

Regelgeving en technologische ontwikkeling

Mogelijkheden voor sturing

Johan Schot*

In de jaren zeventig werd de strengere milieu- en veiligheidsregelgeving vaak als één van de oorzaken van de afname van de technologische ontwikkeling en innovatie beschouwd. Uit het onderzoek dat vervolgens werd verricht, blijkt echter dat regelgeving zowel remmend als stimulerend kan werken op technologische ontwikkelingen. De vraag wordt daarom tien jaar later opnieuw geformuleerd en luidt dan: hoe kan de regelgeving zo worden toegepast dat zowel technologische ontwikkelingen worden gestimuleerd als de milieukwaliteit verhoogd en de veiligheid vergroot. De doelstelling van dit artikel is om een balans op te maken van onderzoek op dit terrein. In de eerste twee paragrafen zal worden ingegaan op de hierboven genoemde twee generaties van onderzoek naar de relatie tussen regelgeving en technologische ontwikkeling. Daarbij wordt niet de volledigheid van een review artikel nagestreefd, het gaat erom inzicht te geven in de resultaten en beperkingen van dergelijk onderzoek. Vervolgens zullen in de derde paragraaf de contouren van een mogelijke derde generatie worden geschetst.

1. De complexiteit in kaart gebracht: het voorbeeld van de farmaceutische industrie

De vraagstelling van de eerste generatie studies is erg algemeen: werkt de regelgeving positief of negatief op het innovatieve vermogen van de industrie? Zowel de beperkingen als resultaten van dit soort onderzoek kunnen goed geïllustreerd worden aan de hand van studies van de farmaceutische industrie.

Het aantal nieuwe farmaceutische producten dat jaarlijks werd geïntroduceerd in de VS onderging in de jaren zestig een zeer sterke daling ten opzich-

* Studiecentrum voor Technologie en beleid van TNO te Apeldoorn.

te van het voorgaande decennium. De oorzaken van deze daling zijn het onderwerp geweest van een levendige controverse (voor een overzicht zie Grabowski en Vernon, 1985). Dit debat concentreerde zich rond de invloed van de zogenaamde Kefauver-Harris amendementen uit 1962 op de *Food, Drug and Cosmetic Act*. Hierin werd vereist dat doeltreffendheid en veiligheid van een geneesmiddel moest blijken uit goed gecontroleerde wetenschappelijke testen. Bovendien kreeg de Food- en Drug Administration (FDA) sterke zeggenschap over inhoud en vormgeving van de klinische testprocedures. Verschillende studies stellen deze amendementen verantwoordelijk voor de hierboven aangegeven daling. Als bewijs wordt aangevoerd het synchroon verlopen van deze daling en het in werking treden van de amendementen.

De sterk negatieve invloed van de amendementen wordt toegeschreven aan een combinatie van drie factoren:

- Door de regelgeving treedt een sterke stijging op van de kosten van het Research en Development (R&D) proces. De kosten voor het ontwikkelen en op de markt brengen van een nieuw produkt stijgen van 1 à 2 miljoen dollar begin jaren zestig tot 24 miljoen twintig jaar later.
- FDA wordt door haar goedkeurende verklaring medeverantwoordelijk voor een produkt als er iets fout zou gaan.
- Bij het opzetten van de regelgeving is geen rekening gehouden met de implementatie zodat het de FDA aan menskracht en financiële middelen ontbreekt. Dit veroorzaakt veel vertraging en onzekerheid, wat nog versterkt wordt door het feit dat het voor de FDA zelf niet geheel duidelijk is hoe de regelgeving op sommige punten exakt geïnterpreteerd moet worden.

In reactie hierop zijn verschillende alternatieve hypothesen ontwikkeld. In de eerste plaats wordt de betekenis van de gekonstateerde daling aangevochten. Steward (1977) wijst op het feit dat de daling vooral produkten betreft met een kleine therapeutische betekenis. In de tweede plaats wordt het argument opgeworpen dat in de jaren vijftig alle belangrijke en makkelijk te exploiteren wetenschappelijke mogelijkheden waren benut. Nieuwe vooruitgang vereiste diepgaander en dus tijdrovend onderzoek. Het innovatiepotentieel was op een natuurlijk plafond gestoten. Deze konklusie wordt ondersteund door het feit dat de daling van innovaties al had ingezet voordat de amendementen feitelijk van kracht werden. De regelgeving heeft alleen de snelheid beïnvloed waarmee de daling zich zou doorzetten. Daling zou hoe dan ook zijn opgetreden. Uit de cijfers van andere landen blijkt dat zich daar hetzelfde voordoet, maar minder snel. Op de derde plaats wordt gewezen op de sterke toename van publieke onrust over de effecten van specifieke produkten die onder meer resulteerde in rechtsprocedures. De industrie zou hier ook zonder expliciete regelgeving op hebben gereageerd.

Het blijkt zeer moeilijk om een direkte relatie te leggen tussen regelgeving en de daling in het aantal nieuwe farmaceutische produkten. Dit blijkt ook uit ander breder opgezet onderzoek.

Zo kwamen Allen en anderen in een studie naar de invloed van overheidsbe-

leid op 164 innovaties in 5 industrietakken in Europa en Japan (Allen, 1975; zie ook Rubenstein en Etlie, 1979) tot de konklusie dat regelgeving ten aanzien van milieu en veiligheid zowel een belangrijke stimulerende als remmende faktor is geweest. De resultaten van dit onderzoek geven aan dat de invloed van regelgeving op innovatie niet eenvoudigweg als positief of negatief valt te waarden. Het blijkt niet goed mogelijk te zijn om de invloed van regelgeving eenduidig vast te stellen. Dat vormt op zichzelf echter een belangrijk onderzoeksresultaat. Het toont namelijk aan dat geen algemene uitspraken gedaan kunnen worden. De feitelijke invloed hangt kennelijk te veel af van specifieke omstandigheden waarin regelgeving wordt toegepast.

2. De complexiteit ontward

In een tweede generatie studies wordt geprobeerd te achterhalen welke karakteristieken van de situatie waarin de regelgeving wordt toegepast verantwoordelijk zijn voor de uitgeoefende invloed. Er worden op drie verschillende dimensies karakteristieken onderscheiden:

- karakteristieken van de regelgeving. Daarbij wordt zowel gelet op de keuze van instrumenten als de manier waarop regelgeving vorm krijgt en wordt geïmplementeerd;
- karakteristieken van de gereguleerde onderneming;
- karakteristieken van de gereguleerde technologie.

Stond binnen de eerste generatie vooral de vraag centraal of de regelgeving remmend dan wel stimulerend werkt op het innovatieve vermogen van de industrie, in de tweede generatie verschuift het accent naar de vraag of het mogelijk is een zodanige regelgevende strategie te ontwerpen dat er enerzijds geen barrières worden opgeworpen voor de technische ontwikkeling en anderzijds de doelstellingen van het milieu- en veiligheidsbeleid worden gerealiseerd. Het is daarbij belangrijk om een onderscheid te maken tussen schoonmaak- en schone technologie (samen worden zij aangeduid als milieutechnologie). Het verschil zit in de mate waarin de regelgeving invloed uitoefent op de technologie die in gebruik is. In het eerste geval is er alleen sprake van een toegevoegde technologie, terwijl in het tweede geval ook de bestaande produktietechnologie wordt beïnvloed (Smits en Leyten, 1984, 24). Het hierboven aangebrachte onderscheid in karakteristieken vormt de basis voor deze paragraaf. Per karakteristiek zal een overzicht worden gegeven van de onderzoeksresultaten.

2.1 De instrumenten: kommando en controle versus marktkonform

Voor de uitvoering van het milieubeleid staan een reeks regelgevende instrumenten ter beschikking zoals normen, bestuurlijke gedragskode's, heffingen, subsidies etcetera. In deze reeks wordt veelal een onderscheid gemaakt tussen twee typen instrumenten: 1. kommando en controle of regulerende, versus 2. marktkonforme of economische instrumenten (Stewart, 1981; Latin, 1985 en Nentjes, 1984).

In het eerste geval is er sprake van directe regulering. De overheid werkt dan met min of meer uniforme ge- en verbodsbepalingen. In het tweede geval wordt de milieuverontreiniging van een prijs voorzien waarmee de vervuiler wordt gestimuleerd zelf een meest efficiënte oplossing te kiezen. Voor het doel van dit artikel - het bepalen van de invloed van instrumentkeuze op ontwikkeling van techniek - is het niet zinnig om alle instrumenten die passen binnen beide typen benaderingen apart te bespreken. Per benadering zullen er daarom enkele typerende instrumenten aan de orde worden gesteld.

Een belangrijk instrument bij het kommando en controle type regelgeving is **normstelling**. Vanuit het gezichtspunt van hun invloed op technische ontwikkeling is het nuttig de verschillende soorten normen op een schaal lopende van prestatie (performance) tot specificatie te plaatsen. In het eerste geval wordt er een norm gesteld voor bijvoorbeeld de uitstoot (emissienorm) of ten aanzien van de giftigheid van een bepaalde stof (blootstellingsnorm). In het tweede geval wordt een specifieke techniek voorgeschreven, bijvoorbeeld een bepaalde ontzwavelingstechniek. In de literatuur wordt gekonkludeerd dat prestatienormen zijn te verkiezen boven specificatienormen (Hill, 1975; Rothwell, 1979).

Een **prestatienorm** geeft de gereguleerde onderneming de vrijheid om zelf te bepalen op wat voor manier er voldaan wordt aan de regelgeving. Dit betekent dat er maximaal gebruik kan worden gemaakt van de binnen de onderneming aanwezige technische kennis. Kennis die bovendien ontbreekt bij de overheid. Een nadeel van een prestatienorm is dat het vaststellen ervan een complexe zaak is. Deze normen moeten enerzijds zoveel dwang zetten op de industrie dat er sprake is van 'technology forcing', anderzijds mogen ze ook niet zo streng zijn dat er onoverkomelijke implementatieproblemen ontstaan waardoor het oplossen van deze veelal juridische en politieke problemen voorrang krijgt boven het werken aan technische vernieuwing (White, 1982). Verder is de controle op bijvoorbeeld emissie kostbaar en nauwelijks op een akkurate manier uit te voeren. **Specificatienormen** daarentegen bieden grote administratieve en handhavingsvoordelen, daar alleen maar behoefte te worden nagegaan of de voorgeschreven technologie aanwezig is en werkt. Een in de praktijk veel gebruikte vorm van een specificatienorm is de bestuurlijke gedragskode. Hierin wordt niet een specifieke techniek, maar het niveau (geavanceerdheid) van de techniek voorgeschreven. Dit kan variëren van best uitvoerbare, best bestaande tot zelfs (nog) niet bestaande of experimentele techniek. Zo worden de voordelen van de prestatienormen - het kunnen profiteren van de technische know-how van de onderneming - gekoppeld aan de administratieve en handhavingsvoordelen van de specificatienorm.

Er is echter weinig onderzoek verricht naar de feitelijk invloed van bestuurlijke gedragscodes op de technische ontwikkeling. Het onderzoek dat wel is verricht suggereert dat ze, hoewel in potentie (theoretisch) daartoe in staat, bijna nooit leiden tot technische vernieuwing (schone- of nieuwe schoonmaaktechnologie). Ze blijken vooral een groot effect te hebben op de diffusie van de reeds bestaande schoonmaaktechnieken (Rothwell, 1979). Be-

langrijke instrumenten bij het marktconforme type zijn bijvoorbeeld heffingen en verhandelbare vervuiliingsrechten (voor een overzicht Vos en Opschoor, 1988; Hetteling en Paap, 1984, 44-47).

De principes zijn globaal: in het geval van een heffing wordt een vereist niveau van bestrijding van milieuvervuiling gedefinieerd. De heffing die de vervuilende onderneming moet betalen wordt afgemeten aan de mate waarin dit niveau wordt overschreden. Dit heeft tot gevolg dat elke onderneming voor zichzelf kan vaststellen in welke mate de milieuvervuiling wordt bestreden. De veronderstelling daarbij is, dat de keuze gemaakt zal worden op basis van een vergelijking van de additionele kosten die gemaakt moeten worden ter bestrijding van de vervuiling en de heffing die moet worden betaald. De overheid bepaalt alleen het niveau van de heffing, terwijl de mate van bestrijding van de milieuvervuiling een functie is van de decentrale beslissingen van individuele ondernemingen. Het invoeren van verhandelbare vervuiliingsrechten kan op verschillende manieren gebeuren. Bijvoorbeeld doordat de overheid het mogelijk maakt óf binnen óf tussen een bedrijf of groep van bedrijven een teveel aan milieubelasting te compenseren met een andere onderneming die een 'tekort' aan vervuiling kent (stolp concept). Een variant hierop is het banking concept, waarbij een bedrijf het verschil tussen een norm en de milieubelasting mag opslaan voor de toekomst of verkopen aan een ander bedrijf. De overheid kan hier nog een stap verder mee gaan door certificaten met emissierechten te verkopen aan bedrijven, die ze vervolgens ook weer kunnen verhandelen. Ook dan ontstaat de situatie dat bedrijven zelf een afweging zullen maken: emissierechten kopen of zelf zuiveren.

De voordelen van de heffing en de verhandelbare vervuiliingsrechten vanuit het oogpunt van de invloed op de technische ontwikkeling zouden zijn:

- De onderneming zal geneigd zijn om te zoeken naar een kosteneffectieve bestrijdingstechniek. Dat wil zeggen dat die technieken zullen worden gebruikt of ontwikkeld, die zoveel mogelijk de vervuiling verminderen tegen zo laag mogelijke kosten.
- De vrijheid om naar oplossingen te zoeken wordt gemaximaliseerd.
- Er wordt een positieve en continue motivatie gegeven aan bedrijven om te innoveren. Voor elke vervuiling moet worden betaald (in het geval van normstelling is dit niet het geval, elke vervuiling onder de norm is toegestaan).

Of er inderdaad een technisch vernieuwende invloed uit zal gaan van economische instrumenten als hierboven wordt gesuggereerd, hangt sterk af van de hoogte van de heffing en de prijs van de emissierechten. Deze moeten gerelateerd zijn aan de kosten van het in gebruik nemen van de milieutechnologie. Dit is meestal niet gemakkelijk te bepalen, zodat de overheid in de praktijk vaak door middel van een *trial-and-error* proces probeert te achterhalen wat de adequate hoogte is. Bedrijven reageren hier dan weer op met een afwachtende houding; ze zijn weinig bereid om investeringsbeslissingen te nemen. Een uitgebalanceerde discussie over de invloed op de technische ontwikkeling van de marktconforme versus kommando en controle regelgeving

is niet mogelijk, omdat er vooral over marktconforme regelgeving weinig empirische onderzoeksresultaten voorhanden zijn. De veronderstelde innovatie-vriendelijkheid is dan ook voorlopig alleen nog maar theoretisch aangetoond. Dit geldt in mindere mate voor de regulerende heffing¹, maar zeer zeker voor de verhandelbare vervuiliingsrechten. Het gebrek aan empirisch onderzoek heeft vooral te maken met het feit dat dit type regelgeving in de praktijk nog weinig is toegepast². Een andere faktor die vergelijkingen bemoeilijkt, is dat de invloed van beide types instrumenten niet alleen afhangt van hun inherente karakteristieken, maar ook van de vormgeving en implementatie van de regelgeving. In een recent overzicht van het gebruik van marktconforme instrumenten in de OESO landen wordt geconcludeerd dat de waarde van economische instrumenten voor het milieubeleid meer afhangt van de praktische uitvoerbaarheid en van de aanvaardbaarheid, dan van eigenschappen die op grond van de theorie aan dergelijke instrumenten worden toegekend (Vos en Opschoor, 1988, 18).

2.2 De vormgeving en implementatie van regelgeving

In deze paragraaf zal aan de volgende karakteristieken van de vormgeving en implementatie wat meer systematisch aandacht worden geschonken: consultatie, onzekerheid, vertraging en stringentie³. De betrokkenheid van de industrie bij de vormgeving van de regelgeving werkt positief op de technische ontwikkeling. Consultatie maakt uitwisseling van informatie mogelijk over technische data, over manieren van technische ontwikkeling die mogelijk en gewenst zijn en over de invloed die de regelgeving op de industriële activiteit zal hebben. De overheid kan hierdoor zijn voordeel doen met de technische expertise aanwezig in het bedrijfsleven. Bovendien is een betere toespitsing van de regelgeving mogelijk op de situatie in de industrie. Het verzet van de industrie tegen de regelgeving neemt hierdoor af. Een ander voordeel is dat als de industrie al in een vroeg stadium op de hoogte is van de plannen van de overheid, hiermee rekening gehouden kan worden bij investeringsplannen. De betrokkenheid van de industrie kan vele vormen aannemen: geïnstitutionaliseerd of *case-by-case* overleg; formeel of informeel en gecentraliseerd of gedecentraliseerd. In verschillende landen zijn specifieke instituties en mechanismen opgezet voor dit doel. Zo kent Nederland de zogenaamde konvenanten, waarin het Ministerie van VROM afspraken maakt met een bedrijfstak over de invoering van een specifieke techniek. VROM heeft bijvoorbeeld in het najaar van 1987 een konvenant gesloten met de negen grootste vrachtauto- en busleveranciers waarin deze zich hebben verplicht om vanaf 1 januari 1988 minstens 80% van de nieuwe vrachtauto's en bussen met schonere dieselmotoren af te leveren⁴. Toch moet de betrokken-

1. De waterverontreinigingsheffing (Wet verontreiniging oppervlaktewater) is wel door veel bedrijven als stimulerend ervaren om een eigen zuiveringscapaciteit te bouwen of om een nieuwe en schonere procesvoering te realiseren (Bressers, 1983).

2. En als het al wordt toegepast dan meestal niet met een technologiebeïnvloedende bedoeling, maar om meer geld binnen te krijgen (Vos en Opschoor, 1988, 2).

3. Empirisch materiaal voor groot deel ontleend aan OECD, 1985.

4. Verder is het bijvoorbeeld in de VS mogelijk onder de Clean Water Act, Clean Air Act en de Resource Conservation and Recovery Act dat een onderneming tijdelijk vrijgesteld wordt

heid van de industrie niet bij voorbaat als alleen maar positief worden afgeschilderd, want het vormt geen garantie voor technische vernieuwing. Het kan bijvoorbeeld leiden tot een zodanige normstelling dat de industrie met minimale wijzigingen kan volstaan. Het gaat altijd om een balans tussen voldoende en teveel in acht nemen van het gezichtspunt van de industrie.

Regelgeving kan op vele manieren een bron zijn van onzekerheid: door onduidelijkheid over de inhoud, vaak veranderen van de inhoud en inkonsistenties tussen de regelgeving van verschillende overheidsorganen en tussen nationale en internationale regelgeving. Onduidelijkheid over de inhoud van de regelgeving kan bijvoorbeeld resulteren uit de vaagheid van referenties in de regelgeving zoals 'best uitvoerbaar' of 'best beschikbare' techniek. Een ander aktueel voorbeeld is te vinden in de farmaceutische sektor, waar onduidelijk is of een met r-DNA technologie geproduceerd produkt, dat dezelfde karakteristieken bezit als het produkt dat het vervangt, maar dat niet met een r-DNA technologie is geproduceerd, weer dezelfde hoeveelheid testen moet ondergaan voordat het op de markt kan worden gebracht (Toet, 1987). Het veranderen van de inhoud van de regelgeving gebeurt bijvoorbeeld als bij vergunningverlening in diverse fasen de gestelde eisen worden bijgesteld of als lijsten worden bijgesteld, waarop stoffen staan die moeten worden gereguleerd. Inkonsistenties tussen regelgeving van diverse instanties is een veel voorkomend verschijnsel. Zo zijn de eisen die volgens de Arbowet worden gesteld niet konform de internationale eisen volgens de 'General Manufacturing Product' kode. Dit komt doordat de Arbowet gericht is op het beschermen van de werknemer, terwijl de genoemde kode gericht is op het beschermen van de konsument (Schoenmaker, 1987). De hier opgesomde bronnen van onzekerheid zijn beslist van belang, maar de werking ervan moet niet overschat worden. Er wordt vaak te gemakkelijk en te snel gewezen op onzekerheid als oorzaak van de remmende werking van de regelgeving⁵. Onzekerheid is vanwege de gebrekkige kennis van milieu-effecten inherent aan milieuregelgeving (Marjone, 1982, 309). Bovendien zal een te grote zekerheid leiden tot een niet meer dan minimale aanpassing van de industrie aan de regelgeving (Ashford e.a., 1985, 426).

De derde faktor is de mate van vertraging die ondernemers kunnen oplopen doordat ze moeten voldoen aan de regelgeving. Uit onderzoek blijkt echter dat het niet zozeer om de vertraging zelf gaat, als wel hoe ze de tijd gebruiken die nodig is om te voldoen aan de regelgeving. De belangrijkste vraag is of ondernemingen tijd gebruiken voor konsultatie waarin regelgeving en de technische ontwikkeling op elkaar worden afgestemd. Als dit niet het geval is, oefent het voldoen aan regelgeving inderdaad een remmende werking uit op de technische ontwikkeling.

van de toepassing van bepaalde normen om nieuwe technische mogelijkheden te ontwikkelen.

5. Een goed voorbeeld hiervan vormt het in 1984 uitgebrachte rapport van de Office of Technology Assessment over biotechnologie. In dit rapport komt de regelgeving en haar invloed op de biotechnologische ontwikkeling expliciet aan de orde. In de konklusie wordt er grote nadruk gelegd op de ontstane onzekerheid en de negatieve invloed hiervan op de konkurrentiepositie van de industrie door het ontbreken van een duidelijk en consistent regelgevend kader.

De *stringentie* tenslotte is een functie van de kosten die de industrie moet maken om te voldoen aan de regelgeving en van de flexibiliteit in de toepassing van de regelgeving. Vaak wordt verondersteld dat de kosten die gemeoid zijn met het voldoen aan de regelgeving een negatieve invloed zullen uitoefenen op het innovatieve vermogen van de industrie. Deze kosten zouden namelijk anders voor meer produktieve doelen, zoals R&D, kunnen worden aangewend. Dit argument gaat echter niet zonder meer op. In de eerste plaats is het gebaseerd op een statische situatie waarin de uitgaven die moeten worden gedaan om te voldoen aan de regelgeving worden weggestreept tegen andere uitgaven. Als we echter uitgaan van een dynamische situatie ligt het heel anders. Door de technische ontwikkeling kan juist een voldoende strikte regelgeving op termijn resulteren in kostenreductie. Strikte regelgeving maakt het vaak noodzakelijk om het hele produktieproces opnieuw door te lichten waardoor allerlei inefficiënties in bijvoorbeeld het grondstoffen- en energiegebruik te voorschijn komen. In de tweede plaats blijkt uit onderzoek dat strikte regelgeving in staat is om een innovatieve reactie op te roepen. Of dit inderdaad het geval is hang vooral af van de flexibiliteit van de toepassing. De industrie moet voldoende tijd krijgen om de noodzakelijke technische vernieuwingen te ontwikkelen en - als het niet lukt - de garantie dat ze de al bestaande milieutechnologie mogen installeren (Ashford e.a., 1985, 463). Zo'n flexibele aanpak kan bijvoorbeeld gestalte krijgen in een tijdschema waarover van tevoren is onderhandeld.

2.3 Karakteristieken van de onderneming

W. Abernathy (1979) en J. Utterback (1979) hebben de stelling geïntroduceerd dat een onderneming een soort levenscyclus volgt, waarbij de fase waarin de onderneming verkeert de technische reactie op de regelgeving bepaalt. De ouderdom en rijpheid van een onderneming beïnvloedt haar mogelijkheden om technische vernieuwingen te introduceren. In de eerste fase van de cyclus is de onderneming klein en worden flexibele produktiemethoden op kleine schaal gebruikt. De onderneming is relatief gemakkelijk in staat om nieuwe processen of produkten te ontwikkelen of over te nemen. In deze fase hoeft het proces niet vaak te worden verbeterd door zich snel opvolgende produktverbeteringen. In de tweede fase ontwikkelt de onderneming basis-processen en produkten. Het produktsysteem wordt inflexibeler en produktverbeteringen zijn moeilijker te realiseren. Er is vooral sprake van snelle procesveranderingen. In de derde fase tenslotte concentreert de onderneming zich op een gestandaardiseerd produkt tegen zo laag mogelijke kosten. De efficiëntie van de produktie wordt sterk opgevoerd waarvoor gespecialiseerde produktiemethodes worden gebruikt. De kosten van verandering zijn erg hoog. Hierdoor vinden er alleen graduele veranderingen plaats. Dit betekent voor de regelgeving dat haar invloed in de tweede, maar vooral in de derde fase erg zwak zal zijn. Als er fundamentele veranderingen nodig zijn, zal de regelgevende stimulans erg sterk moeten zijn. Het onderzoek bevestigt deze hypothese slechts gedeeltelijk. Oude industrieën blijken inderdaad in sommige gevallen nauwelijks of slechts marginaal te veranderen onder invloed van regelgeving, maar er zijn ook voorbeelden van rijpe industrieën die een ster-

ke technische vernieuwing hebben doorgevoerd om de vervuiling terug te dringen. De fase van de levenscyclus is dus niet noodzakelijkerwijs een oorzaak van inflexibiliteit. Integendeel, ouderdom en rijpheid kunnen functioneren als bronnen voor ervaring en bekwaamheid om innovaties door te voeren. Een belangrijke karakteristiek die verder in de literatuur wordt genoemd is de grootte van een onderneming. Uit een OESO-studie blijkt dat kleine ondernemingen minder open staan voor technische vernieuwing ter bestrijding van vervuiling. Dit gaat echter niet op in alle gevallen. Zo zijn bijvoorbeeld in de auto-industrie de relatief kleine ondernemingen Volvo en Saab zeer innovatief geweest op het terrein van de veiligheid. Een andere faktor die wordt genoemd, verwant met de grootte, is de structuur van een bedrijfstak. Als deze een gefragmenteerde structuur kent met vele kleine eenheden kan een al bestaande sociale innovatie moeilijk penetreren. Het diffusieproces verloopt hierdoor erg langzaam (OECD, 1985, 58).

Een derde faktor, naast de fase in de levenscyclus, grootte en structuur, is de innovatieve capaciteit van een onderneming. Deze is behalve van bovengenoemde factoren ook nog afhankelijk van:

- Economische positie van de onderneming. Over het algemeen zal een slechte economische positie technische vernieuwing bemoeilijken, maar het is ook mogelijk dat een ongunstige economische positie de onderneming juist dwingt om het productieproces diepgaander te rationaliseren en te veranderen. Maatregelen om milieuvervuiling te voorkomen, kunnen hiervan onderdeel uitmaken.
- Interne organisatie. Deze zal meer of minder geschikt zijn om op uitdagingen uit de omgeving te reageren. Dit hangt af van factoren als gecentraliseerde of gedecentraliseerde besluitvorming, ruimte voor initiatief, rigide besluitvormingsprocessen, interne cirkulatie van technische informatie en ontoegankelijkheid voor informatie van buitenaf. Onduidelijk blijft hoe deze factoren zich precies verhouden tot de relatie techniek-regelgeving.
- Cultuur van een organisatie. De vragen zijn hier: in hoeverre bestaat er een positieve attitude ten opzichte van regelgevende acties vanuit de overheid en in hoeverre een actieve of passieve attitude ten opzichte van innovatie (OECD, 1985, 57-66)?

2.4 Karakteristieken van de techniek van de gereguleerde onderneming

N. Ashford en G. Heaton (1979) hebben een model ontwikkeld waarin de aard van de techniek die wordt gebruikt door de gereguleerde onderneming bepalend is voor de aard van de technische reactie op een regelgevende stimulans. Zij kategoriseren technieken naar hun rigiditeit, wat wordt gedefinieerd als: "een continuüm dat als het ene uiterste veranderende (vloeibare) produktlijnen en ongekoördineerde produktietechnologie kent en aan het andere uiterste natuurlijke, grondstof-achtige produkten en ver geïntegreerde, kosten-effektieve produktietechnologieën" (p. 51). Zij onderscheiden uiteindelijk drie verschillende categorieën: fluid, segmented en rigid. Hun opera-

tionalisatie van deze begrippen komt echter dicht in de buurt bij die van rijpheid van onderneming zoals die door Abernathy en Utterback al was geïntroduceerd. Zij veronderstellen alleen geen evolutionair patroon; de categorieën zijn niet opeenvolgend maar staan naast elkaar. Verder maken zij wat betreft de technische reactie onderscheid in:

- proces- of produkt reactie
- fasen van ontwikkeling van de reactie
- nieuwhed van de reactie
- omvattendheid van de reactie

Hun hoofdhypothese is dat de aard van de bestaande techniek de richting van de invloed van de regelgeving op de technische verandering determineert. In hun onderzoek wordt deze hypothese bevestigd. Zo blijkt bijvoorbeeld dat alle ondernemingen met dezelfde categorie techniek onder druk van de regelgeving dezelfde technische verandering aanbrachten. Deze uniformiteit was niet te danken aan de regelgeving zelf, die liet alle vrijheid om zelf een eigen oplossing te kiezen. Een tweede uitkomst waarin zij een bevestiging van de hypothese zien is dat de proportie van produktinnovaties ten opzichte van procesinnovaties niet verandert onder invloed van de regelgeving. Ondernemingen met een flexibele technologie (fluid) reageerden vooral met produktmodifikaties en ondernemingen met een gesegmenteerde technologie reageerden met zowel produkt- als procesmodifikaties, maar opvallend genoeg ook in het algemeen sterker dan beide andere vormen. De meest verrassende uitkomst is waarschijnlijk wel dat regelgeving ten aanzien van rigide technologieën even nieuwe reacties oproept als die ten aanzien van flexibele technologieën. Regelgeving is volgens hen dan ook in staat om rigiditeit te doorbreken en creatieve nieuwe reacties op te roepen. De meeste reacties zijn echter niet nieuw en vinden pas plaats in een late fase van de ontwikkeling. De meeste nieuwe reacties (kwantitatief gezien) vinden plaats wanneer er een gesegmenteerde technologie wordt gebruikt. Ook hier was de hypothese dat dit het geval zou zijn bij het gebruik van flexibele technologieën. De omvattendheid van de reactie blijkt konform de verwachting het grootst te zijn bij flexibele technologieën en het kleinst bij rigide technologie.

Een belangrijke konklusie die Ashford en Heaton uit hun onderzoek trekken is dat bij de ontwikkeling van de regelgeving de aard van de te reguleren technologie in ogenschouw genomen moet worden. De technische reactie van de onderneming zal hiervan afhangen.

2.5 Het ontwerpen van een regelgevende technologie

Op basis van de aangebrachte onderscheidingen binnen de drie situatiekarakteristieken, is er een genuanceerdere en gedifferentieerdere benadering mogelijk van de complexe relatie tussen regelgeving en technologie. De tweede generatie studies heeft daarmee de door de eerste generatie studies aange- toonde complexiteit van de relatie tussen technologie en regelgeving enigszins hanteerbaar en inzichtelijker gemaakt. Op basis van het onderzoek is het mogelijk om verscheidene meer of minder getoetste hypothesen te formule-

ren over de genoemde relatie. Deze hypothesen bieden bovendien handvatten voor het ontwerpen van concreet regelgevend beleid, ze maken het mogelijk om de (technische) reactie van de onderneming te voorspellen. Voorbeelden van zulke hypothesen zijn:

- Bestuurlijke gedragskode's die de toepassing van best uitvoerbare technologie eisen, in overleg met de industrie en volgens een vast tijdpad zijn opgesteld en op een flexibele manier worden geïmplementeerd zullen leiden tot technische vernieuwing.
- Grote ondernemingen ontwikkelen onder invloed van regelgeving eerder innovatieve reacties dan kleine ondernemingen.
- Strikte regulering van een rigide technologie zal eerder leiden tot technische vernieuwing dan minder strikte regulering van flexibele technologie.

Verder onderzoek zou zich met name moeten richten op de aard van de gereuleerde onderneming en van de techniek. Het is vooral voor deze beide karakteristieken noodzakelijk om de ontwikkelde inzichten verder uit te werken en scherper te formuleren. Duidelijk is echter wel dat belangrijke veranderingen in de techniek kunnen worden afgedwongen met regelgeving als er tenminste rekening wordt gehouden met de complexiteit van de relatie tussen die regelgeving en de technische ontwikkeling.

3. Regelgeving versus technologische ontwikkeling opnieuw bezien

Ondanks de nieuwe inzichten kent de tweede generatie studies toch een belangrijke beperking. Er wordt vanuit gegaan dat de *inherente* karakteristieken van de regelgeving, de onderneming en/of de technologie bepalend zijn voor de uitgeoefende invloed. Dit resulteert uiteindelijk altijd in een nogal mechanisch stimulus-respons model. Regelgeving wordt gezien als een hefboom om het bedrijfsleven daar te krijgen waar de overheid ze wil hebben. Verreweg de meeste studies binnen de tweede generatie zijn ook gericht geweest op de karakteristieken van de regelgeving. Maar ook de studies naar de karakteristieken van de twee andere dimensies zijn gericht op het ontwerpen van een zo effectief en efficiënt mogelijke regelgevende strategie die direct ingrijpt op de technische ontwikkeling. Door dit regulerings- of top-down perspectief wordt het zicht ontnomen op andere factoren die ontwikkeling en gebruik van milieutechnologie binnen het bedrijfsleven bepalen. Om deze factoren op het spoor te komen is het noodzakelijk om het reguleringsperspectief los te laten. Als uitgangspunt voor de analyse kan beter gekozen worden voor de manier waarop het regelgevende proces interfereert met de milieutechnische ontwikkeling op bedrijfsniveau. Inzicht in de dynamiek van technische ontwikkelingsprocessen is daarvoor onontbeerlijk.

In deze paragraaf zal daarom eerst ingegaan worden op enkele recent ontwikkelde inzichten ten aanzien van de technologie-dynamika⁶. Daarna zal duidelijk worden gemaakt wat deze inzichten opleveren voor de vraag naar de (on)mogelijkheden van technologiebeïnvloeding.

3.1 Het technische ontwikkelingsproces in kaart gebracht

Opvallend is dat techniek binnen recente benaderingen hoofdzakelijk wordt gedefinieerd als kennis. De aard van deze kennis is ondernemingsspecifiek. Dat betekent dat de techniek niet een vorm van informatie is die je zomaar van de ene naar de andere situatie kunt overplaatsen. Het is altijd kennis die moet worden aangepast en toegeëigend. De ontwikkeling van deze kennis wordt gezien als een essentieel kumulatief en evolutionair proces. Ontwikkeling is het resultaat van het aanbrengen van steeds maar weer kleine verbeteringen. Continuïteit staat voorop. Onzekerheid is een wezenlijk kenmerk van dit proces. Welke technische variant uiteindelijk zal overleven kan niet worden voorzien. Er bestaat dus niet een 'beste' technische oplossing die op voorhand vastligt. Varianten van technische ontwikkeling moeten daarom steeds worden uitgetoet. Er is sprake van wat je zou kunnen noemen een trapsgewijze ontwikkeling. Deze ontwikkeling kan worden beschreven als een opeenvolging van variatie, selectie en stabiliseringsprocessen. Er wordt voortdurend gekozen tussen een aantal varianten. Dit proces resulteert niet simpelweg in de innovatie, maar het leidt wel tot een bepaalde mate van stabilisatie van een specifiek technisch artefact. De mate van stabilisatie zal echter niet vaststaan; zij kan afnemen en weer toenemen. Door op deze manier de technische ontwikkeling te beschrijven, wordt vermeden dat er een lineaire structuur wordt opgelegd aan het ontwikkelingsproces. In zo'n structuur wordt de technische ontwikkeling voorgesteld als een quasi-logisch en quasi-lineair proces, waarbij alle falende varianten buiten beschouwing blijven (Bijker, 1984; Schot, 1986a).

De technische ontwikkeling kan gezien het voorafgaande als een zoekproces worden gekonceptualiseerd waarbij onzekerheid troef is. Dit zoekproces gebeurt echter niet *at-random*. Niet alle mogelijke variaties worden uitgetoet. De inperking vindt plaats doordat men bepaalde gedragsregels volgt. Deze gedragsregels zijn in de literatuur onder vele noemers terug te vinden: regime (Nelson en Winter, 1977), paradigma (Dosi, 1982), gidspost (Sahal, 1981), technische agenda (Clark, 1985), en technisch zoekraam (Bijker, 1987). Er liggen soms belangrijke verschillen aan deze begrippen ten grondslag, maar het zijn allemaal pogingen om de optredende stabilisatie tijdens het technische ontwikkelingsproces te verklaren. Het is niet nuttig om in het kader van dit artikel in te gaan op de verschillen tussen de begrippen. Wel wil ik ingaan op de aard van de gedragsregels die worden vastgelegd met deze begrippen. Zij kennen namelijk een zekere dubbelheid. Wat hiermee

6. Daarbij wordt zowel geput uit inzichten ontwikkeld binnen het technologie-ekonomie onderzoek (Nelson en Winter, 1977; Dosi, 1982) als binnen de technologiesociologie (Bijker e.a., 1987). Opvallend is dat beide onderzoeksvelden enkele fundamentele veronderstellingen ten aanzien van het verloop van technische ontwikkelingsprocessen delen, terwijl beide zich toch relatief onafhankelijk van elkaar hebben ontwikkeld.

wordt bedoeld kan het gemakkelijkst worden duidelijk gemaakt door gedragsregels te vergelijken met spelregels. In een spel reageren de spelers op elkaars zetten. De manier waarop ze zullen reageren valt echter niet te voorspellen, maar volgt wel een bepaald patroon, omdat hun gedrag wordt ingeperkt door spelregels. Tijdens het spel kunnen deze spelregels de voortgang van het spel te veel belemmeren. Bovendien zullen sommige spelers waarvan spelmogelijkheden teveel worden ingeperkt actie ondernemen om ze te wijzigen. De dubbelheid van de gedragsregels zit dus daarin dat ze enerzijds worden gevormd tijdens de interactie tussen de betrokken actoren. Ze vormen daarmee het resultaat van een proces van doorgaande interactie. Gedragsregels kunnen dus niet als op zichzelf staande realiteiten worden beschouwd. Ze worden gekreëerd, veranderd en opgeheven. Belangrijk daarbij is dat ze in principe niet het resultaat vormen van het handelen van één van de actoren en dus ook niet gereduceerd kunnen worden tot het handelen van één aktor. Anderzijds oefenen ze zelf ook weer invloed uit op het verdere verloop van het proces. De ontwikkelde gedragsregels beïnvloeden het handelen van de actoren voortdurend. Hierdoor krijgt de technische ontwikkeling een bepaalde stabiliteit. Dat wil zeggen er ontstaat een continue technische ontwikkeling langs vaste lijnen. In de literatuur wordt dit verschijnsel aangeduid als een technisch traject. In de technologie-ekonomie literatuur wordt nog een tweede, de variatie begrenzen, kracht verondersteld: de selectie-omgeving. Deze omvat zowel de markt als allerlei institutionele regelingen (waaronder milieuregelgeving). Bij Nelson en Winter (1977) blijft de invloed van de selectie-omgeving in essentie darwinistisch. Dat wil zeggen dat de uiteindelijke eindprodukten van het technologisch traject pas op de markt worden uitgeselecteerd. Giovanni Dosi (1982) ontwikkelt hierop verder bouwend een lamarckistisch model waarin niet alleen sprake is van expost selectie van varianten op de markt, maar waarin de selectie-omgeving ook invloed uitoefent op de generatie van verschillende varianten binnen de ontwikkeling van het traject en zelfs op de keuze van de technologische paradigma's (ex-ante selectie). Dosi keert zich hiermee tegen de pure darwinistische selectie waarbij variatie en selectie volledig onafhankelijke processen zijn. In zijn lamarckistische model selekteert de selectie-omgeving ook de richting waarin variaties optreden. Van der Belt en Rip (1984) hebben echter aangetoond dat dit nog niet ver genoeg gaat. Tijdens de technische ontwikkeling wordt ook de selectie-omgeving beïnvloed. Er treedt een bepaalde mate van aanpassing van de selectie-omgeving op aan de eisen die de technologie stelt. Een stap verder zou je kunnen stellen dat het niet langer zinvol is een onderscheid aan te brengen tussen de selectie-omgeving en de technische ontwikkeling zelf (Latour, 1984, 4). Beide krijgen tegelijkertijd in het interactieproces tussen actoren vorm. Dit kan duidelijk gemaakt worden met een voorbeeld ontleend aan Callon (1987). Ingenieurs van de *Electricité de France* ontwikkelden begin jaren zeventig een plan voor een elektrische auto. Zij ontwierpen echter niet alleen een nieuwe auto, maar ook de hele sociale en ekonomische omgeving waarin die zou moeten functioneren. Zo kreeg Renault de rol toebedeeld van producent en zou voor de konsument milieuvriendelijkheid een belangrijk koopkriterium worden. Uit dit voor-

beeld wordt duidelijk dat iedere techniek als het ware zijn selectie-omgeving veronderstelt. Als die selectie-omgeving niet voldoet aan de veronderstelling, zal of de techniek of de selectie-omgeving moeten veranderen. In de praktijk zullen beide *tegelijktijd* worden aangepast of getransformeerd. Er is dus sprake van wat je zou kunnen noemen een ko-evolutie van techniek en omgeving.

Hoe moet dit proces van ko-evolutie worden gekonceptualiseerd? Voor een deel is dat hierboven al ingevuld als een opeenvolging van variatie, selectie en stabiliseringsprocessen. Duidelijk is nu dat deze variaties niet alleen technisch van aard zijn, maar ook de selectie-omgeving omvatten. Dit kan echter nog verder worden uitgewerkt. Vanwege de trapsgewijze ontwikkeling kent het proces een hiërarchische structuur (Clark, 1985). Er moeten eerst bepaalde treden genomen zijn, voordat men verder kan werken. Belangrijk is dat deze treden vervolgens het karakter krijgen van een *black box*. Dat wil zeggen dat de achterliggende keuzes en varianten niet langer zichtbaar zijn. Achteraf gezien worden ze daarom ook vaak als onvermijdelijk aangemerkt. Ze worden onderdeel van wat eerder aangeduid is als de spelregels. Doordat er voortdurend kan worden voortgebouwd op eerdere keuzes en ervaringen kan het hele technische ontwikkelingsproces als een leerproces worden beschreven. De hiërarchische structuur impliceert ook dat er variaties van hogere en lagere orde zijn. Het verschil zit in de omvattendheid of specificiteit van de betreffende variatie. Het hele ko-evolutieproces kan hierdoor worden voorgesteld als een proces waarin de precieze karakteristieken van zowel de techniek als haar omgeving duidelijk worden. Belangrijk is wel om te benadrukken dat de tijdens de ontwikkeling doorgehakte knopen (*black boxes*) altijd weer kunnen worden opengelegd. Dat is ook de manier waarop er nieuwe spelregels (*paradigma's* etc.) ontstaan. Het ontstaan en verdwijnen van deze spelregels kan dus op dezelfde manier worden verklaard.

3.2 Mogelijkheden voor technologiebeïnvloeding

Wat leveren deze inzichten over de aard van de technische ontwikkeling nu op voor de vraag naar de (on)mogelijkheden voor technologiebeïnvloeding (*technology forcing*)? Een eerste belangrijk punt is dat milieuregelgeving onderdeel uitmaakt van de selectie-omgeving die tijdens het technisch traject wordt gevormd. Dit betekent dat de regelgeving als zodanig geen invloed uitoefent, maar moet worden opgevat als een poging tot beïnvloeding van één der actoren. De werkelijke invloed op de technische ontwikkeling wordt in een proces van interactie tussen de actoren ingevuld. Dit spoort met de resultaten van het onderzoek naar de implementatie van de regelgeving. Daaruit blijkt dat wetten niet, slecht of anders worden uitgevoerd dan ze formeel zijn vastgelegd (Hanf en Toonen, 1985; Van Eijndhoven e.a., 1986). Dit wijst echter niet noodzakelijk op slechte regelgeving, maar is inherent aan een proces van technologiebeïnvloeding. De implicatie hiervan is allereerst dat de regelgever niet alle aandacht moet richten op de instrumentontwikkeling, zonder de feitelijke invloed op de technologische ontwikkeling tijdens het implementatieproces hierbij te betrekken. Dit lijkt voor de hand te liggen, maar in de praktijk wordt het toch vaak vergeten. Een voorbeeld vormt

de discussie over de regelgeving ten aanzien van de nieuwe biotechnologische toepassing. Deze discussie wordt volkomen gedomineerd door de vraag of met bestaande wet- en regelgeving de risico's formeel gezien in voldoende mate kunnen worden beheerst. De vraag welke invloed deze regelgeving in de praktijk op het biotechnologisch onderzoek in de bedrijven zal hebben wordt niet gesteld, of het moet zijn in de vorm van de vraag naar de mogelijk remmende werking (niveau van de eerste generatie) (Schot, 1986b).

Een tweede wellicht nog belangrijker implicatie is dat bij de ontwikkeling van het milieubeleid niet zozeer de ontwikkeling van regelgeving en handhaving daarvan voorop dient te staan, maar veeleer de verandering van gedrags (spel-)regels die de technische ontwikkeling begeleiden en sturen. Dit betekent een omkering van het perspectief. Het uitgangspunt van het beleid is niet langer de overheid die met zijn regelgeving een beter milieu moet realiseren maar het bedrijfsleven en de manieren waarop het met het milieu omspringt en welke aangrijpingspunten voor beïnvloeding dit biedt. Dit sluit aan bij het volgende punt. Het is duidelijk dat de overheid slechts één aktor is die invloed uitoefent op het proces van technische ontwikkeling. Dit levert enerzijds een grote beperking op in de sfeer van directe reguleringsmogelijkheden, maar anderzijds levert het de mogelijkheid op om het proces te beïnvloeden via het gedrag van andere betrokken aktoren. Rip e.a. (1987) schrijven hierover dat 'derde partijen' hefboomen kunnen vormen voor verandering in de spelregels en daarmee kanalen voor technologiebeïnvloeding kunnen zijn. Milieukriteria kunnen als het ware op de rug van deze aktoren in de technische ontwikkeling worden opgenomen. Voorbeelden van derde partijen zijn: verzekeringsmaatschappijen die in hun aansprakelijkheidspolis-sen voor milieurisico's steeds strengere eisen gaan stellen aan de kwaliteit van de milieuzorg; bedrijfstakverenigingen die proberen de rijen gesloten te houden en druk uitoefenen op hun leden om zich als volwaardig en verantwoordelijk lid te gedragen, ook bij de bewaking van de kwaliteit van de milieuzorg en tenslotte het publiek. De invloed van deze laatste partij is zeer diffuus maar daarom nog niet minder reëel. Opvallend in dit verband is de mate waarin de industrie zich druk maakt om haar publieke imago (Rip, 1986; Schot, 1988).

Een derde punt is dat het zoeken naar het juiste moment om invloed uit te oefenen op de technische ontwikkeling kan worden gestaakt. De huidige ontwerpeuforie, vanuit de gedachte hoe eerder hoe beter, is niet terecht. Variaties blijven tijdens het hele technische traject een rol spelen en spelregels blijven veranderbaar. In veel gevallen leveren maatregelen die het karakter dragen van good-housekeeping al snel een spektakulaire vermindering van de milieubelasting op (Keulen en Nielen, 1988, 3).

Een vierde punt tenslotte is het inzicht dat het proces van techniekbeïnvloeding haar eigen dynamiek en logika kent. Geen van de aktoren kan het hele proces naar zijn hand zetten. Maar het proces staat ook niet los van de strategieën van de betrokken aktoren. Meer inzicht in de dynamika van de techniek zal de overheid in staat stellen om meer gericht invloed uit te oefenen of om op zijn minst te voorkomen dat er regelgevende akties worden onder-

nomen die de technische ontwikkeling (vanuit milieu-oogpunt) de verkeerde kant op sturen. Dit laatste is geenszins een denkbeeldig gevaar. Een voorbeeld kan dit duidelijk maken. Binnen bedrijven wordt steeds meer aandacht geschonken aan de ontwikkeling van milieuzorgsystemen. Milieuzorg kan daarbij een aantal taken omvatten, lopend van controle op naleving van regelgeving, zorgdragen voor vereiste vergunningen, instructie en training, behandeling van klachten uit de omgeving van het bedrijf tot invloed uitoefenen op het strategische beleid van de onderneming. Als de overheid over zal gaan tot een formeel erkenningenbeleid van het milieuzorgsysteem, zonder inzicht te hebben in verdeling van taken en feitelijke plaatsen van de milieuzorg binnen het bedrijf, kan dit tot gevolg hebben dat de beïnvloedingskansen afnemen. Door zo'n erkenningsbeleid zal de dienst de neiging gaan vertonen om zich vooral te richten op de taken liggend in de sfeer van het voldoen aan de regelgeving en dit zou wel eens ten koste kunnen gaan van de ruimte die er is voor een ontwikkeling in de richting van preventieve milieuzorg. Dit sluit goed aan bij de observatie van Van Driel en Krozer (1988, 50) dat de sleutel tot preventie ligt in het bevorderen van het leerproces in de vervuulende industrie zelf. Bij verdere ontwikkeling van milieubeleid moet ervoor gewaakt worden dat dit leerproces niet onnodig gefrustreerd wordt door alleen uit te gaan van de eigen regelgevende rationaliteit.

Hiermee zijn de contouren van een nieuwe generatie benodigde studies geschetst. Het perspectief van deze generatie is het ontwikkelen van aangrijpingspunten om het leerproces waarin de technische ontwikkeling gestalte krijgt te beïnvloeden. Regelgeving wordt daarbij niet gezien als een hefboom om bedrijfsleven daar te krijgen waar de overheid haar hebben wil. De kritiek op de twee eerste generaties betekent niet dat dit soort onderzoek niet belangrijk is. Integendeel, beide generaties studies hebben het mogelijk gemaakt om op een zeer genuanceerde manier te denken over de relatie tussen regelgeving en technische ontwikkeling. Dat is geen overbodige luxe gezien het feit dat er soms wel erg gemakkelijk van wordt uitgegaan dat regelgeving uitsluitend remmend werkt op de technische ontwikkeling. Bovendien is duidelijk geworden dat directe overheidsregelgeving wel degelijk een technology forcing effect kan hebben. Toch zal de overheid alle technische veranderingen die nodig zijn om de steeds groter wordende milieuproblemen te bestrijden niet kunnen forceren. Hiervoor is het noodzakelijk om instrumenten te ontwikkelen waarmee op een meer indirecte wijze invloed wordt uitgeoefend op het leerproces van de technische ontwikkeling.

Literatuur

- Abernathy, W.J., 1979, *The Productivity Dilemma*, Baltimore.
- Allen, T.J. e.a., 1978, Government Influence on the Process of Innovation in Europe and Japan, *Research Policy*, 7, 1978, pp. 124-249.
- Ashford, N.A. en G.R. Heaton, 1979, The Effects of Health and Environmental Regulation on Technological Change in the Chemical Industry: Theory and Evidence, in Hill, C.T. (ed.), 1979, *Federal Regulation and Chemical Innovation*, Washington, pp. 45-67.

- Ashford, N.A., C. Ayers en R.F. Stone, 1985, Using Regulation to Change the Market for Innovation, *Harvard Environmental Law Review*, 9, 1985, pp. 419-466.
- Belt, H. van den en A. Rip, 1984, *Technologie-ontwikkeling: het Nelson-Winter/Dosi model*, Lisbon/Leiden.
- Bijker, W.E., 1984, Techniekgeschiedenis: een mogelijke basis voor theorieën over technologische ontwikkeling?, *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijf en Techniek*, 1, pp. 44-65.
- Bijker, W.E., 1987, The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention, in Bijker e.a., 1987, pp. 159-190.
- Bijker, W.E., T.P. Hughes en T. Pinch, 1987, *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge MA/London: MIT Press.
- Bressers, J.Th.A., 1983, *Beleidseffectiviteit en waterkwaliteitsbeleid*, (dissertatie), Enschede.
- Callon, M., 1987, The Sociology of a Actornetwork: The Case of the Electric Vehicle, in Callon, M., J. Law en A. Rip, *Mapping the Dynamics of Science and Technology*, London: Mac Millan, pp. 19-34.
- Clark, K.B.B., 1985, The Interaction of Design Hierarchies and Market Concepts in Technological Evolution, *Research Policy*, 14, pp. 235-251.
- Dosi, G., 1982, Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of Determinants and Directions in Technological Change, *Research Policy*, 11, pp. 147-162.
- Driel, P. van en J. Krozer, 1988, Innovatie, preventief milieubeheer en schonere technologie, *Tijdschrift voor Politieke Economie*, 10e jaargang nr. 4, pp. 33-56.
- Eijndhoven, J. van, J.W. Schot en A. Rip, 1986, Implementatie van milieunormen: onderzoek en praktijk, *Wetenschap en Samenleving*, 9/10, pp. 35-39.
- Grabowski, H.G. en J.M. Vernon, 1985, The Pharmaceutical Industry, in R.R. Nelson (ed.), 1985, *Government and Technical Progress*, pp. 283-361.
- Hanf, K. en Th.A.J. Toonen, 1985, *Policy Implementation in Federal and Unitary Systems*, Dordrecht: Martinus Nijhof.
- Hettelingh, J.P. en J.M. Paap, 1986, *Innovatie, milieu en ondernemingsbeslissingen. Een programmerende studie*, Amsterdam.
- Hill, C.T., 1975, *A State of the Art Review of the Effects of Regulation and Technological Innovation in the Chemical and Allied Products Industries*. Washington University.
- Keulen, R.W. en R.J. Nielsen, 1988, *Een verkenning naar integrale emissiereducties op korte en lange termijn*, TNO-SCMO.
- Latin, H., 1985, Ideal versus Real Regulatory Efficiency: Implementation of Uniform Standards and 'fine-tuning' Regulatory Reforms', *Stanford Law Review*, pp. 1267-1365.
- Latour, B., 1986, *How to Write 'The Prince' for Machines as well as for Machines*. Paper voor kongres "Technologie en Sociale Verandering, Edinburgh, 12-13 juni 1986.
- Marjone, G., 1982, The Uncertain Logic of Standard-setting, *Zeitschrift für Umweltpolitik*, 4, pp. 305-323.
- Nelson, R.R. en S.G. Winter, 1977, In Search of a Useful Theory of Innovation, *Research Policy*, 6, pp. 36-76.

- Nentjes, A., 1984, Milieu-economie, in Boersema, J.J., J.W. Copius Peerboom en W.T. de Groot (red.), 1984, *Basisboek Milieukunde*, Amsterdam, pp. 236-255.
- OECD, 1985, *Environmental Policy and Technical Change*, Parijs.
- Rip, A., 1986, *Corporate Response to Risk Issues*, Rijswijk: RMNO-PSG Milieu en Veiligheid.
- Rip, A., H. van den Belt en M. Schwarz, 1987, Theoretische analyses, in Daey Ouwens, C., 1987, *Constructief Technologisch Aspectenonderzoek. Een verkenning*, Den Haag, pp. 14-30.
- Rothwell, R., 1979, *Industrial Innovation and Government Regulation*, Den Haag.
- Rubenstein, A.H. en J.E. Etlie, 1979, Innovation among suppliers to automobile manufacturers, *R&D Management*, 9.
- Sahal, D., 1981, *Patterns of technological Innovation*, London.
- Schoenmaker, T.J., 1987, *Biotechnologisch bouwen in Nederland: hoeveel ruimte geven aan de regels?*, Paper voor 'Nederlands Biotechnologie Congres', Veldhoven, 9-10 maart 1987.
- Schot, J.W., 1986a, De meekrapnijverheid: de ontwikkeling van de techniek als een proces van variatie en selectie, *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijf en Techniek*, 3, pp. 43-62.
- Schot, J.W., 1986b, Biotechnologie en de valkuilen van de risico-discussie, *Wetenschap en Samenleving*, 8, pp. 3-7.
- Schot, J.W., 1988, Zelfregelgeving als spel, in Huppes, G., T. de Groot en H. Bezeemer, 1988, *Instrumenten voor Milieubeleid*, verschijnt binnenkort.
- Smits, R.E.H.M. en A.J.M. Leyten, 1984, *Technology Assessment: Op zoek naar een bruikbare aanpak. Een zestal gebieden van technologische ontwikkeling*, Den Haag: Staatsuitgeverij.
- Steward, H.F., Public Policy and Innovation in the Drug Industry, in Black, D. en G.P. Thomas (eds.), 1977, *Providing for the Health Services*, London.
- Toet, A., 1987, *Regelgeving, stimulans of belemmering voor de industriële toepassing van biotechnologie*, Paper voor 'Nederlands Biotechnologie Congres, Veldhoven 9-10 maart.
- Utterback, J.M., 1979, The Dynamics of Product and Process Innovation, in Hill, C.T. en J.M. Utterback (eds.), *Technological Innovation for a Dynamic Economy*, New York.
- Vos, J.B. en J.B. Opschoor, 1988, *Marktconforme instrumenten van milieubeleid in OESO-landen*, Paper voor bijeenkomst PSG Milieu en Economie.

Over milieuregelgeving en technologische innovatie publiceerde TPE eerder:

- Van Driel en Krozer, *Innovatie, preventief milieubeheer en schonere technologie* - 10/4
- Nauta en Van Eindhoven, *De trage start van de bodemsanering* - 10/1
- Van Driel, *De omvang van de milieuproblematiek en de kwaliteit van het milieubeheer* - 7/1
- Hagedoorn, *Een verkenning van het technologie- en innovatiebeleid in Nederland in de jaren '70* - 3/1