

## Innovatie, preventief milieubeheer en schonere technologie.

Tot nu toe wordt in ons land milieuvervuiling vrijwel uitsluitend bestreden door toepassing van specifieke 'milieutechnologie' gericht op het verwijderen en zoveel mogelijk onschadelijk maken van schadelijke stoffen uit de afval- en emissiestromen<sup>1</sup>. Men spreekt ook wel over 'schoonmaaktechnologie'. Wat betreft de toepassingen in de industrie gaat het in hoofdzaak om zuiveringsapparatuur die aan het produktieproces wordt toegevoegd ('end-of-pipe' technologie'). Dat proces zelf wordt niet gewijzigd.

Om de milieuvervuiling door de huidige industriële produktie verder te kunnen terugdringen is innovatie op een drietal terreinen van belang:

- 1 innovatie in milieutechnologie (met name afvalverwerking en zuivering);
- 2 procesinnovatie in de richting van schonere technieken;
- 3 produktinnovatie gericht op meer milieuvriendelijke produkten.

In dit artikel zullen wij produktinnovatie onbesproken laten. Wij beperken ons tot de mogelijkheden die technologische ontwikkeling kan bieden om de vervuiling in het produktieproces zelf terug te dringen. De relevantie is groot, mede omdat de belangrijkste vervuilende sectoren zonder enige twijfel een blijvende betekenis zullen hebben<sup>2</sup>.

Aan innovatie op het gebied van 'milieutechnologie' wordt steeds meer waarde gehecht teneinde de effectiviteit en efficiency van het milieubeheer te verhogen en opgebouwde knowhow te verzilveren op exportmarkten. In het eerste deel van dit artikel bespreken we de economische en ekologische risico's van een dergelijke aanpak

\* Dit artikel is een sterk herziene versie van een paper gepresenteerd op het kongres 'Environmental Policy in a Market Economy', Wageningen 8-11 sept. 1987. De auteurs zijn werkzaam bij resp. de Wiardi Beckman Stichting Amsterdam, en de Studiegroep Milieu en Economie van het Landelijk Milieu Overleg, Utrecht.

1 Op dit moment gaat zo'n 70% van de jaarlijkse kosten van alle vormen van milieubeheer van overheid en industrie op alleen al aan het thema 'verwijdering' van afval. Het gaat daarbij om waterzuivering, afvalverwerking, riolering,

bodemsanering (IMP 1986-90, blz. 144). Uitgaven voor de overige thema's (verzuring, vermisting, verspreiding en verstoring door lawaai, stank en stof) gaan eveneens grotendeels op aan een 'kuraatieve' aanpak. Deze vorm van milieubeheer duidt men in het angelsaxisch taalgebied dan ook meer toepasselijk aan met 'pollution control' of 'waste management'.

2 Betekenis in termen van absolute en toenemende hoeveelheden fysieke produktie. Vgl. chemie, staal, voedingsmiddelen-industrie, landbouw.

die te eenzijdig op toegevoegde zuivering is gericht. De effectiviteit van toegevoegde zuivering laat nogal te wensen over, en kosten lopen op. Dat vormt een barrière om tot een scherper milieubeleid te komen, hoewel dat laatste ook economisch van belang is omdat de schade die wordt aangericht door industriële vervuiling toeneemt. Het is dan ook van het grootste belang om na te gaan hoe de efficiëntie en effectiviteit van het milieubeheer in de industrie verhoogd kan worden.

In het tweede deel trachten we aan te tonen dat de mogelijkheden voor de ontwikkeling van schonere technologie en meer preventie groot zijn, en vele kansen bieden om 'ekologie' en 'economie' meer met elkaar te verzoenen. Een preventief milieubeheer komt slechts aarzeland van de grond.

In het derde deel gaan we na welke belemmeringen daar een rol bij spelen, en onderzoeken we de mogelijkheden om de ontwikkelingen op dit gebied te ondersteunen en in een stroomversnelling te brengen. Het blijkt dat het voor de overheid buitengewoon lastig is om de kloof tussen wat mogelijk is en wat feitelijk gebeurt te (laten) dichten. De impulsen zullen uit de industrie zelf voort moeten komen. Ook werknemers hebben hier belang bij want het gaat mede om het behoud van werkgelegenheid op langere termijn door een tijdige 'ekologische' modernisering van de industrie.

## **1 Schoonmaaktechnologie: een doodlopende weg?**

---

### **1.1 De beperkingen van toegevoegde zuiveringstechnologie**

Bedrijven worden de laatste twintig jaar steeds meer gekonfronteerd met milieu-eisen. Vooral door ge- en verboden werd afgedwongen dat men vaak op vrij korte termijn een reductie van emissies realiseerde. Het lag voor de hand om een beroep te doen op zuiveringstechnieken teneinde de vereiste vergunning te verkrijgen. Installatie van toegevoegde apparatuur brengt immers de continuïteit van de productie niet in gevaar, en er hoeven geen nieuwe produktietechnieken ontwikkeld en geïnstalleerd te worden met alle risico's van dien. Het afzonderlijk produceren van zuiveringsapparatuur is bovendien een vorm van arbeidsdeling die standaardisatie, en dus 'economies of scale' en een relatief lage prijs per zuiveringsinstallatie mogelijk zou kunnen maken.

De voordelen van toegevoegde zuivering worden echter overschat. Heeft een bedrijf eenmaal dergelijke installaties in gebruik gesteld dan kunnen in een latere fase de kosten van zuivering gaan oplopen. In de loop van de tijd nemen immers emissies vaak toe door opvoering van productie, variatie in aantal en samenstelling van de geproduceerde produkten, veroudering van het productie-apparaat, en dergelijke. Dan dreigt intrekking van de vergunning tenzij er extra voorzieningen worden getroffen. Extra zuiveringscapaciteit of een hogere zuiveringsgraad is nodig en de kosten nemen dan in de

regel zeer sterk toe. Een hogere graad van zuivering vereist bij bestaande installaties over het algemeen een lagere doorvoer, meer energie en gebruik van meer detoxifikanten.

Zolang de produktie van schadelijke stoffen in de industrie toeneemt moet de zuiveringscapaciteit verhoogd worden om de jaarlijkse uitstoot in ons land louter op het zelfde peil te houden. De nu resterende uitstoot van schadelijke stoffen is echter bij de huidige kennis omtrent de milieu-effecten al veel te hoog. Bovendien worden de schadelijke gevolgen van langdurige belasting van het milieu beter zichtbaar, en nemen de inzichten in milieu-effecten toe. Er zal dus niet te ontkomen zijn aan verscherping van milieu-eisen en uitbreiding van het aantal gereguleerde stoffen<sup>3</sup>.

De doelmatigheid van milieuvoorzieningen is gebaat bij een specifieke aanpassing aan het eigenlijke produktieproces. Veel milieuvoorzieningen moeten dus min of meer op maat van het vervuulende bedrijf worden gemaakt (Frank en Swarte 1986, p.9, 14). Bij scherpere milieu-eisen en voortgaande veranderingen in het eigenlijke produktieproces (dat ook deels complexer wordt), is het daarom te verwachten dat aan nieuwe milieuvoorzieningen steeds meer specifieke eisen gesteld moeten worden hetgeen standaardisatie belemmert. Bij een gegeven stand van techniek gaan de milieukosten voor de industrie dus aanzienlijk, zo niet exponentieel, omhoog (zie ter illustratie de appendix) indien men althans de milieuaantasting verder wenst terug te dringen.

Als men de efficiency van toegevoegde zuivering beoordeelt zijn ook de indirecte kosten van belang zoals de kosten van procedures bij de vergunningverlening en administratie van het milieubeheer zelf (Office of Technology Assessment 1986; L.Greng, A.d.Little 1985). De mogelijkheid van nieuwe milieu-eisen verhoogt de onzekerheid bij nieuwe investeringsplannen, en procedures van vergunningverlening kunnen de uitvoering van investeringsplannen vertragen.

### **Gebrekkige effectiviteit**

De mate waarin men erin geslaagd is om de totale emissie van een stof terug te dringen middels zuivering kan gemeten worden door de verhouding tussen de na zuivering nog resterende (= netto) emissies en de aanvankelijke uitstoot (= bruto). Tabel 1 geeft enkele cijfers op dit punt voor enkele notoire probleemstoffen.

De geïnstalleerde capaciteit om vervuiling van het oppervlaktewater terug te dringen is sinds het begin van de jaren '70 sterk toegenomen. Maar de verhouding tussen de netto en bruto emissies is bij

---

3 Regulering en normstelling werd in het verleden vooral gemotiveerd door overwegingen van gezondheidszorg (bescherming tegen effecten van directe blootstelling. Ekologische effecten van accumulatie in het milieu waren nauwe-

lijks bekend. Vgl. de redelijk succesvolle smogbestrijding in de Rijnmond begin jaren '70 en de sindsdien gebleken effecten van zure regen op de bossen en de bodem.

zware metalen nauwelijks gedaald. Bij zuurstofbindende stoffen is dat veel gunstiger.

De sterke toename van de milieu-investeringen voor bestrijding van luchtvervuiling heeft niet verhinderd dat de resterende emissies van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> tot 1980 verder toenamen; daarna is de emissie van SO<sub>2</sub> sterk gedaald, maar die van NO<sub>x</sub> nauwelijks.

**Tabel 1** *milieu-investeringen in de industrie en het vermogen tot terugdringing van emissies, 1975-82 (geïndexeerd, 1980 = 100)*

	1972-74	1975	1977-79	1980	1980-82	1982	1984
<b>water:</b>							
milieu-investeringen in de industrie	36 p.j.	-	100 p.j.	-	86 p.j.	-	-
- netto/bruto lozingen metalen/ton	-	93	-	100	-	83	-
- idem zuurstofbindende stoffen	-	270	-	100	-	75	-
<b>lucht:</b>							
milieu-investeringen (vuurhaarden)	86 p.j.	-	100 p.j.	-	230 p.j.	-	-
- SO <sub>2</sub>	-	85	-	100	-	84	53
- NO <sub>x</sub>	-	86	-	100	-	92	92

**Bron:** Algemene Milieustatistiek 83-85, tabl.11.03;10.01, 10.02; 10.04 (eigen berekeningen)

Voor uitstoot van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> zijn overigens alleen gegevens beschikbaar over de netto-emissies. Bij de afname van deze emissies speelden ook andere factoren een rol zoals de voortgaande energiebesparing, voorbereiding van brandstoffen, gebruik van het schone aardgas, en efficiëntere technieken om energie op te wekken. De effectiviteit van zuivering verschilt per stof dus aanzienlijk, en de sterk uitgebreide zuiveringscapaciteit heeft slechts partiële resultaten opgeleverd. Ook veel diffuse emissies zoals koolwaterstoffen kunnen op dit moment alleen tegen hoge kosten middels zuivering verminderd worden. Daar komt bij dat de resultaten van zuivering in een aantal gevallen bedriegelijk zijn. De na zuivering geïsoleerde en gekoncentreerde stoffen moeten (elders) gestort en/of verwerkt worden (vergelijk de problemen met zuiveringsslib dat steeds minder in de landbouw gebruikt kan worden). Voor de samenleving als geheel kan in die gevallen bezwaarlijk van grote effectiviteit en efficiënte aanpak gesproken worden.

#### **Zuiveringscapaciteit en innovatie**

Twee factoren zijn van belang om betere resultaten te krijgen met zuivering: innovatie opdat de technieken effectiever en/of efficiënter worden, en uitbreiding van de capaciteit door investeringen zodat bij zoveel mogelijk bronnen zuivering wordt toegepast. Efficiëntere technieken maken zuivering goedkoper en dus kan er meer bestrijding van vervuiling plaatsvinden tegen gelijkblijvende

kosten. Effectievere technieken maken het mogelijk om schadelijke stoffen uit emissies te verwijderen waar dat tot nu toe niet of slechts in beperkte mate lukte. Om deze mogelijkheden die innovatie bieden ook te realiseren zal er echter wel geïnvesteerd moeten worden. Of de kostenstijging door innovatie afgeremd kan worden hangt dan af van twee zaken: enerzijds de mate waarin uitbreiding van de capaciteit noodzakelijk geacht wordt, en anderzijds de mate waarin de efficiency stijgt.

Uitspraken hierover vereisen inzicht in de dynamiek van innovatie in de milieutechnologie<sup>4</sup>. Het beeld voor de nabije toekomst blijkt dan niet wezenlijk te verschillen van de ervaringen in de afgelopen periode. Voor sommige stoffen bieden nieuwe inventies belangrijke perspectieven maar is er nauwelijks inzicht in de kosten van toepassing; in andere gevallen kan de efficiency waarschijnlijk belangrijk verhoogd worden, en tenslotte blijven er probleemstoffen waarvoor voorlopig nog geen effectieve zuiveringstechnieken zijn gevonden. Het is dan ook waarschijnlijk dat bij een aanscherping van milieubeleid de kosten in specifieke bedrijfstakken ook bij een behoorlijke innovatie in zuiveringstechnieken verder zullen gaan oplopen.

## 1.2 Milieukosten en milieuschade

Makro-ekonomische studies die in een aantal landen zijn verricht wekken de indruk dat de ekonomische effecten van milieubeleid weinig om het lijf hebben. Op korte termijn dragen milieu-investeringen bij aan ekonomische groei. Als de impuls is uitgewerkt maar de negatieve effecten van milieueisen zich nog wel doen gelden zou het BNP ergens tussen de 0%-1% per jaar lager zijn dan het geval zou zijn geweest zonder milieubeleid. Dit geringe negatieve effect geldt overigens alleen indien men veronderstelt dat de milieuaantasting de produktie en produktiviteit in de ekonomie niet negatief beïnvloedt<sup>5</sup>.

De belangrijkste vrucht van deze studies is het besef dat milieubehoud en werkgelegenheid elkaar niet bijten dankzij de werkgelegenheid in de milieuproduktiesektor en de multiplier-effecten van de milieuitgaven (OECD 1985a, blz. 9-24; 61-101). Zelfs een verscherping van milieueisen op enkele gebieden (waaronder de bestrijding van zure regen) zou groei en werkgelegenheid niet echt in gevaar brengen, al zouden enkele bedrijfstakken ongetwijfeld meer in de problemen komen (WRR 1987, blz. 67-79). Deze resultaten zijn eigenlijk niet verwonderlijk want de totale kosten van milieubeleid bedragen inklusief de hele afvalinzameling en riolering nu zo'n 1% van het BNP (rond f 1,- per persoon per dag).

De reële betekenis van de modelberekeningen voor de materiële

4 De resultaten van een studie hiernaar zullen dit najaar gepubliceerd worden in een rapport ten behoeve van het Landelijk Milieu Overleg.

5 Deze veronderstelling moet men in

makro-modelstudies wel maken omdat een dergelijke relatie in feite niet in kwantitatieve parameters kan worden uitgedrukt, en per bedrijf(stak) een zeer verschillend belang heeft.

welvaart is echter minder duidelijk. De effecten op groei en inkomen lijken gering, maar kwantitatieve modelstudies op dit abstractieniveau laten veel buiten beschouwing. De produktie van zuiveringsapparatuur heeft een relatief geringe technologische spin-off, en draagt alleen bij aan een toename van de materiële welvaart indien er een positief export-saldo is<sup>6</sup>. Het gaat om 'defensieve' uitgaven die in de statistische berekening van het Nationaal Inkomen (vooral waar het gaat om overheidsvoorzieningen) een welvaarts-toename suggereren hoewel het hun functie is om achteruitgang in componenten van die welvaart te voorkomen - voorzover dat lukt. Oplopende kosten van milieubeleid vormen de prijs die helaas voor materiele welvaart betaald moet worden. Maar er is veel meer aan de hand.

### **Kosten van doorgaande milieu-aantasting**

Men zou een beter beeld krijgen van de economische betekenis van het milieubeleid als de dankzij dat beleid vermeden of herstelde schade in de berekeningen opgenomen zouden kunnen worden. De gegevens daarvoor ontbreken echter. Meer inzicht is er in de omvang van de niet vermeden schade. Deze neemt ondanks het milieubeleid nog altijd toe. Veel schade kan niet in geld worden gewaardeerd, maar voorzover dat kan blijkt uit recente studies dat die schade jaarlijks (veel) hoger is dan de nu reeds voor milieubehoud gemaakte kosten.

In het Indikatief Milieu Programma 1986-90 is een zeer voorzichtigte indicatie te vinden. Men komt zelfs dan op een totaal van 0,5-1% van het BNP per jaar, uitgaande van de huidige schade en gegeven trends. Een flink aantal posten bleef daarbij buiten beschouwing vanwege nog ontbrekende gegevens of vanwege de onmogelijkheid om de schade in geld uit te drukken. Leipert (1987) komt na jaren studie voor de BRD (waar de totale milieukosten 1,2% van BNP bedragen) op een schade van rond de 2% van het BNP, nog zonder rekening te houden met die kosten van gezondheidszorg die met milieuverontreiniging samenhangen (dat aandeel schat hij eveneens op 2% van het BNP). Wicke (1986) komt voor de BRD ook uit op een financiële schade door gederfde inkomsten en noodzakelijke extra uitgaven van zo'n 2% van het BNP. Rekening houdend met veel dubieuzere berekeningen zoals de in geld uitgedrukte waardering van schone lucht (bereidheid tot betalen) en het verlies van woonkwaliteit als gevolg van lawaai komt hij zelfs op zo'n 6% van het BNP. Beide auteurs klamen dat zij van minimumschattingen zijn uitgegaan, bij beide studies moesten een aantal financiële schadeposten wegens gebrek aan gegevens buiten beschouwing blij-

---

6 Deze opmerkingen doen overigens niets af aan het belang van deze uitgaven voor de bevrediging van behoefte aan behoud van natuur en milieu. Tot

deze defensieve uitgaven moeten eigenlijk nog veel meer bestedingen gerekend worden: zie C. Leipert.

ven, en beide laten uiteraard niet kwantificeerbare schaden (bijvoorbeeld psycho-sociale schade en een aantal gevolgen van complexe ekologische processen en risico's) buiten beschouwing. De toename van negatieve economische effecten van milieuaantasting hangt samen met schade aan gezondheid; aan gebouwen, materialen, woningen en cultuurgoederen (archieven, monumenten); en aan het 'natuurlijk kapitaal' waardoor vooral in bepaalde bedrijfstakken productie- en inkomensverliezen ontstaan. Voorbeelden hiervan zijn de consequenties van erosie, verminderde bodemvruchtbaarheid en luchtverontreiniging voor de landbouwproductie; de beïnvloeding visstand en -kwaliteit; de bedreiging van de drinkwater-voorziening, de consequenties voor bosbouw en toerisme van stervende bossen, enzovoort. Accumulatie in het milieu van schadelijke stoffen speelt hier een belangrijke rol. De risico's op langere termijn van het broeikaseffect, de aantasting van de ozonlaag, uitputting van schaarse grondstoffen, erosie in de berggebieden van west- en mittereuropa, en dergelijke, zijn bij dit alles nog buiten beschouwing gelaten.

### Dilemma's

Extra milieu-inspanningen zijn dus dringend gewenst. Nogmaals, makro-economisch gezien levert dat in principe niet zo'n probleem op. Maar in specifieke bedrijfstakken lopen de kosten van milieubeheer nu al behoorlijk hoog op<sup>7</sup>, en een aantal produkten en diensten zullen dus behoorlijk in prijs moeten gaan stijgen. Milieu-ekonomen wijzen er dan op dat in een eerdere periode de allokatie van produktiefactoren uit het oogpunt van welvaart gebrekkig was vanwege een omvangrijke afwenteling van milieukosten. Die worden nu dankzij milieu-eisen tot op zekere hoogte geïnternaliseerd, en dat is uit het oogpunt van welvaart beter. Indien men bestaande vormen van werkgelegenheid laat prevaleren boven een betere allokatie kunnen de problemen in principe tijdelijk of structureel verlicht worden door nog minder dan nu al het geval is het principe toe te passen dat de vervuiler moet betalen. De overheid moet dan meer voor haar rekening nemen. Maar een verhoging van de kollektieve lastendruk is weinig populair, en herschikking van overheidsuitgaven betekent elders extra bezuinigingen. Politieke interventies die tot een duidelijk waarneembare reallokatie leiden stuiten op verzet van gevestigde en georganiseerde belangen. Het resultaat is ernaar. Het milieubeleid houdt de toenemende aantasting van het milieu niet bij. Er is dan ook alle reden om te onderzoeken of de milieuaantasting die door industriële processen veroorzaakt wordt effek-

---

<sup>7</sup> Circa 30% van de totale kosten komt voor rekening van de industrie. Het gaat gemiddeld om 2-3% van de bruto toegevoegde waarde van de industriële productie. In bepaalde bedrijfstakken kan dat (meestal tijdelijk) oplopen tot 5-7%

van de toegevoegde waarde. In de fijnchemische industrie lopen de kosten van gezondheids- en milieutesten enerzijds, en milieuvorzieningen anderzijds eveneens op tot 10-15% van de toegevoegde waarde (Engelmann).

tiever en efficiënter kan worden teruggedrongen.

## **2 De mogelijkheden van preventie en schonere technologie**

De term 'preventie' is nogal suggestief. Niemand zal betwisten dat voorkomen beter is dan genezen (als dat al kan), en soms ook veel goedkoper. Maar wat wordt bedoeld met het voorkomen van milieuproblemen? Natuurlijk, bodemsanering is een typisch voorbeeld van 'genezen', en laat zien hoe duur dat kan zijn. Toch voorkomt het verdere verontreiniging van het grondwater. Toegevoegde zuiveringsapparatuur reduceert vervuiling door uitstoot. Dat voorkomt milieuproblemen, ook al betekent het soms een verschuiving van de problemen (vergelijk zware metalen in zuiveringsslib). Minder gebruik van schadelijke stoffen en/of verlaging van de kans dat zij in het milieu terecht komen ('gesloten' kringlopen) heeft evident een preventief effect. Maar met schone(re) technologie alleen bereikt men natuurlijk ook lang niet altijd voldoende resultaat zodat zuivering van restemissies nodig is (vergelijk de combinatie van energiebesparing, wervelbedverbranding en rookgas-ontzwaveling bij de energievoorziening). Bovendien kan zuivering ook een rol spelen in kringloop-systemen. Preventie is dus relatief: het gaat om een zo vroeg mogelijke onderbreking van de keten van oorzaken-gevolgen waardoor vervuiling zoveel mogelijk voorkomen wordt. Preventie is dan niet zozeer een kwestie van de aard van de gebruikte techniek, maar van doelbewust en anticiperend gedrag.

### **2.1 Het bedrijfseconomisch belang van meer preventie**

Milieuproblemen worden over het algemeen gezien als negatieve externe effecten van de produktie (stank, lawaai, vuil water, enzovoort) die vooral een milieuprobleem vormen. Toch gaat het steeds meer om economische problemen ook voor bedrijven. Bovendien hangen externe effecten vaak samen met interne problemen zoals een minder efficiënte bedrijfsvoering.

#### **Milieu-effecten en schade aan bedrijven.**

Het begrip 'externe' effecten suggereert dat deze problemen afgewenteld worden op derden. Daaronder bevinden zich echter ook bedrijven. Deze veroorzaken op hun beurt externe effecten waar het eerste bedrijf dan weer door geraakt wordt. Zichtbaar is dit proces vooral in de agrarische sektor. Maar vaak zonder dat men zich daarvan bewust is ondervinden steeds meer ondernemingen de aantasting van het natuurlijk milieu in de vorm van snellere slijtage, aantasting van gebouwen, hogere kosten van voorzuivering van water, wegvallen van bepaalde investeringsmogelijkheden, risico's van kontaminatie van bepaalde produkten, hoger ziekteverzuim, etcetera. Bepaalde bedrijfstakken (voedingsmiddelen-industrie, bosbouw, recreatie) en regio's hebben hier meer mee te maken dan andere.

## Externe effecten en interne gebreken

Bij gegeven milieueisen wordt de behoefte aan zuivering vooral bepaald door de omvang en de wijze van gebruik van inputs<sup>8</sup>. Zelfs vanuit bedrijfseconomisch opzicht verloopt de interne gang van zaken in het bedrijf echter lang niet altijd vlekkeloos zoals blijkt uit produktieverliezen (o.m. verspilde materialen), en ongevallen (Sandoz; Bophal)<sup>9</sup>. Bij produktieverliezen kan het gaan om omvangrijke kostenposten. Kleine incidenten, mors- en verdampingsverliezen, afval, en uitval van produkten kunnen bijvoorbeeld in de metaalindustrie oplopen tot 10% van de totale toegevoegde waarde, nog exclusief de zogenaamde 'milieukosten' die specifiek verbonden zijn met emissies en afval (Winkelman). Hier is dus sprake van een samenhang met milieuproblemen die niet voldoende wordt waargenomen.

## 2.2 Schonere technologie en procesinnovaties

De ontwikkeling van schonere technologie zou met name gericht moeten zijn op (1) toenemende efficiency in grondstof/energiegebruik (procesinnovaties, design-veranderingen van produkten, hergebruik); (2) substitutieprocessen bij het gebruik van inputs; (3) gebruik van minder riskante technieken. Het belang van (1) en (3) voor milieubehoud en duurzame groei spreekt voor zich<sup>10</sup>. De daarvoor noodzakelijke procesinnovaties kunnen gepaard gaan met (2) inputsubstitutie. Inputsubstitutie kan betekenen dat bepaalde schadelijke stoffen niet meer gebruikt hoeven te worden, of dat er minder milieubelasting tijdens en na gebruik van het eindprodukt optreedt. Maar inputsubstitutie kan ook nieuwe problemen opleveren (zoals substitutie van metalen door kunststoffen). Mede daarom is het van belang om bij innovatie expliciet met het milieu-aspekt rekening te houden.

Over de mogelijkheden van schonere technologie wordt verschillend gedacht. Velen zijn sceptisch, hetgeen in de studies van Hartje en Lurie (1985) van een theoretisch fundament is voorzien. Deze auteurs wijzen erop dat procesinnovatie vooral plaats vindt langs de lijnen van een bestaand technologisch traject (een dominant ontwerp op grond waarvan geleidelijke verbeteringen worden aangebracht: bijvoorbeeld automatisering bij in hoofdlijnen gelijkblijven-

---

8 Voor de milieubelasting voortvloeiend uit het gebruik en het afvalstadium is natuurlijk ook de produktkwaliteit (repareerbaarheid, duurzaamheid, gebruikte materialen e.d.) van belang.

9 Uit een in opdracht van VROM n.a.v. de brand bij Sandoz door Tebodin gericht onderzoek naar de situatie bij 78 bedrijven in ons land waar een ramp ernstige gevolgen kan hebben, blijkt dat eenderde deel van die bedrijven problemen heeft om een incident goed te be-

heersen (Volkskrant 22-9-87).

10 Voor de berekening van het NI en economische groei geldt overigens dat onnodig materiaalgebruik of geringe duurzaamheid (cq beperkte reparatiemogelijkheden) bij eindprodukten niet als kostenverhoging geregistreerd wordt. Een hoger tempo van vervanging van eindprodukten wordt in termen van welvaart als gelijkwaardig beschouwd aan alternatieve bestedingen van het beschikbaar inkomen.

de aard van de materialen-stroom). Schonere technologie zou meestal een radicale vernieuwing van de gebruikte technologie impliceren en meestal hogere kosten met zich meebrengen. Valt dat mee, dan zou het voorlopig nog altijd goedkoper zijn om te blijven produceren met eerder geïnstalleerde kapitaalgoederen plus toegevoegde zuivering, in plaats van te investeren in nieuwe en schonere procestechnologie, zeker als er ook rekening wordt gehouden met hoge leerkosten voortvloeiend uit de introductie van nieuwe processen. Bovendien kampen juist de meest vervuilende industrieën met stagnatietendensen, en daarom zou hun neiging tot investeringen in nieuwe processen gering zijn.

Deze benadering achten wij niet erg overtuigend. Om met de laatste opmerking te beginnen: bedrijven die opereren op stagnerende markten hebben belang bij reductie van produktiekosten. Men kan dus verwachten dat zij innovatie en investeringen mede hierop richten. Of dat gebeurt hangt dan mede af van factoren als managementcultuur en de structuur van de bedrijfstak. Het is dus niet verwonderlijk dat zelfs in stagnerende industrieën veel voorbeelden te vinden zijn van innovaties op het gebied van energiebesparing (zie tabel 4) en toepassingen van schonere technologie (OECD 1985c, blz. 57-61; Pearce/Turner, blz.28-29). Het is dan ook de vraag of Hartje en Lurie het probleem korrekt hebben gesteld.

Technologische 'trajekten' zijn tot stand gekomen in een periode van pre-okkupatie met arbeidskosten, lage grondstofprijzen en de mogelijkheid om gratis van de natuur 'gebruik te maken'. Bedrijven werden geleidelijk gekonfronteerd met milieueisen en deden zo ervaring op met vergunningsprocedures en (oplopende) kosten van zuivering. Nu het structurele karakter van het milieuprobleem zichtbaar is geworden zien we dan ook dat er bedrijven zijn die op zoek gaan naar een meer efficiënte vorm van milieubeheer. Uit een studie van de OECD (1985c) bleek dat het proces van het 'internaliseren' van pollution control in toenemende mate wordt beschouwd als een manier om de kosten voor de industrie te verlagen, vooral wat betreft hergebruik en regeneratie van materialen die tot nu toe als 'afval' werden beschouwd. Deze opvatting komt men in ons land ook steeds meer tegen<sup>11</sup>. Het is dan ook te verwachten dat bedrijven zich steeds meer middels innovaties zullen aanpassen aan milieueisen, al heeft R&D nogal wat tijd nodig om tot resultaat te komen nadat de innovatiebehoefte is ontstaan. Die innovatie hoeft echter bepaald niet gericht te zijn op een radikaal andere technologie, zoals Hartje en Lurie in feite veronderstellen.

Rosenberg (1982, blz. 120-40) heeft laten zien dat op het niveau van het bedrijf vernieuwing in het ontwerp van produkten en machines en toegenomen kennis vooral tot stand komt in een creatief proces van 'learning by doing' en 'learning by using' in interactie met

leveranciers van apparatuur. Zijn redenering is ook van belang als het gaat om de ontwikkeling van schonere technologie. De principebeslissing om het milieubeheer op meer preventieve leest te schoeien staat dan aan het begin van een leerproces ('learning by doing') waarin tot nu toe ongebruikelijke aandachtspunten gespecificeerd worden en men meer en meer zicht krijgt op de materialenstroom in het bedrijf. Vervolgens leert men met de nu gespecificeerde aandachtspunten in het productieproces, dus bij gebruik van de bestaande equipment, om te gaan. Door de equipment (anders) te gebruiken leert men knelpunten en mogelijkheden kennen op basis waarvan stapsgewijze modifikaties aan installaties en dergelijke aangebracht kunnen worden. Bij nieuwe investeringen kunnen dankzij de opgedane ervaringen nauwkeuriger specificaties geformuleerd worden naar de leveranciers van machines en systemen toe. Dit leerproces loopt in principe gedurende de gehele levenscyclus van een productieproces en kan een veelheid aan technologische aanpassingen omvatten.

Uiteraard is er in de bedrijfsvoering en bij investeringsbeslissingen sprake van een hiërarchie in doelstellingen. Hoofddoel van de onderneming is continuïteit en rentabiliteit. Preventie van emissies door schonere technologie kan hooguit nevendoelelstelling worden. Het gaat er echter niet om dat preventie het (belangrijkste) motief moet zijn om tot innovatie te komen. Beslissend is of innovatie in produktietechnieken ook een schoner produktieproces als (bijkomend) resultaat heeft. De kans op zo'n resultaat neemt natuurlijk toe naarmate het milieu- en/of energie-aspekt ook expliciet een rol gaat spelen bij de ontwikkeling en toepassing van procesinnovaties. De ervaring met energiebesparing laat dit duidelijk zien.

Basisinnovaties die een breuk met het bestaande traject betekenen zijn daarentegen vrij zeldzaam, en de noodzakelijke R&D kan slechts gefinancierd worden door grote inspanningen van meerdere ondernemingen, overheden, en medefinancierders. Als schone technologie inderdaad afhankelijk zou zijn van dergelijke doorbraken, dan is het perspektief daarop nogal gering.

### 2.3 De onbenutte marges van preventief milieubeheer

In hoogontwikkelde economiën vinden belangrijke verschuivingen plaats die voor een deel wat betreft milieu-aantasting een onbedoeld preventief effect hebben. In deze landen is tot op zekere hoogte sprake van een tendens tot ontkoppeling van het gebruik van inputs en de groei van het Nationaal Inkomen<sup>12</sup> (zie ook de appendix). Dat blijkt uit tabel 2 die gebaseerd is op gegevens voor 31 landen met betrekking tot het energie-verbruik<sup>13</sup>, het gewicht

12 Jänicke 1986. Uitzonderingen zijn westerse landen met een laag inkomen p.c. en de meeste oosteuropese landen.

13 Voor waardering de milieu-effecten

is het daarbij nodig om rekening te houden met wijzigingen in het gebruik van energiedragers en in methoden om energie op te wekken.

van het totale goederentransport<sup>14</sup>; het verbruik van ruw staal<sup>15</sup>; en de produktie van cement<sup>16</sup>. De ontkoppelingstrend blijkt uit een vergelijking van de groei van het BNP met de industriële produktie enerzijds, en het verloop van de vier indicatoren anderzijds.

**Tabel 2** *Enkele structurele trends in het gebruik van inputs (1970 = 100)*

	BNP pc		ind.prod. gewicht goed.		energielever- bruik 1980		ruw staal cement	
	1970	1980	1980	transp.1980	1980	1980	1980	1980
België	100	131	124	113	105	65	105	
Frankrijk	100	136	129	92	114	81	95	
BRD	100	130	123	110	113	82	88	
Nederland	100	123	126	111	134	75	90	
Gr.Britt.	100	119	106	85	98	53	85	
Zweden	100	116	112	77	94	68	60	
VS	100	122	136	-	-	96	8290	

Bron: selectie van gegevens uit Jänicke 1986, en OECD Main Economic Indicators; eigen berekeningen indexen.

De cijfers van tabel 2 doen vermoeden dat er innovatieprocessen over een breed terrein gaande zijn die een nog verdere aantasting van het milieu hebben voorkomen. Nu hangt deze ontwikkeling natuurlijk sterk samen met een verandering in de sektorstructuur en biedt als zodanig niet zoveel aanknopingspunten voor het milieubeleid. Met name het toenemend belang van de dienstensektor (informatisering!)<sup>17</sup> speelt hier een rol (vergelijk de geringere toename van de industriële produktie in vergelijking tot de groei van het BNP). Maar het verloop van de cijfers wordt ongetwijfeld ook beïnvloed door andere factoren zoals de conjunctuur (1984 zou vermoedelijk al weer een wat ander beeld geven), achterblijvende investeringen in woningbouw en infrastructuur (de cementproduktie), en intra-industriële verschuivingen (kunststoffen in plaats van metalen). Niettemin lijkt er sprake te zijn van toenemende efficiency in het gebruik van grondstoffen. De afname van het totaalgewicht dat verplaatst werd in het goederenvervoer maken zo'n hypothese niet onaannemelijk. Het is echter met name de energiebesparing waarmee belangrijke resultaten zijn geboekt. Daar het resultaat voor mi-

14 Een afnemend gewicht van het totale goederentransport hangt vermoedelijk samen met een afname van het volume van gebruikte materialen en grondstoffen, zodat de materiaalproductiviteit door de bank genomen steeg. Het milieu-effekt hiervan wordt overigens beïnvloed door het afnemend belang van spoorwegtransport dat zich gelijktijdig voordeed.

15 Het verbruik van ruw staal komt voorzover te danken aan minder binnenlandse produktie en verdere bewerking - overeen met minder emissies en is mede te danken aan toenemend herge-

bruik. De milieu-effecten per saldo zijn echter niet op voorhand duidelijk vanwege het toenemend belang van kunststoffen.

16 Een afnemende produktie van cement impliceert minder emissies bij de fabricage en hangt vermoedelijk samen met het toenemend belang van 'nieuwbouw'.

17 Voor de BRD bijvoorbeeld nam van 1970-83 de dienstensektor met 50% toe, de industrie en landbouw/visserij groeiden veel minder sterk (resp. 18% en 16%). Zie Jänicke 1985a, p.40.

liebehoud onbedoeld is geweest, kan men veronderstellen dat bij een preventief milieubeheer in de industrie het resultaat belangrijk groter zou kunnen worden. Daarom onderzoeken we nu of de ervaringen bij energiebesparing die veronderstelling kunnen onderbouwen.

De mate waarin energiebesparing gerealiseerd is kan niet direkt afgelezen worden uit de ontwikkeling van het energieverbruik zoals in een recent artikel in ESB terecht werd opgemerkt<sup>18</sup>. De auteurs hebben berekend dat in de Nederlandse industrie in de periode 1979-84 dankzij energiebesparing een afname van het energieverbruik met 20-25% was gerealiseerd. Voor ons doel zijn vooral de resultaten van hun analyse van het energieverbruik in een achttal energie-intensieve bedrijfspgroepen van belang. Het bleek dat vooral maatregelen in de sfeer van de bedrijfsvoering en procesinnovaties (met energiebesparing als nevendoelelstelling of als onbedoeld neveneffect) een zeer grote bijdrage leverden (zie tabel 3). De auteurs merken op dat dit "voor de dynamiek van de ontwikkeling op langere termijn" van groot belang is<sup>19</sup>. Anders gezegd: de potenties van energiebesparing op langere termijn moeten gevonden worden in procesinnovatie. Deze konklusie is ook voor het milieuvraagstuk van belang, en dat niet alleen vanwege de samenhang tussen energiebesparing en emissiereductie<sup>20</sup>, maar ook en vooral vanwege het belang van procesinnovatie voor het gebruik van inputs in het algemeen en daarmee voor een preventief milieubeheer.

### Het aanbod van schonere technieken

De cijfers over milieu-investeringen in de industrie wekken de indruk dat slechts een relatief klein deel van deze investeringen - variërend van 18-25% - erop gericht is om tot een schonere technologie te komen. Maar dit aandeel varieert in de tijd en blijkt dan significant te korreleren met een opleving in de investeringen in de industrie in het algemeen (Zimmermann 1985, blz.88-89). Dat wijst erop dat een meer innovatieve reaktie op milieu-eisen samengaat met modernisering en/of uitbreiding van het produktieapparaat.

---

18 G.Gerritse, L.W.Koot, A.G.Melman, ESB 29-7-87, p.696-99. Een verandering in het energieverbruik in de industrie veroorzaakt kan worden door een aantal factoren: temperaturen in de winter, verschuivingen in de produktiestructuur, veranderingen in de omvang van de industriële produktie, en energiebesparing. In de onderzochte periode steeg gemiddeld de temperatuur in de winter, maar nam de omvang en energie-intensiteit van de industriële produktie ook toe. De energiebesparing die gerealiseerd werd betrof vooral relatief goedkope energiedragers zoals gas. Niettemin bespaarde de industrie dank-

zij energiebesparing zo'n 3 miljard gulden.

19 Specifieke energiebesparende maatregelen en ingrepen in bestaande installaties hebben echter "maar een kortetermijn karakter en uiteindelijk een beperkte reikwijdte", merken zij terecht op.

20 Zo nam in Japan van 1975 tot 1980 de SO<sub>2</sub>-emissie af met 25%. Dat was niet in de eerste plaats aan zuivering te danken, maar aan energiebesparing. Ook het gebruik van betere brandstoffen en een andere industriële structuur speelde een belangrijke rol. (Jänick 1985b, p.254).

**Tabel 3** *Procesverbeteringen en energiebesparing (in procenten).*

	zuivel	papier	kunstm	anorg.chem	org.chem.	bakstenen	ijzer/staal	non-ferro
afname energieverbr.	20	26	29	29	30	32	33	33
gereal. energiebesparing	20	29	50	10-17	24-28	18	6	8
hiervan toe te wijzen aan:								
-energ.besp.maatregelen	70	20	50	n.b.	n.b. <sup>21</sup>	50	-	-
-renov/innov. prod.park	30	80	50	n.b.	n.b.	80	50	-

Bron: Gerritse e.a., ESB 29-7-87; percentages afgerond)

Van groter belang is echter dat het bij deze cijfers alleen gaat om investeringen in specifieke milieu-voorzieningen die in het primaire proces worden aangebracht en dus tot aanwijsbare meerkosten leiden. Schonere techniek is echter een veel ruimer begrip. Beslissend is dat er per saldo minder afval/emissie gegenereerd wordt zodat er minder zuivering noodzakelijk is, ongeacht de vraag of dit nu het resultaat is van in het proces geïntegreerde milieuvoorzieningen, dan wel van hergebruik, inputsubstitutie, verhoogde procesbeheersing, of verbeterd ontwerp van apparaten en systemen<sup>22</sup>.

Uit internationale overzichten voor de periode 1979-1986 blijkt dat vele procesinnovaties nu al de facto een schonere productie mogelijk maken. Van het totaal aantal nieuwe technieken dat op de markt beschikbaar kwam werd bij 18% expliciet vermeld dat de voordelen onder meer liggen in terugdringing van emissies; 16% van de innovaties had betrekking op toegevoegde zuiveringsprocessen (Chemical Engineering, New Technologies 1979-1986). Het aantal beschikbare technieken moet zonder enige twijfel omvangrijker zijn aangezien schonere technieken voor een niet gering deel in de vervuilende bedrijven zelf worden ontwikkeld zonder pogingen tot commercialisatie van deze kennis.

De potenties voor hergebruik blijken eveneens aanzienlijk te zijn. Hergebruik in het eigen bedrijf vindt slechts in beperkte mate plaats, maar zijn steeds meer technieken beschikbaar om bijvoorbeeld het verbruik van water en uitstoot van metalen en koolwaterstoffen (oplosmiddelen!) te verminderen (Huisingh 1985).

Overigens zijn niet alleen innovaties van belang om tot schonere processen te komen. Ook maatregelen in de logistieke sfeer zoals tijdige signalering van milieu-problemen (meet/regelapparatuur), beter onderhoud (lekkages) en scheiding van afvalstromen (effektieve zuivering, meer hergebruik) zijn belangrijk.

### Ervaringen op micro-niveau

Een groot aantal case-studies laat zien dat een systematische inter-

21 Voor anorganische en organische chemie merken zij op dat gezien de sterke dynamiek van de bedrijfstak het merendeel van de gerealiseerde energiebesparing toe te wijzen is aan re-innovatie van productie-installaties.

22 Een schonere productie beslaat in feite de hele levenscyclus van een produkt, inclusief de afvalfase, zodat ook het produktontwerp (gebruikte materialen, reparatiebaarheid, duurzaamheid) van belang is.

ne controle op milieubeheer in de regel tot een forse terugdringing van de milieubelasting kan leiden, vaak zonder omvangrijke investeringen<sup>23</sup>. Uit een franse studie van 200 toegepaste schonere technologieën bleek dat in bijna alle gevallen positieve resultaten optraden waar het in eerste instantie niet eens om begonnen was. In 90 gevallen was het begonnen om besparing op grondstoffen of energie, maar bleken de effecten op milieu eveneens aanzienlijk. Het omgekeerde was eveneens het geval: waar het begonnen was om schoner produceren werd als neveneffect ook besparing op energie (in 50% van de gevallen), besparing grondstoffen (47% der gevallen), en verbeterde arbeidsomstandigheden (40% van de gevallen) gerealiseerd. In 45% van de gevallen waren de extra investeringen na een periode van 3-5 jaar terugverdiend (OECD 1985b, p.107-09; zie ook appendix). De verhouding tussen de exploitatie- en investeringskosten ligt volgens deze studie (gemiddeld) op 15% voor schone technologie en op 34% voor oude processen. Ook dit laatste gegeven is van belang bij de beoordeling van de economische aspecten van preventieve maatregelen in de tijd. Het voordeel van preventieve maatregelen bestaat dus vooral uit de synergetische effecten van besparing op grondstoffen, energie, betere arbeidsomstandigheden en minder milieu-effecten. Grotere mogelijkheden tot hergebruik en verkoop van uit het proces gewonnen stoffen kan belangrijke kostenbesparingen opleveren<sup>24</sup>.

Kortom, er zijn nu reeds voor milieubehoud een reeks van controle- en beheerstechnieken beschikbaar, met zuivering- en procesvernieuwing als de beide extremen, en recycling/hergebruik binnen de fabriek als middengebied (zie tabel 4). Per bedrijfstak zijn er uiteraard grote verschillen in potenties vanwege economische en technologische factoren<sup>25</sup> (zie ook de appendix en de opmerking onderaan tabel 4).

De hier beschreven mogelijkheden zijn vooral - maar nog op beperkte schaal - toegepast in bedrijven die zich vernieuwen. Het ligt voor de hand dat een veel bredere toepassing mogelijk moet zijn. Enerzijds zijn lang niet alle opties afhankelijk van omvangrijke nieuwe investeringsplannen, en anderzijds zijn er nog grote barrières (zie verderop). De recente aandacht in bedrijven voor logistieke aspecten van produktie en transport is hierbij ook illustratief. Daarbij gaat het immers eveneens om verhoging van rendement langs de weg van besparingen. Enig historisch besef doet dan vermoeden dat we vermoedelijk pas aan het begin staan van de weg naar 'ekologische modernisering' van de industriële produktie.

23 Zie bijv. Huisingsh 1985, Winter 1987, European Forum 1985, OTA 1986, Allen 1985, Ontario 1984.

24 Een toenemend milieubewustzijn bij afnemers maakt overigens ook een beter imago van bedrijven en hun produkten van belang.

25 Een gedifferentieerd beeld op dit punt van de chemie (bulk-, organische en anorganische fijnchemie) geeft Vernon/Johnson 1984, Voor cijfers m.b.t. hergebruik on- en off-site in de VS: Huisingsh 1985.

**Tabel 4** *Toegepaste methoden van milieubeheer in bedrijven waar aandacht wordt besteed aan preventie.*

bronnen	Aantal toegepaste methoden per type aanpak van milieubeheer						totaal
	recycling in het proces	maatregelen in bedrijfsvoering	veranderingen in proces-techn. en equipment	input substitutie	redesign eindprodukten	toegevoegde zuivering e.d.	
a	19	16	11	5	0	22	74
b	36	0	24	7	0	15	82
c	36	0	17	2	0	10	65
d	10	4	6	2	0	4	26
e	6	10	18	2	2	1	39
f	3	0	20	1	1	3	28
totaal	110	30	96	19	3	56	314

**Bronnen:** a. D.Huisingsh et.al. Proven Profits from Polution Prevention; b. Compendium on Low and Non-waste Technologies; c. M.Overcash, Techniques for Industrial Pollution Prevention; d. Department of Defense, Industrial Processes to reduce generation of hazardous waste at DOD Facilities; e. D.Saroklin et. al. Cutting Chemical Wastes; f. Federal Minister for Research and Technology, Environmental Protection Technologies. (Bron: OTA 1986, blz. 86). De meeste voorbeelden in deze studies komen uit de metaalverwerkende industrie, staalindustrie en chemie; maar ook de voedingsmiddelen- en grafische industrie, papier, en textiel, aardewerk, en elektrische apparaten en apparatenbouw zijn redelijk vertegenwoordigd.

Op bedrijfstakniveau zijn de laatste tijd eveneens een aantal studies verschenen van de implicaties van procesinnovaties voor het milieubeheer<sup>26</sup>. Deze studies zijn echter meestal beschrijvend van aard. Emissiereductie blijkt in de regel behaald te worden door een combinatie van procesinnovatie en toegevoegde zuivering.

#### 2.4 Combinatie van schonere technologie en toegevoegde zuivering

Toegevoegde technologie zal noodzakelijk blijven. Maar naarmate de kosten oplopen wordt de totale produktiviteit van de onderneming lager. En toegevoegde zuivering die niet op hergebruik is gericht levert geen bijdrage aan de vermindering van kosten die voortvloeien uit verliezen aan grond- en hulpstoffen, vermindering van de arbeidsproduktiviteit, risico's op plus aansprakelijkheid bij ongevallen en dergelijke, die samenhangen met het slordig omgaan met 'natuur en milieu' in het eigen bedrijf.

De effectiviteit en efficiency van zuiveringstechnieken kunnen door een preventief milieubeheer aanzienlijk gereduceerd worden indien ook allerlei maatregelen in de sfeer van procestecnologie en bedrijfsvoering genomen worden, ten dele afgestemd op de problemen met zuivering (Kneese). Zo kan bijvoorbeeld een gewijzigde samenstelling van de uitstoot het zuiveren compliceren of vergemakkelijken. Voorbeelden hiervan zijn: zware metalen die in afvalwater voorkomen dat gezuiverd moet worden met biologische zuivering.

<sup>26</sup> Vgl. bijv. W.Theobald, T.Matsuda, Resources recirculation and energyconservation in the steel-industry. UNEP, Industry and Environment (april/june 1984, p.17-20). S.Nojima, Sulphur Abatement in Japanese refineries (idem,

april/june 1985, p.8-10); A.Maheswaran, The food processing industry and the environment with the emphasis on palm oil production (idem, oct./decembre 1985, p.2-9).

veringsprocessen; en het verstopt raken van membranen met andere verontreinigingen dan die welke ze zouden moeten opvangen. Ook recycling berust op de hier bepleite combinatie.

### **3 Hoe kan preventie gestimuleerd worden?**

---

#### **3.1 Barrières**

Een meer preventief milieubeheer in de industrie komt slechts hier en daar aarzelend van de grond, en dat niet in de eerste plaats omdat het zo duur is. De meeste bedrijven hebben tot op heden de mogelijkheden van zo'n beleid niet onderzocht. Verschillende factoren spelen hier een rol.

1 Het milieubeheer in grotere bedrijven is meestal een taak van een staf- en niet van een lijnafdeling. Het is hun verantwoordelijkheid dat het bedrijf op goede voet staat met de milieu-autoriteiten en de vereiste vergunningen krijgt. In die vergunningen draait alles om emissiereductie en daarop gerichte apparatuur. Op het gebied van de eigenlijke bedrijfsvoering en investeringsplanning hebben zij geen bevoegdheden. Het ligt dan voor de hand dat zij gepreokkupeerd zijn met zuiveringstechnologie.

Een preventieve benadering vereist echter een eigen systematiek in het gebruik van inputs in de opeenvolgende stappen in de productieketen. De voor het milieubeheer verantwoordelijke werknemers en managers moeten gekwalificeerd en technisch geëquipeerd zijn voor evaluatie van het productieproces vanuit het perspectief van afvalreductie (OTA 1986). De wijze waarop in bedrijven de stroom van stoffen en energie (massa/materiaalbalansen) in kaart wordt gebracht is niet gevoelig genoeg voor signalering van kleine hoeveelheden afval die grote schadelijke effecten en dus voor het bedrijf economische betekenis (kunnen) hebben. Ook de aandacht voor (nog) niet gereguleerd afval is doorgaans gering.

2 De mogelijke kostenverlaging door emissie- en afvalreductie wordt vaak als te klein ervaren in vergelijking met de opbrengst die door andere investeringen gerealiseerd kan worden. Vervuilende bedrijven hebben in grote meerderheid vooral ervaring en know-how met toegevoegde apparatuur opgedaan. Gespecialiseerde zuiveringsapparatuur is op de markt beschikbaar, en het aanbod van meer milieuvriendelijke procestecnologie is beperkt en vooral veel minder bekend. Dit gebrek aan informatie zou volgens verschillende studies één der grootste knelpunten zijn. De overheid zou dus onderzoek naar de mogelijkheden van preventief milieubeheer moeten bevorderen, de beschikbare kennis moeten bundelen en beter toegankelijk moeten maken. De gebrekkige vraag naar dit soort informatie is echter van groter belang. De ondernemingsleiding zit niet op informatie over allerlei technieken te wachten zolang men de indruk heeft dat de vertrouwde manier tot bevredigende resultaten leidt en de vereiste vergunningen oplevert. De sleutel tot pre-

ventie ligt in het (bevorderen van) het leerproces in de vervuulende industrie zelf, want daarmee zal de behoefte aan informatie ook toenemen.

Uit gesprekken met een aantal milieu- en veiligheidscoördinatoren in de chemie en voedingsmiddelen-industrie bleek inderdaad dat er steeds meer aandacht uitgaat naar mogelijke procesgeïntegreerde oplossingen. Aldus wordt in deze bedrijven wel know-how opgebouwd maar die wordt in de regel niet gekommercialiseerd. De aanbieders van gespecialiseerde milieutechnologie blijken daarentegen slechts een beperkte kennis op dit terrein te hebben (V. Roermund 1986).

3 Het milieubeleid zelf werpt tot nu toe drempels op. De lage penetratiegraad van schonere technologieën kan bijvoorbeeld mede verklaard worden uit institutionele factoren (zoals de wijze van afvalregulering of het monopolie van grote elektriciteits-bedrijven) en de verwachtingen die bedrijven koesteren ten aanzien van het toekomstig beleid (OTA 1986). Tot nu toe was er duidelijk een gebrek aan impulsen vanuit het milieubeleid om tot vergaande terugdringing van milieuaantasting te komen. Kompenserende maatregelen slokken het grootste deel van de totale uitgaven van het milieubeleid op. Innovatie en preventie is verwaarloosd in het milieubeleid; regelgeving, vergunningverlening, stimulering van R&D, zijn toegespitst op emissiereductie, niet op afvalreductie. Sinds het begin van de jaren '80 zijn in het milieubeleid de eerste contouren waarneembaar van aandacht voor preventie, maar het gaat erg traag. Nog altijd is steunverlening in de eerste plaats gericht op aanwijsbare meerkosten van milieu-investeringen en die meerkosten zijn bij toegevoegde apparatuur wel zo eenvoudig aan te tonen. Steun aan voor preventie relevante procesinnovatie bedraagt slechts een fractie hiervan.

### 3.2 Overheidsbeleid en schonere technologie

Het bevorderen van schonere technologie is voor de overheid zeer lastig. Op de deelmarkten van afval(verwerking), waterzuivering, en bodemsanering treedt zij zelf direkt als marktpartij op, maar de vraag die zij hier uitoefent is overwegend gericht op technieken van sanering en zuivering. De vraag naar technieken die in de industrie gebruikt worden om aan milieueisen te voldoen, wordt uitgeoefend door de tienduizenden vergunningsplichtige ondernemingen zelf. De overheid kan hier innovatie en diffusie in milieutechnologie stimuleren door milieu-eisen af te stemmen op het beschikbare milieutechnieken, en door gefaseerde verscherping van eisen op die gebieden waar de dynamiek in innovatie groot is. Voor een aantal specifieke milieuproblemen lijkt ons dit voornamelijk de aangewezen weg, maar ook hier gaat de stimulans voornamelijk uit naar toegevoegde technologie.

Bij preventief milieubeheer en schonere technologie gaat het niet

zoeder om stimulering van specifiek aanwijsbare technologieën. Het milieu-aspekt moet met name bij procesinnovaties een rol van betekenis gaan spelen. Maar de vraag naar dergelijke innovaties kan nauwelijks door de overheid zelf worden uitgeoefend of afgedwongen.

Wat valt er nu te verwachten van pleidooien om meer te vertrouwen op indirecte regulering door marktprikkels (met behulp van heffingen op emissies of grondstoffen) opdat bedrijven zelf de meest efficiënte oplossing gaan kiezen?<sup>27</sup> Als het gaat om beïnvloeding van het patroon van innovatie, dan kleven er aan deze benadering de nodige problemen. De energiekrisis liet weliswaar zien dat een verhoging van prijzen effect kan sorteren als de verhoging plotseling en dramatisch is, en de bedrijfsleiding daardoor attent gemaakt wordt op een structureel probleem dat ook op langere termijn blijft spelen. Een dramatische verhoging van de grondstofprijzen middels heffingen lijkt ons echter geen haalbare kaart. Aan meer geleidelijke prijsveranderingen raakt men echter gewend. Ze vormen niet direct een signaal dat het tijd wordt om de beperkte taakstelling en verantwoordelijkheid van de voor het milieubeheer verantwoordelijke(n) te verruimen. Maar nog los daarvan zijn ze weinig effectief voor het bevorderen van procesinnovaties. Heffingen zijn immers niet de enige faktor die het prijsniveau bepalen. Konjunkturele schommelingen op de internationale markten zijn eveneens van groot belang. Wil een 'marktkonform beleid' invloed hebben op de richting van technologische ontwikkeling dan moet de trend wat betreft de kosten van gebruik van inputs enerzijds, en van toegevoegde zuivering en dergelijke anderzijds op langere termijn tamelijk eenduidig zijn.

Maar ook dan is het nog niet vanzelfsprekend om minder op (innovatie in) toegevoegde technologie te vertrouwen. Innovaties die eenmaal hun erkenning op de markt hebben gevonden scheppen verwachtingen ten aanzien van verdere technologische ontwikkelingen langs dit 'traject'. Een drastische verhoging van energieprijzen leidt bijvoorbeeld niet alleen tot de voor het milieu gunstige energiebesparing, maar stimuleert ook de versnelde ontwikkeling van kernenergie. Iets dergelijks geldt natuurlijk ook voor innovaties in zuiveringstechnologie. Temeer daar hier de vraag/aanbod-structuur op toegevoegde zuivering is toegesneden. Het is niet verwonderlijk als het management kiest voor de 'veilige' weg van de vertrouwde techniek, vooral wanneer er een beperkte tijdshorizon gehanteerd wordt (vergelijk factoren als managementcultuur, omvang van de onderneming, marktperspektieven). Meer indirecte regulering alleen zal dus de dominantie van toegevoegde apparatuur waarschijnlijk niet kunnen doorbreken. Er moeten meer directe instrumenten ontwikkeld worden om de drempels voor implementatie

27 In eerste instantie komen zij ongetwijfeld voor hogere kosten te staan. Hun efficiency daalt waar die van de

overheid stijgt. In het bedrijfsleven is het enthousiasme voor deze voorstellen ook niet bepaald groot.

van schone technologie te verlagen.

De vervuillende industrie blijkt (vooralsnog) de belangrijkste bron van het gewenste type innovaties te zijn. Met name in het stadium van industrieel ontwerpen van processen en produkten zijn er belangrijke vrijheidsgraden. Het is dan ook van beslissend belang dat het milieubeheer bij een toenemend aantal bedrijven een rol gaat spelen op het niveau waar de strategische besluitvorming plaats vindt. De pogingen die sinds enkele jaren in gang gezet zijn tot 'verinnerlijking' van het milieubeheer (Suurland 1986; Winsemius 1986) sporen geheel met deze gedachtingang. Het is dan van groot belang dat de overheid overgaat tot omkering van de bewijslast en periodiek rapportage verlangt over de inspanningen die het bedrijf zich getroost om terugdringing van de produktie van probleemstoffen te realiseren. Openbaarheid van deze rapportage kan de voortgang van de bepleite 'verinnerlijking' bevorderen, met name als zij vergeleken kan worden met informatie over de ontwikkeling van schonere technieken die bedrijfstaksgewijs geordend kan worden in een databank.

In een aantal ondernemingen is het inmiddels gebruikelijk geworden om een milieuparagraaf op te stellen bij investeringsbesluiten. Bij steunverlening in het kader van het technologiebeleid die een zeker bedrag te boven gaat kan de overheid verlangen dat zo'n milieuparagraaf wordt overlegd (waarbij vertrouwelijkheid gegarandeerd kan worden). Financiële steun bij milieu-investeringen zou minder eenzijdig installatie van toegevoegde apparatuur moeten stimuleren. Ook daarvoor kan het overleggen van een dergelijke paragraaf benut worden.

Indien dit soort maatregelen genomen zouden worden dan valt te verwachten dat het leerproces waarover wij spraken werkelijk gestimuleerd wordt, en overheidsinspanningen gericht op een toenemend aanbod van informatie over schonere technologie ook in een behoefte gaat voorzien.

Toch moet de konklusie worden getrokken dat de overheid maar beperkte mogelijkheden heeft om een stroomversnelling in de ontwikkeling van schone technologie en preventief milieubeheer te realiseren.

### **3.3 Preventie en duurzame werkgelegenheid**

In dit artikel is getracht te beargumenteren dat het van groot belang is om een verscherping van het milieubeleid te realiseren. Uit het oogpunt van economische schade en groei op langere termijn is de materiele welvaart daar zeer mee gediend. Makro-economisch gezien behoeft dat per saldo niet ten koste te gaan van werkgelegenheid. In specifieke bedrijven en bedrijfstakken ontstaan er natuurlijk wel problemen. Als immers bestaande bedrijvigheid (en geïnvesteerd kapitaal) bedreigd wordt, dan weegt dat meestal in de politieke praktijk niet op tegen de belofte van compenserende

werkgelegenheid in de milieuproduktiesektor. Hoe meer de aantasting van het milieu voortschrijft, des te groter ook de economische consequenties worden, en hoe meer men dat op den duur ook als belastingbetaler en konsument zal ondervinden.

Nu reeds zijn er bedrijfstakken waar in sommige regio's de wal het schip dreigt te keren (vergelijk de landbouw). Het is dan ook van het grootste belang dat men zich in bredere kring gaat bezinnen op de mogelijkheden om 'ekonomie' en 'ekologie' in de praktijk van de industriële produktie met elkaar te verzoenen. De weg van 'ekologische modernisering' van de industrie biedt in vervuulende industrieën een essentiële bijdrage aan het behoud van werkgelegenheid op wat langere termijn. Preventief milieubeheer is dan ook een werknemersbelang, waar vakbonden en ondernemingsraden zich meer mee bezig zouden moeten gaan houden. Want het zullen in de eerste plaats krachten in het bedrijfsleven zelf zijn die dit proces moeten dragen.

### Literatuur

- Allen, D.W., J.T.O'Connor, *Review of source reduction policy and program development*; Massachusetts Source Reduction Project, June 30, 1985.
- Bins-Hoefnagels, I.M.J., K.P.G. Wilschut, C.G. Molenkamp, Milieu-auditing, in: *Milieu, Tijdschrift voor Milieukunde*, jrg.1, 1986, nr.4
- ECOTECH, *The promotion and diffusion of Clean Technologies in the metal plating industry in the Netherlands*, 1986.
- Fisher, J.C.D. (ECOTECH), *The Implementation of Cleaner Technology*, Conference on Low and Non Waste technology, Theory and Practice; 8th-9th Octobre 1985, Austria.
- Frank, A., H.J.J. Swarte, *Milieutechnologie. Toepassing in kleine en middelgrote ondernemingen*. Erasmus Universiteit, 1986.
- Gerritse, G., L.W. Koot, A.G. Melman, Energiebesparing in de Nederlandse Industrie, in: *ESB* 29-7-87, p. 696-99).
- Goodfellow, H.D., J. Berry (Hatch Association Ltd.), Clean Plant Design, in: *Chemical Engineering*, January 6th, 1986, p. 55-61.
- Groen, M. (red.), *Milieutechnologie - Meer dan milieu en technologie*. Staatsuitgeverij, Den Haag 1987.
- Hartje, V.J., *The state of economic research in innovation and environmental protection*, IIUG, Berlin 1984
- Hartje, V.J., *Adopting rules for pollution control innovations; end-of-pipe versus integrated process technology*. IIUG Berlin 1984.
- Hartje, V.J., R.L. Lurie, *Research and development incentives for pollution control technologies*, IIUG, Berlin 1985.
- Hettelingh, J.P., J.M. Paap, *Innovatie, Milieu en Ondernemers-beslissingen*, ESI-VU, Amsterdam 1986.
- Huisingh, D., L. Martin, H. Hilger, N. Seldman, *Proven Profits from Pollution Prevention*, Institute for Local Selfreliance, 1985.
- Huisingh, D., J. Aberth, *Hazardous Waste, some simple solutions*,

- in: *Management Review* june 1986, p.46-51
- Indikatief Meerjarenprogramma Milieubeheer 1986-90*; idem 1987-91. Den Haag, Staatsuitgeverij.
- Jänicke, M., *Umweltpolitische Prävention als ökologische Modernisierung und Strukturpolitik*, IUG 1984.
- Jänicke, M. (1985a): Langfristige Wachstumsperspektiven der westlichen Industrieländer, in: M.Jänicke, hrsg., *Vor uns die goldenen neunziger Jahre? Langzeitprognosen auf dem Prüfstand*, München 1985, p.13-50).
- (1985b): Superindustrialismus und Postindustrialismus - langzeit Perspektiven von Umwelbelastung und Umweltschutz, in: M.Jänicke, U.E.Simonis, G.Weigemann: *Wissen für die Umwelt*, Berlin, New York, p. 237-259).
- Jänicke, M., H.Mönch, T.Ranneberg, *Umwelientlastung durch Strukturwandel, eine Vorstudie über 31 Industrieländer*, IUG Berlin, 1986.
- De Jong, M.W., K.J.G.v.d.Ven, *Milieu-innovaties in kleine ondernemingen*, Publikatiereeks Milieubeheer, nr.21, VROM 1985.
- Kohl, J., P. Moses, B.Triplett, *Management and Recycling of Solvents*, North Carolina State University, 1984.
- Ladd Greng, J., G.S.Hedstrom, M.DiBerto (A.D.Little Inc.), *Environmental Auditing*, John Wiley & Sons, 1985.
- Larson, E.D., M.H.Ross, R.M.Williams, Beyond the Era of materials, in: *Scientific American*, june 1986, vol.34, nr. 6, p.24-29
- Leipert, C., *Der Spiegel*, 8-6-1987.
- Leipert, C., *Folgekosten des Wachstums als Wachstumsstimulans*, IUG discussion paper 1985 (nr. 7).
- Lopez-Polo, C., Low and non-waste industrial technology: a focus for international cooperation in: The Economic Commission for Europe, *UNEP Industry and Environment*, april/may/june 1984, p.28-31).
- Maas, C., *Wirkungen umweltpolitischer Massnahmen auf das Innovationsverhalten von Galvanik-Betrieben*, IUG, Berlin 1983.
- Nieuwe Bèta*, Tijdschrift voor Milieu, Energie en Schone Technologie, Delft.
- New Technologies - Clean Industry?* Proceedings of the European Forum; Dortmund 15-17 april 1985, Institute for European Environmental Policy.
- OECD 1985a, *Environment and Economics*, Paris .
- OECD 1985b, *The macro-economic impact of environmental expenditure*, Paris.
- OECD 1985c, *Environmental Policy and Technical Change*. Paris.
- Office of Technology Assessment, *Serious Reduction of Hazardous Wastes*, Congress of the United States, 1986
- ONRI, *Milieu, technologie en kosten in balans?*, verslag van ONRI-dag 7-11-84
- Ontario Waste Management Corporation, *Barriers to reduction, re-*

- use, recycling, exchange and recovery of special waste in Ontario, 1984
- Pearce, D.W., R.K.Turner, The economic evaluation of low and non-waste technologies, in: *Resources and conservation*, 11-1984, p.27-43).
- Projectgroep inzake de uitwerking van de beleidsaanbevelingen van het milieuproductieplan, *Naar een sterke milieuproductiesector in het belang van de duurzame economische groei en een beter milieu*, december 1986.
- Rosenberg, N., *Inside the black box. Technology and economics*. Cambridge University Press 1982.
- Roermund, T.van, *Rapport t.b.v. de Studiegroep Milieu en Economie*, LMO, Utrecht aug. 1986.
- Sarokin, D., W.R.Muir, C.G. Millar, S.R.Sperber, *Cutting Chemical Wastes*, INFORM-report 1985.
- SIBAS, *Baten van hergebruik in Nederland*, deel II, rapport nr. B0009, Delft, oktober 1984.
- Suurland, J.A., *Milieuzorg en handhavingsbeleid. Visie van de overheid op milieuzorg in bedrijven*, voordracht op Euroforum-studiedag *Naleving van milieu-voorschriften*, 23-4-1987
- Vernon, J., R. Johnson, Environmentally sound technology for chemical industry, in: *Industry and Environment*, april-june 1984, p.20-24
- VNO/NCW, *Milieuzorg in bedrijven*, mei 1986
- Winsemius, P., *Gast in eigen huis. Beschouwing over milieumanagement*, Alphen aan de Rijn 1986.
- Wicke, L., *Die ökologischen Milliarden*. München 1986.
- World Environment Centre Report, *Pollution Prevention Pays*, New York 1985.
- WRR 1987, *Ruimte voor groei; kansen en bedreigingen voor de Nederlandse economie in de komende tien jaar*, Den Haag.
- Zimmermann, K., *'Präventive' Umweltpolitik und technologische Anpassung*, IUG, Berlin 1985.

## Appendix

*Verbruik van enkele bronnen in de VS, 1940-1983 (1970 = 100)*

**Tabel 5**

	kilogram per 1000\$ BNP					kilogram per hoofd van de bevolking						
	1940	1950	1960	1970	1980	1940	1950	1960	1970	1980	1983	
staal	122	134	100	100	73	66	55	89	76	100	84	77
aluminium	26	47	74	100	99	95	13	28	56	100	115	113
chlorine	23	45	77	100	85	77	12	30	53	100	117	119
ethylenc	-	15	49	100	106	106	-	2	14	100	120	103
ammonia	-	36	62	100	107	93	-	25	46	100	135	119

Bron: Larson, e.a., 'Beyond the Era of Materials' (Scientific American 1986); eigen berekening index op basis van hun grafieken.

**Tabel 6** *Preventieve maatregelen naar moeilijkheidsgraad per type industrie*

	verandering uitvoering	in-proces hergebruik	proces aanpassen	input substitutie	produkt- substitutie
hoog volume procesprod. (aardolie)	+	+	-	-	-
stringente produktspecif. (farmac.)	+	-	-	-	-
wisselend hightech ind. prod. (elektr.)	+	+	+	+	-
werkplaats inrichtingen (coating)	+	+	+/-	+	-
bulkprod. voor ind.gebruik (staal)	+	+	+	-	-
grootsch.prod.kons.art.(bijv.verven)	+	+	+	+	+

Bron: Naar OTA 86.

**Tabel 7** *Vergelijking van kosten van schonere en traditionele productieprocessen*

	investeringen	operatie/ onderh.kosten
a) percentage schone processen met kosten lager dan het oude proces zonder toegevoegde zuivering;	11	68
b) idem met kosten hoger dan a); maar lager dan het oude proces plus zuivering;	59	27
c) idem met kosten hoger dan het oude proces plus pol.control	30	5

Bron: OECD, The Macro-Economic Impact of Environmental Expenditure, p.108

**Over milienproblematiek publiceerde TPE eerder:**Cornelis Nauta en José van Eindhoven, *De trage start van de bodem-sanering* - 10/1Pieter van Driel, *De omvang van de milieuproblematiek en de kwaliteit van het milieubeleid* - 7/1