

**INNOVATIEVE WETENSCHAP;**  
**visie op milieu-innovaties in de kenniseconomie**

Door prof.dr.ir. Cees J.N. Buisman



**WAGENINGEN UNIVERSITEIT**

Inaugurele rede uitgesproken op 6 november 2003 in de  
Aula van Wageningen Universiteit

**INNOVATIEVE WETENSCHAP; visie op  
milieu-innovaties in de kenniseconomie**

*Door prof.dr.ir. Cees J.N. Buisman*

Inaugurale rede uitgesproken op 6 november 2003 in de  
Aula van Wageningen Universiteit

Mijnheer de Rector Magnificus, Dames en Heren,

**Zijn er nog nieuwe milieu-innovaties nodig?**

Wanneer we de kranten lezen over de Nederlandse kenniseconomie dan besluit ons een gevoel van zorg. Het algemene beeld is dat als we niet oppassen, dan wordt Nederland te dom voor het dure werk en te duur voor het domme werk. In de Kenniseconomie monitor 2003 lezen we dat ons land in vergelijking met andere Europese landen een laagopgeleide bevolking heeft, maar ook een achterblijvende productiviteit, weinig omzet uit nieuwe producten, weinig startende bedrijven vanuit universiteiten en hogescholen, een cultuur die ondernemerschap sterk ontmoedigt en dat er weinig samenwerking tussen bedrijven en universiteiten is. Het verschil met dertig jaar geleden is groot. Toen was ons onderwijs toonaangevend in de wereld en ons bedrijfsleven wereldrecordhouder innovatie.

Er is ook positief nieuws. Zo staat Nederland volgens de Economist Intelligence Unit op de tweede plaats als beste land om zaken te doen. Ook scoort Nederland hoog waar het gaat om het niveau van onze universiteiten en onderzoekers. Echter, we noemen dit wel de Nederlandse

paradox: universitair onderzoek op wereldniveau, maar weinig vertaling van dit onderzoek in innovaties – zijnde de nuttige toepassing van een uitvinding in de maatschappij.

Ook op milieugebied is er veel behoefte aan nieuwe innovaties. Ten eerste om onze industrie productiever en duurzamer te maken, maar ook voor de Nederlandse leveranciers van milieutechnologie, omdat dit voor hen weer de basis voor exportmogelijkheden biedt. Maar bovenal hebben we behoefte aan milieu-innovaties in de hoop enkele hardnekkige milieuproblemen op te lossen.

Vaak wordt er gesteld dat de technologie er al is, maar dat er andere barrières zijn die invoering van die technologie tegenhouden. Hierbij gaat het voornamelijk om kosten. Maar wanneer milieu-oplossingen alleen te verwezenlijken zijn tegen enorme kosten kan gesteld worden dat de juiste technologie nog niet gevonden is.

Uit een rapport van het Centraal Plan Bureau volgt, na een analyse van dertig jaar milieubeleid, dat autonome ontwikkelingen, met name technologische ontwikkelingen, een grote rol hebben gespeeld bij de milieuresultaten.

Wanneer we nu kijken naar enkele hardnekkige milieuproblemen, dan kunnen we vaststellen dat er nog vele technologische doorbraken nodig zijn voordat deze problemen opgelost zijn. Ik geef enkele voorbeelden van deze problemen.

Op dit moment ontberen 1,1 miljard mensen toegang tot veilig drinkwater en zijn er voor 2,4 miljard mensen geen veilige sanitatiemogelijkheden gerealiseerd. Dit levert een vicieuze cirkel op van armoede, slechter water, slechtere sanitatie en slechte gezondheid. De oplossing voor deze problemen moet gezocht worden in nieuwe betaalbare

basistechnologiën aangezien onze huidige technologieën, zoals ozon, UV, omgekeerde osmose, voor grote delen van de wereld te duur zijn. Ook is er een groeiend tekort aan irrigatiewater. Afvalwater zou hier uitkomst kunnen bieden. Maar ongezuiverd afvalwater kan een bedreiging zijn voor de gezondheid van de consument maar ook van de boeren. Naast ziektemakers is ook zout in het water een barrière voor waterhergebruik. Goedkope zoutverwijdering en verwijdering van de ziektemakers moeten nog steeds ontwikkeld worden om veilig en duurzaam hergebruik mogelijk te maken.

Verzuring is ook een hardnekkig milieuprobleem dat nog lang niet duurzaam opgelost is. Kolencentrales leveren een enorme productie aan  $\text{SO}_2$  en  $\text{NO}_x$ , met verzuring en ongezonde lucht in de steden als gevolg. In China wordt ieder jaar een capaciteit aan kolencentrales bijgebouwd die vergelijkbaar is met de totale openbare capaciteit in Nederland. De huidige westerse technologie voor  $\text{SO}_2$ -verwijdering levert gips op. De Chinezen moeten nu iets doen aan de  $\text{SO}_2$ -vervuiling, maar de potentiële hoeveelheid gips die ten gevolge hiervan gestort of verwerkt moet worden, weerhoudt hen hiervan.  $\text{NO}_x$ -verwijdering is duur en de milieudoelstellingen voor  $\text{NO}_x$  zijn in het westen nog steeds niet gehaald; in China zijn ze hier nog niet eens mee bezig.

Het broeikaseffect is het laatste milieuprobleem dat ik hier noem. In de westerse wereld zijn we op zoek naar  $\text{CO}_2$ -neutrale brandstoffen. De energie in organische afvalstoffen van bijvoorbeeld hout, stro, groentenaafval, etc. kan een interessante bron zijn voor nieuwe brandstof. Een technologie die deze brandstof kan maken, zonder dat tijdens het maken reeds een groot deel van de energie in het productieproces gebruikt wordt, is nog niet gevonden.

Met betrekking tot goedkoop en veilig waterhergebruik en goedkope en veilige energieproductie is er nog volop ruimte voor volledig nieuwe innovaties.

### Zijn innovaties te stimuleren?

Innoveren is een creatief proces. Het betekent het ondenkbare durven denken, dat combineren met kennis van het bestaande en het onwaarschijnlijke uitproberen. Ik stel voor innovaties eerst eens te bekijken vanuit commercieel perspectief en daarna vanuit natuurwetenschappelijk perspectief.

Wanneer we over innovaties spreken zijn er twee strategieën denkbaar, namelijk innovaties gericht op procesverbeteringen van bestaande processen en doorbraakinnovaties die volledig nieuwe technologieën of producten opleveren. Het onderscheid tussen deze twee soorten innovaties vanuit commercieel oogpunt is dat procesverbeteringen, ofwel incrementele innovaties, de marktaandeelen van de concurrenten over het algemeen nauwelijks veranderen. De doorbraak- of revolutionaire innovaties doen dat wel. Christensen geeft vele voorbeelden die het onderscheid tussen deze twee verduidelijken. De floppydisk-industrie is zo'n voorbeeld. De overgang van ferrite-oxide heads naar thin-film heads is een incrementele verbetering die de dichtheid van bytes per vierkante centimeter vertienvoudigd heeft, maar niet tot concurrentievervalsingen geleid heeft. De overgang van de 8-inch floppy naar de 5 1/4-inch floppy daarentegen was een slachtoffer voor de bedrijven die 8-inch floppy's maakten. Het principe achter dit mechanisme is mijns inziens vrijwel altijd dat men zich vanuit de huidige realiteit geen

voorstelling kan maken van de toekomstige mogelijkheden. Hier helpt marktonderzoek niet tegen. Want ook je klanten kunnen dit niet bedenken. Als men vraagt: "Wat denk je van deze nieuwe technologie?" – bijvoorbeeld 5 $\frac{1}{2}$ -inch-floppy's – dan vraagt men slechts of ze duurder zijn en zo ja, dan lijkt het hun niet veel. Later blijkt echter dat iedereen zijn computer op het bureau wil hebben en dan zijn 5 $\frac{1}{2}$ -inch-floppy's veel handiger dan die van 8 inch. In de waterzuiveringstechnologie is dit principe ook terug te vinden. Standaard waterzuivering was gebaseerd op aërobe bacteriën. Dit betekent dat organische verbindingen omgezet worden in CO<sub>2</sub> en slib door de toevoeging van zuurstof. In Wageningen is door mijn voorganger, professor Lettinga, ontdekt dat dit ook zonder zuurstof moest kunnen en door biomassakorrels te gebruiken is deze technologie praktisch toepasbaar geworden. Voordelen zijn: minder slibproductie, veel kleinere reactoren en energieproductie in plaats van energieverbruik. Dit laatste is natuurlijk interessant vooral nu CO<sub>2</sub>-uitstoot een belangrijk gegeven is, mede dankzij het Kyoto-verdrag. Het verschil tussen een kilo organische verbindingen (uitgedrukt in CZV) omgezet via aërobe of via anaërobe zuiveringen bedraagt ongeveer een kilo CO<sub>2</sub>. De anaërobe waterzuivering wereldwijd produceert ongeveer 4,5 miljoen kubieke meter aardgas (biogas) per dag. Deze innovatie heeft wel de concurrentieverhoudingen veranderd. Twee Nederlandse bedrijven, Paques BV en Biothane BV hebben meer dan de helft van de markt in handen en de traditionele waterzuiveraars doen nauwelijks mee. Ook de sectie milieutechnologie van Wageningen UR heeft internationale faam gekregen door deze innovatie. Dus ook voor een universiteit is het belangrijk bij dit soort ontwikkelingen betrokken te zijn. Later zijn er nog allerlei

procesverbeteringen doorgevoerd maar zelfs de IC-reactor die drie tot zes keer zo zwaar belast kan worden als de oorspronkelijke reactor heeft de concurrentieverhoudingen niet echt meer veranderd.

Een basismodel voor innovatie vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt is het lineaire innovatiemodel. Fundamenteel onderzoek wordt gevolgd door exploratief onderzoek. Daarna komen achtereenvolgens toegepast onderzoek en productvernieuwing. De grens tussen universiteiten en bedrijven ligt veelal tussen exploratief en toegepast onderzoek. Natuurlijk is de realiteit niet lineair. Toch stellen we omwille van de eenvoud, dat het met een technologische doorbraak begint. Op basis van deze nieuwe technologie worden dan verschillende nieuwe producten gebaseerd. Wat we gezien hebben bij de anaërobe bacteriekorrels, is dat er allerlei reactoren ontwikkeld zijn voor industriële toepassingen. Later zijn op basis van deze technologie ook rioolwaterzuiveringen ontwikkeld, die nog later weer vereenvoudigd zijn voor waterzuivering in de niet-westerse wereld. In de tussentijd zijn er weer betere reactoren ontwikkeld voor industriële waterzuiveringen. Allemaal nieuwe producten die gebaseerd zijn op één nieuwe technologische doorbraak, namelijk anaërobe bacteriekorrels. Een belangrijke les is volgens mij dan ook dat wanneer het onderzoek gericht is op technologische doorbraken, er ook veel aandacht gegeven moet worden aan de mogelijke industriële toepassingen. Het is vaak gebleken bij nieuwe milieu-innovaties, dat de industrie bereid is het risico te nemen een nieuwe milieutechnologie uit te proberen, op voorwaarde dat de belofte van deze technologie een significante verbetering betekent op het gebied van veiligheid, milieurendement,

maar vooral op het gebied van kosten (richtlijn: 50% goedkoper).

Het bereiken van een technologische doorbraak is echter geen garantie voor een succesvolle innovatie in de maatschappij. Een ander voorbeeld van Christensen is hier illustratief. Het bedrijf Eli Lilly and Company is reeds 50 jaar marktleider in de insulineproductie. Tijdens dit marktleiderschap is dit bedrijf in staat geweest de zuiverheid van insuline geproduceerd uit varkensalvleesklieren steeds verder te verbeteren: van 50.000 ppm onzuiverheid in 1925 naar 10 ppm in 1980. In 1978 gaf Eli Lilly de opdracht aan Genentech om 100%-zuivere insuline te produceren met genetisch veranderde bacteriën. Dit project was technologisch een succes. Maar toen bleek dat er maar weinig mensen geïnteresseerd waren in deze zuivere insuline. Een Deens bedrijf, Novo, had namelijk inmiddels een insulinepen ontwikkeld die het toevoegen van insuline veel makkelijker en sneller maakte. Novo kon met gewone varkensinsuline een groot deel van de insulinemarkt veroveren met deze pen. De les van dit voorbeeld is dat technologische doorbraken alleen zinvol zijn als we goed begrijpen wat de maatschappij nodig heeft. Aangezien we geen grote marketingorganisaties gaan creëren bij universiteiten, moeten we op een andere manier een visie vormen op wat de maatschappij nodig heeft. Hierbij moeten we vooral denken aan partijen buiten de universiteit die wel zicht hebben op de maatschappij.

Universiteiten hebben als dilemma dat ze in principe afgerekend worden op publicaties en niet op innovaties. Dit is terug te vinden in een reeks van krantenartikelen en publicaties over dit onderwerp. Als we de statistieken bekijken van Economische Zaken, dan blijkt dat onze



overheidsinvesteringen in R&D weliswaar boven het gemiddelde van de EU liggen (0.35% tegen 0.26%), maar dat die van de bedrijven juist ver beneden het gemiddelde liggen (0.6% tegen 2.4%). Het grappige is dat we op het gebied van patentaanvragen helemaal niet zo slecht scoren. De universiteiten vragen echter maar 2% van de patenten aan en de patenten die door universiteiten en bedrijven gezamenlijk aangevraagd zijn bedragen ongeveer 10% van het totaal aan Nederlandse patenten. Zonder enige twijfel doet Nederland wel mee aan de wereldtop van publicaties. Dus toponderzoek is er wel, maar het leidt niet tot innovaties. Zoals gezegd, innovatie is het omzetten van kennis in succesvolle technologieën, producten en diensten. Het algemene beeld is nu dat we dus wel goed zijn in het genereren van kennis, maar niet in de omzetting ervan in innovaties, onder andere door een slecht werkende kennisoverdracht. Dit blijkt uit het lage aantal patenten en spin-off's. Hierbij komt ook het dilemma of een universiteit zich nu wel of niet op toepassingen moet richten. Stokes heeft de Pasteur-kwadrant voorgesteld als weergave van dit dilemma. Deze kwadrant zet de aandacht voor toepassingen uit tegen de aandacht voor fundamenteel begrip. Hij benoemt drie vakken. In het vak genoemd naar Bohr, is er alleen aandacht voor fundamenteel begrip, in het vak van Edison, is er alleen aandacht voor de toepassing en in het vak van Pasteur is er voor beide aandacht. Gezien de achterstand van de Nederlandse kenniseconomie is het duidelijk dat als de academische wereld alleen de aandacht richt op fundamenteel begrip, dit niet de beste garantie is voor kennisoverdracht en het stimuleren van onze kenniseconomie. Het kwadrant van Pasteur zou daarom meer aandacht moeten krijgen. Daarnaast is het een algemeen aanvaard idee dat

fundamenteel onderzoek gekoppeld moet zijn aan toepassingsgericht onderzoek. Het een kan niet zonder het ander. Dus er moet veel aandacht zijn voor de uitwisseling tussen de kwadranten en binnen en buiten de universiteiten. Dit uitwisselen en delen van kennis gaat in tegen de natuur van de mens, die nauwelijks bereid is kennis te delen. Dit wordt ook nog eens versterkt door het middelaaronderwijssysteem dat het delen van informatie niet stimuleert. Ook samenwerking tussen universiteiten en bedrijven gaat niet makkelijk, omdat bedrijven veelal gericht zijn op resultaten op de korte termijn die exclusief moeten blijven, terwijl universiteiten op langere termijn meer fundamentele resultaten willen bereiken die gepubliceerd moeten worden. Contacten met bedrijven zijn voor milieutechnologie echter cruciaal in het verwerven van een visie op welke richting de technologie zich moet ontwikkelen. Deze interne en externe barrières staan succesvolle innovaties in de weg. Het is noodzakelijk om deze barrières te slechten en dit is mogelijk als we hier energie, maar ook vertrouwen in investeren.

Een mooi initiatief op dit gebied is Wetsus, centre for sustainable water technology. In dit academisch onderzoeksinstituut, met de ambitie uit te groeien tot een top-instituut, werken verschillende bedrijven en meerdere universiteiten samen, om op het gebied van watertechnologie nieuwe doorbraken te realiseren met een internationale uitstraling. Belangrijk uitgangspunt van Wetsus is de meerwaarde van de samenwerking. Ook de Oeso heeft onlangs laten weten lof te hebben voor het model van de Nederlandse top-instituten (Financieele Dagblad d.d. 10 oktober 2003), met name door de duurzame betrokkenheid van de deelnemers en de gezamenlijke cultuur die is ontstaan.

Een andere factor is de hardnekkige visie van veel managers dat innovatie maakbaar is en het succes van een product-idee voorspelbaar is. Hoezeer je de plank hierbij mis kan slaan illustreert de uitspraak van de IBM-directeur Thomas Watson in 1943: "Ik denk dat er een wereldmarkt voor ongeveer vijf computers is". Het gangbare idee is dat een gewenste uitkomst van een innovatie gestuurd kan worden als een bouwproject. Je hebt zoveel middelen nodig en zoveel tijd om dat en dat resultaat te halen. Bij een bouwproject geldt over het algemeen dat als er 75% van de middelen uitgegeven is, er ook ongeveer 75% van het resultaat zichtbaar moet zijn. Bij researchwerk hoeft dit helemaal niet zo te zijn. Hoe verder weg van het bekende, hoe slechter de voorspelbaarheid. Het gezochte resultaat kan al na 10% van de bestede middelen gevonden zijn, maar ook pas na 110%. Voor revolutionaire innovaties lijkt bovendien serendipiteit vaak onontbeerlijk: het onverwachte zorgt vaak voor de doorbraak. Het bedacht zijn op het onverwachte en het ruimte geven om hier als onderzoeker iets mee te kunnen, lijken dus belangrijke voorwaarden te zijn voor revolutionaire innovatie. Een beter innovatiemodel (niet-lineair) is dus het onderzoek niet slechts te richten op een gewenste uitkomst, maar volop gericht te zijn op en open te staan voor andere onverwachte innovaties. Een voorbeeld van deze strategie is het onderzoek om stank in anaëroob effluent te lijf te gaan door het stinkende  $H_2S$  om te zetten in het niet-stinkende zwavel. Uiteindelijk heeft dit geleid tot het Shell/Paques-proces voor biologische aardgasontzwaveling. Een kleine nazuiveringstechnologie heeft het zo geschopt tot een hightech-oplossing in de energiewereld. Hierbij wordt een biologisch proces gebruikt voor een toepassing die tot voor kort volledig in het domein van

fysisch/chemische technologieën lag. Ook hierbij staat een Wageningse innovatie aan de wieg van een revolutionaire innovatie.

Om te weten of de mogelijkheden van een nieuwe innovatie interessant zijn voor de maatschappij, is het dus noodzakelijk veel contact te hebben met andere disciplines en met bedrijven die wellicht iets kunnen met deze innovaties. Kennis delen om kennis meer waard te maken moet dus het uitgangspunt zijn.

Dan rest de vraag op wat voor soort bedrijven wij ons als universiteit moeten richten: op de start-up's/spin-off's, op het midden- en kleinbedrijf, of op de golden oldies, de grote gevestigde ondernemingen? Start-up's in de milieusector zijn er eigenlijk niet meer en als ze er zijn dan gaat het vaak om de verkoop van diensten. Het Biopartner-initiatief heeft vooral veel nieuwe bedrijven in de farmacie en voeding opgeleverd. Wij zullen als universiteit meer start-up's en spin-off's moeten stimuleren, want er zijn er te weinig in de milieusector. Ook Wetsus in Leeuwarden heeft de intentie een incubator speciaal voor watertechnologie op te richten.

De golden oldies zijn vaak moeilijk te overtuigen mee te investeren in onderzoek naar doorbraakmilieutechnologieën. De eerste toepassingen van nieuwe doorbraaktechnologieën worden vaak door het MKB gerealiseerd. Daarna gaan de grote bedrijven hierop verder en perfectioneren de technologie en werken meerdere producten uit. Spectaculaire en zeer speculatieve vernieuwingen moeten volgens mij via start-up's gaan, die de grootste risico's kunnen nemen. Vernieuwend onderzoek dat kan leiden tot nieuwe technologische doorbraken kan dus het beste

plaatsvinden in samenwerking met het MKB. Voor het verdiepende onderzoek, waar minder risico's aan kleven en waar meer geld voor nodig is, zijn de golden oldies onze partners.

### **Les voor de visie en strategie van de sectie milieutechnologie**

Milieu-innovaties zijn dus nog volop nodig, zowel voor het milieu als voor de Nederlandse economie. We hoeven onze sectie dus nog niet op te heffen.

Ik heb eens een sciencefictionboek gelezen over de toekomst van het mensenras, waarbij er oorlog was tussen de nano's en de bio's. De nano's konden met nanotechnologie allerlei kritische organen in het lichaam vervangen door mechanische installaties. De bio's konden allerlei lichaamsfuncties repareren door met virussen DNA-reparaties uit te voeren en dat soort dingen.

Milieutechnologie in Wageningen past echter bij geen van deze twee groepen. Wij zijn de naturals, wij willen met natuurlijke technologie de natuur redden. Wij gebruiken daartoe alleen in de natuur voorkomende bacteriën en bacteriën die daaruit voortkomen. Met dit laatste bedoel ik, dat uit een bacterie A en een bacterie B een bacterie C kan voortkomen. De eigenschappen van A en B kunnen gecombineerd worden, zodat nieuwe conversies mogelijk worden of essentiële combinaties van eigenschappen ontstaan. We kunnen als het ware bacteriën kweken die voor ons belangrijke conversies kunnen doen. Het is wel belangrijk dat we deze bacteriën vervolgens concentreren in reactoren en hen met de juiste procescondities aanzetten tot de gewenste conversies. Op deze manier

ontstaat er een natuurlijke, veilige en maatschappelijk geaccepteerde methode om gewenste genetische informatie in het systeem te krijgen. Ook is reeds aangetoond dat de bacteriepopulatie genetisch gezien in een milieubioreactor steeds van samenstelling verandert terwijl de reactor even goed blijft draaien. Dit verklaart waarom de aandacht zich bij biotechnologie voor milieutechnologie vooral richt op de procescondities. Meer en meer wetenschappelijke publicaties verschijnen er over deze aanpak, waarin beschreven wordt hoe de biomassa zichzelf aanpast en beter gaat presteren. Beter begrip van welke procescondities van belang zijn en hoe we deze kunnen beheersen zal een rode draad in ons onderzoek zijn.

Milieutechnologie staat bekend als een multidisciplinaire discipline. In samenwerking met microbiologie, kolloïdchemie, meet- en regeltechniek, scheidingstechnologie, chemische technologie, elektrochemie, irrigatiekunde, visserij, etc. hebben we al menige innovatie gerealiseerd. Wij zijn zeer goed in onderzoek van volledige systemen en het integreren van al deze disciplines. Een valkuil is echter te veel in een van deze disciplines te zakken, wat toch behoorlijk onweerstaanbaar blijkt. Ook samenwerking met economie, sociologie en bedrijfskunde zal onze innovatiekracht versterken.

De combinatie van volledige systemen, natuurlijk voorkomende bacteriën en de juiste procesomstandigheden voor selectiedruk zijn de ingrediënten voor de leerstoel biologische kringloop technologie. Met deze basis willen we nieuwe bioconversietechnologieën ontwikkelen voor water- en gasreiniging en voor bio-energieproductie. Hiervan wil ik enkele voorbeelden geven.

Bij waterzuivering voor de verwijdering van organische verbindingen is de anaërobe technologie vanuit het oogpunt van energieverbruik het meest duurzaam, maar heeft een slecht zuiveringsrendement. De membraanbioreactor is vanuit het oogpunt van waterhergebruik juist het meest duurzaam, maar verbruikt bijzonder veel energie. Een combinatie van deze twee systemen, waarbij de anaërobe reactor de bulk van de verontreiniging verwijdert en de membraanbioreactor het water nazuivert, zou een bijzonder duurzame combinatie zijn: waterhergebruik met weinig energieverbruik.

Een ander cruciaal thema is zout. Bij hergebruik zal het zout steeds meer accumuleren in het water. Aan de andere kant worden waterbeheerders steeds alerter op zoutlozingen. Dit betekent twee dingen: wij moeten bij biologische processen met steeds hogere zoutconcentraties opereren en we moeten zoeken naar nieuwe zoutverwijderingstechnologieën. Biologische zoutverwijdering door natriumsulfaat om te zetten in zwavel en natriumbicarbonaat zou zo'n technologie kunnen zijn.

Het arseenprobleem is niet alleen een waterzuiveringprobleem, maar vooral een afvalprobleem. Het arseenslib uit water is zeer moeilijk veilig op te slaan. De enige stabiele arseenverbinding is skorodiet, die nu alleen chemisch gemaakt kan worden bij 90 graden Celsius en in meerdere stappen. De oplossing hiervoor zien wij in de simultane bioconversie en kristallisatie. Door tweewaardig ijzer biologisch om te zetten in driewaardig ijzer in aanwezigheid van het arseen zal skorodiet gevormd kunnen worden, maar dan in één stap en bij kamertemperatuur. Als laatste voorbeeld wil ik noemen de bioconversies van afvalstromen in nuttige energiedragers. Wij willen technologieën ontwikkelen om verschillende energiedragers te

produceren uit organisch afval. Onze droom is dat we kunnen kiezen uit waterstof, methaan, ethanol of direct stroom. We weten reeds dat er bij de omzetting van afval in methaan slechts 15% energieverlies optreedt. Dit geringe energieverlies is het grote voordeel van bioconversies boven chemische conversies.

De belangrijkste overdracht van kennis van de universiteiten gaat nog steeds via ons hoofdproduct, namelijk onze afgestudeerde en gepromoveerde studenten. Om deze kennisoverdracht op gang te houden is het natuurlijk cruciaal dat er nieuw bètastudenten blijven komen. Hier ligt ook een verantwoordelijkheid voor onze sectie. Niet alleen moeten we zorgen voor toonaangevend innovatief onderzoek maar ook voor een inspirerende voorlichting naar de huidige VWO- en HBO-studenten. Wij zullen hier samen met VWO campus en de HBO-opleidingen een nieuwe impuls aan geven. Als er nog ouders in de zaal zijn met kinderen die NT of NG studeren of HBO-milieutechnologie, laat ze eens langskomen in Wageningen.

## Dank

Aan het eind van mijn rede wil ik graag een aantal mensen bedanken waar ik persoonlijk en professioneel veel aan te danken heb. Ten eerste mijn ouders die mij zelfs stimuleerden toen ik voor boer wilde gaan studeren in Wageningen. Mijn vrouw Rianne, die altijd naast mij staat en mij mooier laat lijken dan ik eigenlijk ben. Mijn zoon Jan is een belangrijke leermeester voor mij wat betreft flexibiliteit, de nieuwe jeugd en assertiviteit. Bovendien heeft hij op zijn vierde een waterzuiveringsinstallatie voor mij ontworpen die ik nog vaak bekijk.



Mijn loopbaan in zwaveltechnologie heb ik vooral te danken aan vier mensen: Gatzte Lettinga die mij een afstudeeronderwerp gaf op dit gebied en later mijn promotor was. Jos Pâques en Janharm Musters die mij de kans gaven dit bij Paques BV verder te ontwikkelen en Sjoerd Vellinga die inhoudelijk alles aanvulde wat ik niet had. Van deze vier mensen heb ik onnoemelijk veel geleerd. Hartelijk dank hiervoor.

Tijdens het opbouwen van mijn groep bij Paques BV in Balk zijn er drie mensen geweest waar ik altijd op kon bouwen en die de begrippen loyaliteit, inspiratie en stimulatie inhoud gegeven hebben. Hiervoor wil ik Johannes Boonstra, Albert Janssen en Henk Dijkman heel hartelijk bedanken. Carl Schultz en Trienke de Vries, ook jullie bedankt voor de ondersteuning en de vriendschap. Ook al mijn andere collega's en alle andere mensen die mij op de achtergrond geholpen en gesteund hebben, bedankt.

Ook zijn er vier bedrijven geweest die op cruciale momenten steun gegeven hebben aan de ontwikkeling van de zwaveltechnologie. Dat zijn Industriewater Eerbeek, die reeds geloofden in deze technologie vanaf mijn promotietijd, Budelco, die de eerste commerciële installatie op dit gebied bouwden, Hoogovens Technical Services, die – samen met Paques – Biostar oprichtten en een enorme research-impuls gegeven hebben en ten slotte Shell Global Solutions die ons het vertrouwen gaven om samen een technologie voor biologische aardgasontzwaveling te ontwikkelen.

Ik begin iets nieuws en kom weer terug bij mijn oude vakgroep, maar het leuke is dat ik contact blijf houden met alle bedrijven en mensen waar ik voorheen ook mee werkte.

Dit geldt ook voor mijn nieuwe baan als wetenschappelijk directeur van Wetsus, het centrum voor duurzame wattertechnologie. Mijn wens en voornemen is dan ook deze succesvolle samenwerking te continueren en ons gezamenlijk streven een nieuwe impuls te geven, namelijk om van Nederlandse technologie wereldtechnologie te maken.

Hartelijk dank voor uw aandacht.

#### Literatuur

Water for People, water for life (2003), Unesco World water assessment programme, UNESCO publishing

Entrepreneurship in the Netherlands, Knowledge transfer: developing high tech ventures (2003), Ministry of Economic affairs (NL) and EIM, ISBN 90-371-0897-0

Nauta F., Steenhoven J. van den (2003), Kenniseconomie monitor 2003, Stichting Nederland Kennisland, ISBN 90-806953-3-5

Discussienota, Mee® doen, 50 stappen om te komen tot 15% meer Bèta/Technici in 2010 (2003), Stichting Axis, Delft

Christensen C.M. (1997), Innovator's Dilemma: when new technologies cause great firms to fail, Harvard Business School Press, Boston, ISBN 0-87584-585-1

Naar een efficiënter milieubeleid (2000) Centraal Plan Bureau, Den Haag, ISBN 90-1209-025-3