

02963, 495

Open Mag
V

Landbouwwetenschappelijke
milieu en
technologie:
een schijnbare
tegenstelling

door prof. dr. ir. W.H. Rulkens

ONTVANGEN

8 OKT. 1963

EE-KARDEX

71230

**MILIEU EN TECHNOLOGIE:
EEN SCHIJNBARE TEGENSTELLING**

door prof.dr.ir. W.H. Rulkens



**Inaugurale rede uitgesproken bij de aanvaarding van
het ambt van hoogleraar in de Milieutechnologie
aan de Landbouwniversiteit te Wageningen
op 26 september 1991**

MILIEU EN TECHNOLOGIE: EEN SCHIJNBARE TEGENSTELLING

Inleiding

Mijnheer de rector magnificus, dames en heren,

Als titel van deze voordracht heb ik gekozen:
"Milieu en technologie: een schijnbare tegenstelling"

Bij de keuze van deze titel heb ik mij laten inspireren door de mening van velen dat milieu en technologie in principe niet harmonieus samen kunnen gaan. Als we om ons heen kijken en zeker als we terugkijken naar het verleden, is daarvoor ook alle aanleiding. In feite gaat het echter om een paradox, een *schijnbare tegenstelling*.

In mijn voordracht wil ik daar nader op ingaan. Dit zal ik doen aan de hand van mijn visie op het vakgebied en de wijze waarop ik aan de Landbouwuniversiteit invulling wil geven aan de Leerstoel Milieutechnologie.

De mens heeft in de loop van de geschiedenis altijd gebruik gemaakt van zijn natuurlijke omgeving, waarbij in eerste instantie de voortbrengselen uit de natuur zijn gebruikt voor voedsel, kleding en onderdak. Deze grondstoffen werden aanvankelijk zonder veel bewerkingen benut. Pas in de laatste eeuwen is de mens op grote schaal overgegaan tot het bewerken van natuurlijke grondstoffen tot produkten. Met name vanaf het begin van de negentiende eeuw heeft zich daarbij een sterke intensivering voorgedaan. Deze wordt gekenmerkt door drie aspecten:

- het op grote schaal gebruiken van grondstoffen
- het intensiveren van de bewerkingen
- het produceren van een grote verscheidenheid aan goederen.

Deze trend heeft zich in versterkte mate voortgezet tot in het hoog-industriële tijdperk waarin we nu leven. De bewerkingen zijn daarbij bovendien steeds sterker op een wetenschappelijke basis gestoeld. In plaats van bewerkingen spreken wij daarom van *technologie* of *processtechnologie*.

Kenmerkend voor deze technologische ontwikkeling is dat in de beginfase het milieu uitsluitend fungeerde als leverancier van grondstoffen en energie en als stortplaats voor afval. Deze periode heeft in feite geduurd tot ruim na de Tweede Wereldoorlog. Toen pas is het besef doorgedrongen dat deze technologische ontwikkeling tot een zeer ernstige verstoring van het milieu leidt en het voortbestaan van de mensheid in ernstig gevaar kan brengen.

De neiging bestaat om de technologische ontwikkeling als zodanig de schuld te geven van de milieu-problematiek waarmee we nu geconfronteerd worden. Die neiging is begrijpelijk. We vergeten daarbij echter dat de technologie geen autonoom proces is, maar door de mens is ontwikkeld en door de mens wordt toegepast. De mens vervult hierbij een centrale rol. De technologie is in feite alleen een middel dat helaas gedurende vele jaren op een voor het milieu rampzalige wijze is gebruikt.

De mensheid staat voor de opgave: hoe nu verder? Deze opgave kan onderverdeeld worden in twee deeltaken:

- hoe kunnen we de reeds aangerichte schade aan het milieu herstellen?
- hoe voorkómen we dat in de toekomst verdere schade aan het milieu en derhalve ook aan de levensvoorwaarden van de mens wordt toegebracht?

De technologie als hulpmiddel in menselijke handen zal hierbij een wezenlijke rol kunnen en ook moeten spelen. Vanuit deze gedachtengang moet de

technologie niet meer als een bedreiging maar veeleer als een redmiddel voor het milieu gezien worden. De technologie, die op deze wijze wordt ingezet, wordt met recht aangeduid met de naam *milieutechnologie*.

Tot zover deze historische benadering.

Definitie en toepassingsmogelijkheden van de milieutechnologie

Voor ik nader inga op de definitie en de toepassingsmogelijkheden van de milieutechnologie, wil ik eerst de vier categorieën milieuproblemen noemen, die we kunnen onderscheiden.

De eerste categorie omvat de milieuproblemen die hoofdzakelijk het gevolg zijn van vroegere industriële en maatschappelijke activiteiten. Dit zijn de zogenaamde erfenissen uit het verleden. Tot deze categorie behoren o.a. bodem- en waterboderverontreiniging, verontreinigd grondwater en de problematiek van de diverse soorten afvalstoffen. Tot de tweede categorie behoren de milieuproblemen die veroorzaakt worden door de huidige productieprocessen. In deze categorie vallen o.a. afvalwaterstromen, afgasstromen - waaronder kooldioxide - en vele soorten vast afval.

De derde categorie milieuproblemen wordt veroorzaakt door het gebruik van produkten. Daarbij wil ik o.a. noemen: stedelijk afvalwater, uitlaatgassen van auto's, emissie van kooldioxide bij verbrandingsprocessen en het vrijkomen van schadelijke oplosmiddelen bij het gebruik van verfprodukten.

De vierde categorie milieuproblemen wordt gevormd door de afvalstromen, die ontstaan als

consumptiegoederen en gebruiksmaterialen in het afvalstadium belanden. Als voorbeelden kunnen worden genoemd: autowrakken, huishoudelijk afval en bouw- en sloopafval.

Het gemeenschappelijk kenmerk van afvalstromen, zoals afvalwater, vloeibaar en vast afval, vervuilde grond en verontreinigde lucht, is de aanwezigheid van stoffen die een bedreiging vormen of kunnen vormen voor het milieu en de menselijke gezondheid. Dit hoeven niet altijd toxische stoffen te zijn, zoals bestrijdingsmiddelen, gechlloreerde oplosmiddelen en zware metalen. Ook verbindingen die in de natuur vóórkomen, of in de natuur worden gevormd, zoals bijvoorbeeld nitraten, kunnen milieuproblemen veroorzaken. Dit is met name het geval indien de concentraties van zulke verbindingen in een afvalstroom zo hoog zijn, dat deze verbindingen niet meer via natuurlijke kringloopprocessen kunnen worden verwijderd en aanleiding geven tot ongewenste omzettingen en verspreiding.

Milieutechnologie wordt nu gedefinieerd als *de wetenschap van de technische methoden om milieuproblemen op te lossen of te voorkómen*. Dit ter onderscheiding van de beleidsmatige en organisatorische methoden, die ook vaak mogelijk zijn om milieuproblemen op te lossen of te voorkomen. Evenals de procestecnologie houdt de milieutechnologie zich bezig met bewerkingen die uiteindelijk tot produkten moeten leiden. De bewerkingen zijn daarbij gericht op het verwijderen of omzetten van de verontreinigingen en moeten resulteren in produkten die geen milieuproblemen meer veroorzaken. Daarbij moet het begrip "produkt"

vanuit een milieuhygiënische invalshoek worden gezien.

In dat kader kunnen als *produkten* worden onderscheiden:

- schoon water
- schone lucht
- schone grond
- waardevolle produkten uit afvalstoffen
- produktieprocessen die geen afvalstromen veroorzaken
- consumptiegoederen en gebruiksmaterialen die bij gebruik en in het afvalstadium geen of nagenoeg geen milieubelasting geven.

In het licht van het bovenstaande kan milieutechnologie op verschillende wijzen worden ingezet.

Op de eerste plaats kan milieutechnologie worden toegepast voor het aanpakken van milieuproblemen die het gevolg zijn van industriële en maatschappelijke activiteiten uit het verleden, zoals bodem- en grondwaterverontreiniging. In principe is de inzet van milieutechnologie voor dit doel eindig, als tenminste voorkómen wordt dat soortgelijke milieuproblemen zich in de toekomst verder voordoen. Overigens is te verwachten dat de aanpak van bijvoorbeeld bodem- en grondwaterverontreiniging nog vele tientallen jaren zal vergen en vele tientallen miljarden guldens zal gaan kosten.

Deze vorm van milieutechnologie wordt '*saneringstechnologie*' genoemd en zal naar verwachting op korte termijn belangrijke ontwikkelingen doormaken en brede toepassing krijgen.

Milieutechnologie kan ook worden ingezet om

afvalstromen die bij de huidige productieprocessen ontstaan, zoals afvalwater, vast en vloeibaar afval en afgassen, zodanig te behandelen, dat deze geen of slechts een zeer geringe milieubelasting geven. Dit wordt *'toegevoegde milieutechnologie'* of *'end of pipe technology'* genoemd.

De verwachting is dat voor de korte termijn de toepassing van dit type milieutechnologie verder zal toenemen. Ook zullen nog aanzienlijke verbeteringen van dit type milieutechnologie worden gerealiseerd. Voor de lange termijn echter is te verwachten dat de toepassing van toegevoegde milieutechnologie geleidelijk aan zal verminderen en mogelijk uiteindelijk zal verdwijnen.

Milieutechnologie kan ook worden toegepast om afvalstromen te verwerken, die ontstaan bij het gebruik van consumptiegoederen en materialen, of vrijkomen bij beëindiging van het gebruik. Deze vorm van milieutechnologie wordt *'afvalverwerkings-technologie'* genoemd. De verwerking is er primair op gericht om eventuele toxische en andere verontreinigingen te verwijderen of te vernietigen. Ook kan de verwerking tot doel hebben het volume van de afvalstroom te reduceren, energie te winnen of de afvalstroom geheel of gedeeltelijk her te gebruiken. Bij deze categorie afvalstromen kan de oorsprong zeer divers en diffuus zijn. Denk bijvoorbeeld aan stedelijk afval, ziekenhuisafval, autowrakken en stedelijk afvalwater. De inzet van dit type milieutechnologie vindt reeds op grote schaal plaats en zal naar verwachting in de toekomst nog zeer sterk toenemen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat productieprocessen en consumptiepatronen slechts langzaam zullen veranderen. Bovendien zijn nog veel

consumptiegoederen op weg naar het afvalstadium. De verwachting is ook dat deze vorm van milieutechnologie verder geoptimaliseerd wordt in de richting van hergebruik en energiebenutting.

In het voorafgaande is er steeds sprake geweest van het behandelen van ontstane afvalstromen. In de toekomst zal bij de aanpak van milieuproblemen echter steeds meer worden uitgegaan van een zogenaamd *integraal ketenbeheer*. Hierbij wordt getracht om in elk levensstadium van een produkt - winning van grondstof, grondstof-ontsluiting, productieproces, gebruik van het produkt en beëindiging van het gebruik - het ontstaan van afvalstromen zoveel mogelijk te voorkómen. Te zamen met het streven naar een zo gering mogelijk gebruik van niet-hernieuwbare hulpbronnen, waaronder energie, en een maximaal hergebruik van afval, zal een dergelijk integraal ketenbeheer moeten leiden tot een duurzame ontwikkeling op milieugebied. Milieutechnologie, als integraal onderdeel van de procestechologie, vormt daarbij een wezenlijke factor.

Het zal duidelijk zijn dat deze vorm van milieutechnologie pas werkelijk effectief wordt indien de huidige productieprocessen en consumptiepatronen grondig worden gewijzigd. Het tempo waarin dit gebeurt wordt niet alleen bepaald door economische maar ook door maatschappelijk-politieke factoren. Het zal verder duidelijk zijn dat bij deze vorm van milieutechnologie geen strikt onderscheid meer is te maken tussen procestechologie en milieutechnologie. Men spreekt in dit geval dan ook van '*procesgeïntegreerde milieutechnologie*' of '*preventie-technologie*'.

Zoals in het voorafgaande reeds globaal is aangegeven, is de te verwachten toekomstige ontwikkeling en toepassing van de vier genoemde typen milieutechnologie verschillend.

Saneringstechnologieën, toegevoegde technologieën en afvalverwerkingstechnologieën zijn voor een belangrijk deel reeds ontwikkeld, maar kunnen nog sterk worden verbeterd en geoptimaliseerd. De ontwikkeling van procesgeïntegreerde milieutechnologie daarentegen is pas net op gang gekomen. De toepassing van saneringstechnologie, toegevoegde milieutechnologie en afvalverwerkingstechnologie, zal naar verwachting op korte termijn nog sterk worden geïntensiveerd maar zal daarna geleidelijk aan afnemen en steeds meer plaats maken voor de toepassing van procesgeïntegreerde milieutechnologie.

Overeenkomst en verschil tussen milieutechnologie en procestechnologie

Tussen milieutechnologie en procestechnologie bestaat een sterke verwantschap. Zowel in de milieutechnologie als in de procestechnologie is sprake van drie typen bewerkingen:

- fysische bewerkingen, waarbij stoffen niet veranderen maar worden verwijderd of geconcentreerd;
- chemische bewerkingen, waarbij stoffen langs chemische weg worden omgezet in andere stoffen;
- microbiologische bewerkingen, waarbij stoffen langs microbiologische weg, bijvoorbeeld door bacteriën, worden omgezet in andere stoffen.

Er zijn echter ook verschillen. Deze zijn niet inhoudelijk van aard maar betreffen meer de

benadering en de aanpak.

Milieutechnologie is specifiek gericht op het afscheiden of omzetten van *milieuverontreinigingen*, vaak bij zeer lage concentraties. Kennis van de eigenschappen van deze verontreinigingen is dan ook een essentieel onderdeel van de milieutechnologie. Bij milieutechnologie gaat het in het algemeen om grondstoffen en produkten, die qua hoeveelheid en qua samenstelling zeer grote variaties kunnen vertonen, zowel in tijd als in plaats. Denk bijvoorbeeld aan verontreinigde grond. In de praktijk zullen reinigings- en verwerkingsprocessen op deze variaties moeten kunnen inspelen. De *complexiteit* van deze grondstoffen en producten maakt het in het algemeen moeilijker om van mathematische procesmodellen - een wezenlijk onderdeel van de procestechnologie - gebruik te maken. Bij procesbesturing en procesoptimalisatie is dit een ernstige handicap.

Veel meer dan de procestechnologie maakt de milieutechnologie gebruik van *kringloopprocessen* of onderdelen daarvan zoals die in de natuur voorkomen. Daarbij gaat het met name om de kringloop van koolstof, stikstof en zwavel.

De milieutechnologie, als een nieuwe variant van de procestechnologie, is pas de laatste decennia sterk tot ontwikkeling gekomen en heeft t.o.v. de procestechnologie nog een achterstand in te halen. Lang niet alle mogelijkheden die de traditionele procestechnologie biedt, worden op dit moment in de milieutechnologie volledig benut.

Het zal duidelijk zijn, dat het onderscheid tussen milieutechnologie en procestechnologie vervaagt wanneer milieutechnologie in procesgeïntegreerde

vorm wordt toegepast. Dit zal er in de toekomst toe leiden dat de milieutechnologie een integraal onderdeel van de procestechnologie wordt. De rol van de procestechnologie bij de bescherming van het milieu is dan veranderd van een passieve in een actieve.

Voorlopig zijn we nog niet zo ver.

Milieutechnologie aan de landbouwuniversiteit

De sterke verwevenheid van milieutechnologie en procestechnologie zal bij menigeen de vraag doen rijzen of milieutechnologie niet veel méér thuis hoort bij de technische universiteiten. Daar is immers de procestechnologie sterk tot ontwikkeling gebracht en is specifieke kennis aanwezig van industriële processen. Zonder de technische universiteiten tekort te willen doen, moet ik deze vraag echter ontkennend beantwoorden.

Op de eerste plaats biedt de Landbouwuniversiteit ook een zeer gedegen opleiding in de procestechnologie en wordt er op dit gebied een omvangrijk onderzoeksprogramma uitgevoerd. Hoewel dit onderwijs en onderzoek voor een belangrijk deel gericht is op de levensmiddelenindustrie en aanverwante industrietakken, is de grondslag ervan ook uitstekend bruikbaar voor de milieutechnologie.

Op de tweede plaats biedt de Landbouwuniversiteit een voor Nederland unieke milieukunde opleiding via de studierichting Milieuhygiëne. Uniek omdat het de enige volledig academische opleiding is op dit gebied. Reeds vanaf het eerste studiejaar worden studenten die deze opleiding volgen, geconfronteerd met een grote

verscheidenheid aan milieukundevakken. Dit gebeurt niet alleen vanuit een natuurwetenschappelijke maar ook vanuit een sociaalwetenschappelijke invalshoek. Een opleiding, die niet alleen vanuit wetenschappelijk oogpunt goed is onderbouwd, maar die ook maatschappelijk gezien als evenwichtig wordt ervaren. Immers de maatschappij zal bij de aanpak van milieuproblemen uiteindelijk de prioriteiten moeten stellen. Dit geldt zowel voor de geldmiddelen die beschikbaar worden gesteld als voor de keuze van de problemen die bij voorrang moeten worden aangepakt.

Op de derde plaats heeft de Landbouwniversiteit een duidelijk praktijkgerichte traditie van onderwijs en onderzoek. Milieutechnologie is bij uitstek gericht op het aandragen van praktische oplossingen.

Milieutechnologie sluit verder aan bij de zeer specifieke plaats die de Landbouwniversiteit inneemt tussen de overige Nederlandse universiteiten. Behalve de reeds eerder vermelde, op de praktijk georiënteerde invalshoek, kunnen daarbij worden genoemd de kennis van microbiologische en biologische processen en de specifieke kennis van de compartimenten water, bodem en lucht.

De Landbouwniversiteit is dan ook bij uitstek geëquipeerd om de problemen van het milieu te signaleren, oorzaken en gevolgen van deze problemen vast te stellen en om vanuit een milieutechnologische en sociaalwetenschappelijke invalshoek oplossingen aan te dragen. Dit geldt uiteraard op de eerste plaats voor de ernstige milieuproblemen die door het agrarische bedrijfsleven zelf worden veroorzaakt. De voorbeelden zijn bekend: zure regen, mestoverschotten, en vervuiling van grond met bestrijdings-

middelen en fosfaten. Daarnaast kan er vanuit de Landbouwniversiteit ook een bijdrage worden geleverd aan milieutechnologische oplossingen voor problemen die niet direct gerelateerd zijn aan de agrarische sector. Dit laatste vraagt in feite geen andere milieutechnologische principes, maar wel andere toepassingen van de zelfde principes.

De opleiding tot milieutechnoloog

In het voorafgaande heb ik u proberen duidelijk te maken dat milieutechnologie op dezelfde principes is gebaseerd als procestechnologie. Ik heb daarbij ook getracht aan te geven wat de verschillen zijn tussen milieutechnologie en procestechnologie en de plaats van milieutechnologie aan de Landbouwniversiteit. De vraag doet zich voor, hoe binnen de Landbouwniversiteit de opleiding tot milieutechnoloog zo optimaal mogelijk gestalte kan krijgen. Om deze vraag te beantwoorden, zullen we moeten vaststellen wat we van een milieutechnoloog mogen verwachten. Dit verwachtingspatroon loopt parallel met het denken over de aanpak van milieuproblemen zoals dit zich tot nu toe heeft ontwikkeld. Deze ontwikkeling wil ik dan ook eerst schetsen.

In het verleden ging men altijd uit van een compartimentsgerichte benadering van een milieuprobleem. Het compartiment "water" kwam daarbij als eerste aan de beurt, gevolgd door de compartimenten "lucht", "bodem" en "afval". Het accent lag dus primair op het oplossen van het specifieke milieuprobleem in het betreffende compartiment.

Bij de aanpak van een afvalwaterprobleem,

bijvoorbeeld het zuiveren van stedelijk afvalwater, werd primair, en vaak alleen, gekeken naar het zuiveren van het water en niet naar de vraag waar de verwijderde vervuiling uiteindelijk terecht zou komen. Het probleem werd als opgelost beschouwd indien het water niet meer vuil was. Deze compartimentsgerichte benadering resulteerde bijvoorbeeld in een discipline afvalwaterzuiveringstechnologie.

Het voordeel van deze benadering is dat problemen overzichtelijk zijn en op een pragmatisch wijze kunnen worden aangepakt.

Een uitsluitend compartimentsgewijze benadering heeft echter als groot nadeel - en daar is men zich de afgelopen tien jaar duidelijk bewust van geworden - dat milieuproblemen al gauw doorgeschoven worden van het ene naar het andere compartiment. Een zuiver compartimentsgerichte benadering is in feite dan ook niet de juiste weg. Ik wil dit aan de hand van het eerder genoemde voorbeeld nog eens illustreren.

Primair gaat het bij het zuiveren van stedelijk afvalwater om het verkrijgen van een effluent dat zonder bezwaar op het oppervlaktewater kan worden geloosd. Bekijken we dit proces nader, dan zien we dat de verontreinigingen die in het afvalwater aanwezig zijn, voor een deel worden afgebroken tot onschuldige verbindingen en voor een deel worden geconcentreerd in een afvalstof, het zgn. zuiverings-slib. Jarenlang leek dit afvalprodukt geen probleem te zijn. Het werd als meststof afgezet in de landbouw. De afgelopen tien jaar is daar duidelijk verandering in gekomen. Vanwege de aanwezigheid van zware metalen en bestrijdingsmiddelen is men het zuiverings-slib als een echte afvalstof gaan beschouwen waarvan de kwaliteit dusdanig slecht is, dat het voor bemesting ongeschikt is. Andere, kostbare verwerkingsmethoden,

zoals verbranden, zijn noodzakelijk geworden. Bij de zuivering van stedelijk afvalwater is het zuiveringsslib momenteel het grootste probleem. Echter, behalve aan het probleem zuiveringsslib zal bij de reiniging van stedelijk afvalwater ook aan een aantal andere milieu-aspecten aandacht moeten worden geschonken:

- Een verdere verbetering van de kwaliteit van het effluent. Ook het begrip "schoon" water heeft een evolutie ondergaan. Denk bijvoorbeeld aan de aanwezigheid van stikstof- en fosforverbindingen.
- Het voorkómen van de emissie van vluchtige, toxische verbindingen naar de atmosfeer tijdens het zuiveringsproces en bij de slibverwerking.
- Het zoveel mogelijk beperken van de emissie van kooldioxide naar de atmosfeer.
- Een minimaal gebruik van energie.
- Een minimaal gebruik van chemicaliën die worden geproduceerd uit niet hernieuwbare, schaarse grondstoffen.

Het probleem van de zuivering van stedelijk afvalwater is dus duidelijk verschoven van "hoe maak ik het afvalwater weer schoon" naar "hoe pak ik het milieuprobleem van het afvalwater aan". De laatste vraag is aanzienlijk gecompliceerder dan de eerste.

Wat ik hier geschetst heb voor stedelijk afvalwater, geldt voor de milieuproblematiek als geheel. Zeker bij het ontwikkelen van nieuwe processen en producten zal steeds vaker de vraag worden gesteld in hoeverre het gaat om een duurzame ontwikkeling. Dat is de uitdaging waar de milieutechnoloog voor staat. Onderwerpen zoals preventie van milieuverontreiniging, minimaal gebruik van schaarse grondstoffen, nuttig hergebruik van stoffen en

bepierking van energieverbruik zullen in toenemende mate aandacht vragen. Daarnaast zal ook het opruimen van erfenissen uit het verleden, en het wegnemen van milieuproblemen die worden veroorzaakt door de huidige produktie- en consumptieprocessen, nog vele tientallen jaren de aandacht opeisen. Dan spreken we alleen nog maar over de westerse industrielanden, waar in principe de technologische kennis en de middelen aanwezig zijn om deze erfenissen aan te pakken. In Midden- en Oost-Europa en in de ontwikkelingslanden zal de aanpak van deze problematiek nog veel meer tijd en inspanning vergen.

Uitgaande van deze ontwikkelingen wil ik de milieutechnoloog als volgt karakteriseren.

- Hij zal in bedrijven moeten kunnen fungeren als brug tussen de procestchnoloog en de algemeen milieukundige. De milieutechnoloog moet een volwaardige gesprekspartner zijn van de procestchnoloog, en tezamen met deze oplossingen voor milieuproblemen kunnen ontwikkelen.
- Hij zal sterk toepassingsgericht moeten kunnen denken.
- Op basis van wetenschappelijke kennis en ervaring zal hij uit een groot aantal potentiële oplossingen de meest optimale moeten kiezen. Daarbij zal hij ook rekening moeten houden met maatschappelijke en economische randvoorwaarden.
- Hij zal oog moeten hebben voor eenvoudige, voor de hand liggende technische of organisatorische ingrepen die tot een oplossing van een milieuprobleem kunnen leiden. Het is verbazingwekkend hoe een milieuprobleem vaak met behulp van simpele maatregelen, zoals bijvoorbeeld "good

housekeeping", kan worden opgelost.

- Bij het zoeken naar oplossingen zal de milieutechnoloog bepaalde knelpunten moeten omzeilen of uit de weg ruimen. Ik wil er enkele noemen:

- * Vaak is er een gebrek aan gegevens en achtergrondinformatie. Bij bodemverontreiniging bijvoorbeeld, is de aard en herkomst van de verontreiniging en de verspreiding van de verontreiniging in het bodempakket soms slechts summier bekend, terwijl er toch de noodzaak is voor een sanering op korte termijn.
- * De konsekwenties van de verschillende alternatieven kunnen niet altijd van tevoren volledig in kaart worden gebracht. Een voorbeeld is industriële mestverwerking. In hoeverre mestverwerking succesvol kan zijn bij de aanpak van de mestoverschotten, hangt niet alleen af van technische factoren, maar ook van de afzetmogelijkheden van produkten van mestverwerking. De technische aspecten van de diverse typen verwerkingssystemen zijn nog redelijk te overzien, de afzetmogelijkheden van de producten veel minder. Deze laatste kunnen pas goed worden gekwantificeerd als industriële mestverwerking op voldoende grote schaal in de praktijk wordt toegepast.
- * Meestal kost een milieumaatregel geld. Daar tegenover staan opbrengsten in de vorm van energie en produkten die kunnen worden hergebruikt. Ook het herstel van het milieu en het voorkómen van milieuvervuiling kan als een vorm van opbrengst worden gezien. Vaak zijn deze opbrengsten echter moeilijk te kwanti-

ficeren of op korte termijn niet realiseerbaar. Wat een maatregel mag kosten wordt ook bepaald door maatschappelijke en politieke ontwikkelingen. Deze kunnen vaak moeilijk worden voorspeld.

Het voorafgaande leidt tot de conclusie dat een brede, geïntegreerde benadering van een milieuprobleem van wezenlijk belang is. Vanuit die invalshoek zal de opleiding tot milieutechnoloog dan ook inhoud moeten krijgen. Concreet betekent dit naar mijn mening dat het onderwijs gebaseerd moet zijn op twee peilers. De eerste peiler is een *brede algemene kennis van milieukunde*, zowel in natuurwetenschappelijk als in sociaalwetenschappelijk opzicht. Binnen de studierichting Milieuhygiëne, zoals we die kennen aan de Landbouwniversiteit, is die basis uitstekend gewaarborgd.

De tweede peiler is een *diepgaande proces-technologische kennis*. De basisprincipes hiervan worden voor een belangrijk deel door andere vakgroepen binnen de Landbouwniversiteit aangedragen. Daarbij wordt gedacht aan onderwijs-elementen zoals fysische transport- en overdrachtsprocessen, proceskunde, bioprocestechnologie en meet- en regelsystemen.

Voor een deel zal deze kennis, maar dan specifiek milieutechnologisch georiënteerd, door de Vakgroep Milieutechnologie zelf worden aangedragen.

Het onderzoek op het gebied van de milieutechnologie

Een opleiding tot milieutechnoloog vraagt niet alleen een goed en evenwichtig onderwijsprogramma, maar moet ook gedragen worden door wetenschappelijk

onderzoek. Op dit onderzoek wil ik nu nader ingaan.

De milieutechnologie houdt zich bezig met processen, die gericht zijn op het oplossen van bestaande en het voorkómen van nieuwe milieuproblemen. Bij het oplossen van bestaande milieuproblemen gaat het daarbij in het algemeen om het behandelen van afvalstromen, waarin componenten aanwezig zijn die een bedreiging vormen voor mens en milieu. Deze behandeling komt er op neer dat de verontreiniging uit de afvalstroom wordt verwijderd, geconcentreerd, en daarna eventueel verder wordt verwerkt. De verontreiniging kan ook langs microbiologische of chemische weg worden omgezet in verbindingen die geen bedreiging meer zijn voor het milieu.

Verwijderings- en concentreringsprocessen zijn in het algemeen van fysische aard en laten de verontreiniging als zodanig intact. Hierbij moet echter niet uit het oog worden verloren dat componenten, die aanwezig zijn in lage concentraties, b.v. koperionen in de Rijn, een milieuverontreiniging vormen, terwijl koperionen in geconcentreerde vorm als een waardevolle grondstof voor de produktie van koper en koperzouten kan worden beschouwd.

Ten opzichte van chemische omzettingsprocessen hebben microbiologische omzettingsprocessen voor- en nadelen. Als voordelen kunnen worden genoemd:

- Microbiologische omzettingsprocessen, die in de milieutechnologie worden toegepast, zijn vaak onderdelen van natuurlijke kringloopprocessen. De werking en de optimalisatie ervan kan afgekeken worden van de natuur.
- Omdat microbiologische processen bij lage

temperatuur plaats vinden, is de kans op vorming van toxische neven- of tussenprodukten geringer dan bij chemische conversieprocessen.

- Met behulp van microbiologische conversieprocessen kunnen vaak op eenvoudige wijze zeer specifieke en waardevolle produkten uit afvalstoffen worden verkregen. Voorbeelden zijn de winning van biogas, aminozuren en eiwitten uit afvalwater.

Naast deze voordelen zijn er ook nadelen verbonden aan microbiologische omzettingsprocessen. Als belangrijkste wil ik noemen:

- Het is noodzakelijk dat er een waterfase aanwezig is. Dit kan soms aanleiding geven tot het ontstaan van afvalwaterstromen.
- Voor het opstarten van microbiologische omzettingsprocessen zijn soms lange adaptatietijden nodig.
- De microbiologische omzettingssnelheid is meestal laag, hetgeen toepassing van grote reactoren noodzakelijk maakt.
- Microbiologische omzettingsprocessen zijn vaak gevoelig voor verstoringen.
- Een microbiologische omzetting van een verontreiniging is lang niet altijd mogelijk.
- Microbiologische omzettingsprocessen moeten altijd gecombineerd worden met een fysische of chemische voorbehandeling of nabehandeling.

Voor het oplossen van milieuproblemen zijn meestal meerdere typen technologie nodig, die in combinatie met elkaar moeten worden toegepast. Dit zal ook in het onderzoek van de Vakgroep Milieutechnologie tot uiting moeten komen.

De Vakgroep Milieutechnologie heeft een lange periode gekend waarin het onderzoek zich concentreerde op de waterzuivering en met name op de microbiologische processen die bij waterzuivering worden toegepast. Op deze kennis en expertise, waarmee de Landbouwniversiteit nationaal en internationaal reeds naam gemaakt heeft, willen we voortbouwen bij de verdere ontwikkeling van ons milieutechnologische onderzoeksprogramma. Dat programma willen we ontwikkelen mede in samenwerking met andere vakgroepen van de Landbouwniversiteit. In dat verband wil ik, zonder de schijn van volledigheid te wekken, o.a. noemen Bodemkunde en plantevoeding, Microbiologie, Levensmiddelen-technologie, Luchthygiëne en luchtverontreiniging, en Agrotechniek en agrofysica. Bundeling van kennis en expertise kan leiden tot een sterke landelijke en wellicht ook internationale positie. Niet alleen wat betreft het oplossen en het voorkómen van milieuproblemen in de agrarische sector, maar ook ten dienste van de niet-agrarische sectoren. Bij de invulling van het onderzoeksprogramma zal uiteraard ook gekeken worden naar de ernst van de milieuproblemen waarmee Nederland wordt geconfronteerd en de prioriteiten die daaraan gesteld worden vanuit politiek en samenleving.

Ik kom dan nu tot de hoofdthema's van ons onderzoeksprogramma:

Het eerste onderzoeksthema dat ik wil noemen, is de verwijdering van fosfor- en stikstofverbindingen uit stedelijk afvalwater. Voortbouwend op de huidige expertise, zal aandacht worden besteed aan de ontwikkeling van technieken voor gelijktijdige verwijdering

van fosfor- en stikstofbevattende componenten en de toepassing van fysisch/chemische processen in combinatie met microbiologische processen.

Een interessant onderwerp is ook het gedrag van milieuvreemde verbindingen, xenobiotica, bij de zuivering van stedelijk afvalwater. De proeflokatie die in Bennekom beschikbaar is voor onderzoek op semi-technische schaal naar de zuivering van stedelijk afvalwater, biedt een unieke mogelijkheid om ook op dit terrein tot een volwaardig onderzoeksspeerpunt te komen. Deze proeflokatie geeft verder ook mogelijkheden voor grootschalig onderzoek op het gebied van mestverwerking, afvalverwerking en bodemreiniging.

Een tweede onderzoeksspeerpunt is de ontwikkeling van de zwavelkringloop voor de verwijdering van sulfaat en zwavelwaterstof uit afvalwater en de mobilisatie van zware metalen die aanwezig zijn in afvalstoffen, verontreinigde grond en waterbodems. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zwavelreducerende en zwaveloxiderende micro-organismen. Kennis op dit gebied is reeds opgebouwd binnen de vakgroep, met name binnen de Leerstoel Anaërobe Zuivering.

Als derde onderzoeksthema wil ik noemen de verdere ontwikkeling van biofilmprocessen, d.w.z. processen met een hoge volume-concentratie aan bacteriën. Met name zal aandacht worden besteed aan de microbiologische afbraak van milieuvreemde stoffen, zonodig in combinatie met fysisch-chemische voorbehandelingsmethoden.

Een vierde speerpunt van onderzoek is de ontwikkeling van microbiologische omzettingen met behulp van schimmels. Hierbij wordt o.a. gedacht aan

de afbraak van milieuvreemde stoffen en hoogmoleculaire polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Het ligt in de bedoeling om dit onderzoeksthema, dat voor een belangrijk deel fundamenteel van aard is, in samenwerking met de sectie Industriële Microbiologie uit te voeren.

Een vijfde hoofdthema van onderzoek is de ontwikkeling van nieuwe technieken voor reiniging van vervuilde grond en vervuilde waterbodems. Het gaat daarbij o.a. om klei- en veenachtige gronden, verontreinigd met organohalogeenvverbindingen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en zware metalen. Gedacht wordt daarbij aan de toepassing van combinaties van fysische, chemische en microbiologische methoden.

Op basis van bovenstaande thema's zal de vakgroep ook aandacht besteden aan de ontwikkeling van nieuwe en verbeterde technieken voor behandeling van afvalstoffen, zoals mest, zuiveringsslib, organische afvalstoffen, zware metalen bevattende afvalstoffen en afvalstoffen van landbouwkundige oorsprong.

Zoals u kunt constateren zijn de onderzoeksspeerpunten deels *disciplinegericht* en deels *probleemgericht*. Ik ben van mening dat dit ook een voorwaarde is voor een wetenschappelijk onderzoekprogramma waarbinnen de opleiding tot milieutechnoloog optimaal gestalte kan krijgen. Zoals u ook kunt constateren, heeft het onderzoek voor een belangrijk deel betrekking op *saneringstechnologie, toegevoegde technologie en afvalverwerkingstechnologie*. Deze technologieën zijn onontbeerlijk voor de aanpak van erfenissen uit het

verleden en de verwerking van afvalstromen die nu vrijkomen of op dit moment nog onderweg zijn. Ik verwacht dat we hier nog vele tientallen jaren mee bezig zijn. Denk b.v. alleen maar aan het probleem van de vervuilde grond. Echter ook bij deze drie typen milieutechnologie zal, naast het verwijderen van de verontreinigingen, in de toekomst steeds meer het accent komen te liggen op terugwinning van stoffen voor hergebruik, minimalisering van energieverbruik en minimalisering van de uiteindelijk te storten hoeveelheid reststoffen. Aanpak bij de bron, b.v. door gescheiden inzameling van afvalstromen, zal deze ontwikkeling kunnen stimuleren. Dit betekent dat ook deze, niet direct op preventie gerichte technologieën, steeds meer elementen van preventie gaan bevatten. Daar ligt dan ook een belangrijke uitdaging voor het onderzoek.

Milieutechnologie is per definitie een discipline die sterk op toepassing is gericht. Mede als gevolg van de complexiteit van de te behandelen afvalstromen, dreigt het onderzoek soms een te eenzijdig experimenteel karakter te krijgen. Ik ben van mening dat een verdere doorbraak in de milieutechnologie alleen kan worden bereikt, indien ook aan de modelmatige onderbouwing van behandelingsprocessen voldoende aandacht wordt besteed. Ik constateer dat dit momenteel te weinig gebeurt. Dat geldt met name voor reiniging van grond en de behandeling van afvalstoffen.

De aard en samenstelling van de afvalstromen maakt het vaak niet mogelijk de gewenste modelmatige onderbouwing rechtstreeks over te nemen van de proceskunde. Een eigen, op de praktijk gerichte ontwikkeling is nodig.

Het op toepassing gerichte karakter van de milieutechnologie maakt samenwerking met gebruikers van deze technologie onontbeerlijk.

De gebruikers kunnen daarbij worden onderscheiden in drie categorieën: probleembezitters, probleemoplossers en onderzoeksinstellingen. De Vakgroep Milieutechnologie heeft vanuit haar verleden een omvangrijk pakket extern gefinancierde onderzoeksprojecten opgebouwd. Op dit moment zijn in het zgn. derde geldstroom onderzoek ca. 20 tijdelijke medewerkers in dienst, op een vaste formatie van in totaal 15 medewerkers. Hierdoor ontstaat een zeker spanningsveld, dat in feite niet wordt veroorzaakt door de omvang, maar meer door het vaak korte-termijn-karakter van het onderzoek.

Verschuiving van een deel van het onderzoek naar basisgericht onderzoek met een lange-termijn-karakter zou zeer wenselijk zijn. Helaas zijn de geldmiddelen die de overheid en het bedrijfsleven beschikbaar stellen voor een op de lange termijn gericht milieutechnologisch onderzoek, uiterst beperkt. Zeker als men deze middelen relateert aan de enorme omvang van de problemen die nog moeten worden opgelost.

Samenwerking met ontwikkelingslanden en met Midden- en Oost-Europa

Ik hoop dat ik in het voorafgaande duidelijk heb kunnen maken dat milieutechnologie momenteel hard nodig is om het milieu te herstellen en in de toekomst tegen verdere aantasting te beschermen. De westerse industrielanden hebben in principe daarvoor de kennis en ook de financiële en technologische middelen in huis. Dit ligt duidelijk anders voor ontwikkelingslanden en voor Midden- en Oost-Europa.

Door gebrek aan kennis, infrastructuur en financiële middelen en de primaire aandacht voor de eerste levensbehoeften, is in de ontwikkelingslanden nog nauwelijks sprake van toepassing van milieutechnologie. Vanuit het rijke westen hebben we de mogelijkheden maar ook de plicht om deze landen te helpen hun milieuproblemen aan te pakken. Daarbij moet worden voorkómen dat dezelfde fouten worden gemaakt die in het verleden in de westerse industrielanden zijn gemaakt. Daarvoor is niet alleen technologische kennis nodig, maar ook inzicht in politieke, economische en maatschappelijke verhoudingen. Tezamen met anderen kan de Vakgroep Milieutechnologie op bescheiden wijze een bijdrage leveren. Ik denk daarbij aan het uitwisselen van studenten, het opzetten van speciale onderwijsprogramma's alsmede aan de opzet en de uitvoering van speciale onderzoeksprojekten. Vanuit de Leerstoel Anaërobe Zuivering bij de vakgroep gebeurt dat ook reeds voor het gebied van de waterzuivering. Uitbreiding naar de andere milieucompartimenten - bodem, lucht en afvalstoffen - zou wenselijk zijn. Een wezenlijk knelpunt is ook hier weer het gebrek aan financiële middelen. Zonder extra financiën kan een zinvol onderzoeks- en parallel lopend onderwijsprogramma op het gebied van de milieutechnologie in ontwikkelingslanden niet worden opgebouwd.

Een uitdaging voor de milieutechnologie ligt er ook in Midden- en Oost-Europa. Ook hier kan de vakgroep door het uitwisselen van studenten en docenten, en het opzetten van speciale onderwijsprogramma's, een bijdrage leveren aan de oplossing van milieuproblemen. Dit komt ook het milieu in ons land

ten goede. Verspreiding van milieuverontreiniging is immers niet gebonden aan grenzen.

Dames en heren, geachte toehoorders,

Langzaam maar zeker nader ik het einde van mijn voordracht.

Als titel van deze voordracht heb ik gekozen: "Milieu en technologie, een schijnbare tegenstelling". Wat ik beoogde aan te geven, is dat de tegenstelling tussen milieu en technologie inderdaad maar schijnbaar is en dat in feite de mens zelf bepaalt of hij technologie al of niet ten dienste van het milieu wenst in te zetten. Willen we het milieu redden en verdere aantasting ervan voorkómen, dan is toepassing van milieutechnologie onontbeerlijk, zowel in de rijke westerse landen als in Midden- en Oost-Europa en in de ontwikkelingslanden. Het begrip milieutechnologie moet hierbij in een zeer breed perspectief worden gezien met als algemeen uitgangspunt de inzet van technologie ter bescherming van het milieu. Vóór ons ligt een geweldige uitdaging die ook het gevaar inhoudt van het maken van verkeerde keuzes. En keuzes moeten er ongetwijfeld worden gemaakt, gezien de financiële begrenzingen die er nu eenmaal zijn. Een verkeerde keuze zou b.v. zijn als we alles op de kaart van preventie zouden zetten en voorbij zouden gaan aan de problemen die reeds zijn ontstaan en dringend op korte termijn om een oplossing vragen. Omgekeerd zal een eenzijdige aandacht voor korte-termijn-oplossingen van milieuproblemen, niet kunnen leiden tot het uiteindelijke doel waar we naar streven met het milieu: het tot stand brengen van duurzame oplossingen.

De keuzes, die bij toepassing van milieutechnologie moeten worden gemaakt, zijn niet alleen van technische maar ook van maatschappelijke aard. De ontwikkeling en de toepassing van milieutechnologie is dan ook niet - zoals zo vaak wordt beweerd - uitsluitend een technische zaak maar zal gedragen moeten worden door de samenleving.

Geachte leden van het College van Bestuur, leden van de Universiteitsraad, leden van de Benoemingsadviescommissie,

Ik wil u gaarne dank zeggen voor het vertrouwen dat u in mij hebt gesteld door mij op deze leerstoel te benoemen. Ik zal er naar streven dit vertrouwen ook waar te maken. De uitdaging om mede gestalte te geven aan de Vakgroep Milieutechnologie, zowel binnen als buiten de Landbouwniversiteit, spreekt me zeer aan.

Mijn interesse voor de technologie werd vooral gewekt tijdens mijn studie aan de Technische Universiteit Eindhoven. Ik had daar het voorrecht colleges te kunnen volgen en af te kunnen studeren op het gebied van de fysische technologie en de proceskunde bij prof.dr. Kees Rietema. Van hem heb ik veel geleerd over de theoretische onderbouwing van dit vak.

Na mijn afstuderen ben ik gedurende zeven jaar medewerker geweest van prof.dr.ir. Hans Thijssen, die ons helaas veel te vroeg is overleden. Van hem heb ik vooral twee dingen geleerd: enthousiasme voor het vak en de praktische toepasbaarheid ervan.

Mijn interesse voor het milieu en daarbinnen, voor de milieutechnologie, is ontstaan bij TNO. Daarbij wil ik met name noemen prof. Joep Colon. Helaas is ook hij, kort na zijn benoeming als hoogleraar aan de Technische Universiteit Eindhoven, overleden. Veel heb ik van hem geleerd over de aanpak van het onderzoek op het gebied van de milieutechnologie en de toepassing van de milieutechnologie voor het oplossen van praktische problemen.

Oud collega's van TNO,

Met genoegen kijk ik terug naar mijn periode bij TNO. Ik heb met veel plezier met jullie kunnen samenwerken. Dit heeft mij de mogelijkheid gegeven op een breed terrein van de milieutechnologie kennis en ervaring op te doen. De directie van TNO en mijn directe chefs ben ik dankbaar voor de vrijheid en ruimte, ook in financieel opzicht, die men mij heeft geboden om vernieuwend onderzoek uit te kunnen voeren. Ook mijn vroegere medewerkers ben ik dankbaar voor de zeer hechte samenwerking die ik heb ervaren. Jullie enthousiasme voor nieuwe ideeën was vaak de motor om tot nieuwe processen en ontwikkelingen te komen. Ik streef er naar de samenwerking tussen de Vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwniversiteit en de afdeling Milieutechnologie van TNO in de toekomst verder uit te breiden.

Medewerkers van de Vakgroep Milieutechnologie,

Ook jullie wil ik van harte dank zeggen voor het vertrouwen dat jullie in mij hebben uitgesproken bij

mijn benoeming. Twee jaar geleden was de Landbouwniversiteit en de Vakgroep voor mij nog betrekkelijk onbekend. Weliswaar had ik reeds een concrete visie voor ogen over de richting waarin zowel onderwijs als onderzoek op het gebied van de milieutechnologie zich zouden moeten ontwikkelen, maar ik had echter nog geen idee in hoeverre deze visie binnen de vakgroep gerealiseerd zou kunnen worden.

De afgelopen jaren heb ik velen van jullie persoonlijk leren kennen. Ik heb geconstateerd dat jullie een zeer enthousiaste groep zijn. Dat verheugt me en stemt me optimistisch voor de toekomst. We staan de komende jaren voor de uitdaging om op het gebied van de milieutechnologie ons eigen gezicht te ontwikkelen. Bundeling van expertise en versterking van de onderlinge samenwerking, met name gericht op het ontwikkelen van nieuwe speerpunten, is daarbij een essentiële factor. Daaraan zullen we gezamenlijk moeten werken met inbreng van allen. Dit geldt niet alleen voor het onderzoek, maar geldt evenzeer voor het onderwijs op het gebied van de milieutechnologie. Ik constateer dat die bereidheid bij jullie aanwezig is en dat stemt me hoopvol.

Dames en heren studenten,

U bent een van de laatsten tot wie ik het woord richt. Dat wil niet zeggen dat u het minst belangrijk bent. Integendeel, zowel het onderwijs als het onderzoek dat de vakgroep verzorgt, zijn er primair voor u. Aan uw belangstelling ontleent de vakgroep haar bestaansrecht.

De technologie heeft, wat het milieu betreft, lange tijd

in een ongunstig daglicht gestaan. Oplossingen voor milieuproblemen, die aangedragen worden vanuit een technologische invalshoek, werden altijd en worden nog steeds kritisch bekeken, met name door jullie. Ik hoop dat dit zo blijft.

Ik hoop dat ik duidelijk heb kunnen maken wat de mogelijkheden, maar ook de beperkingen zijn van de milieutechnologie als oplossing voor milieuproblemen. Technologie is in onze maatschappij niet meer weg te denken. Het is een geweldige uitdaging de technologie zodanig te ontwikkelen en in te zetten dat het milieu gespaard blijft en zelfs hersteld kan worden.

Milieutechnologen vervullen daarbij een sleutelrol. Niet alleen in onze maatschappij maar ook in ontwikkelingslanden en in Midden- en Oost-Europa. De Landbouwuniversiteit Wageningen heeft daarbij de unieke mogelijkheid milieutechnologen op te kunnen leiden die niet alleen technologisch georiënteerd zijn maar tevens uitgebreide kennis hebben van de overige natuurwetenschappelijke en maatschappelijke aspecten van het gehele gebied van de milieukunde.

Tot slot wil ik een speciaal woord van dank richten tot mijn familie.

Mijn dank gaat uit naar mijn ouders, die me gestimuleerd hebben om te gaan studeren, en mijn overige familieleden, waar ik altijd een beroep op kan doen. In het bijzonder gaat mijn dank ook uit naar mijn gezin. Mijn vrouw Riet, en mijn kinderen Paul en Anneriëtte. Ik heb van jullie altijd de ruimte gekregen om veel tijd te investeren in mijn werk. Vooral in de drukke periode sinds mijn benoeming

aan de Landbouwniversiteit heb ik veel steun van
jullie ervaren.

*Dames en heren, geachte aanwezigen, ik dank u voor
uw aandacht.*