCarty, P.L., Anaerobic Waste Treatment fundamentals, *Public works*, September, 107 - 112; October, 123 - 126, November, 91 - 99, 1964.
12. Hans Bot, 'Kennis in de uitverkoop', De opkomst van de Young Urban Professor, in de *Groene Amsterdammer*, 12 juli, 1989.
13. Hans Achterhuis, 'Het Rijk van de Schaarste', van Thomas Hobbes tot Michel Foucault, Ambo/Baarn, 1988