

Chemie in transitie?

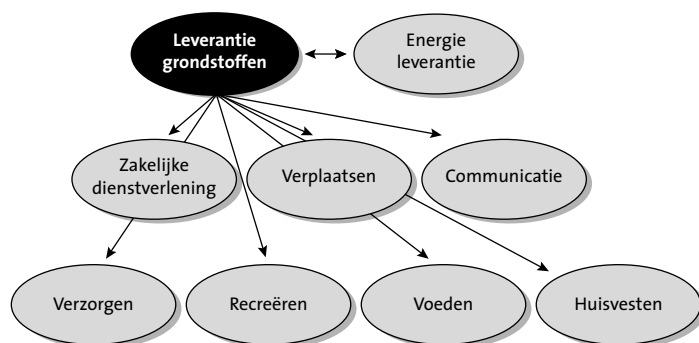
Duurzame ontwikkeling vraagt innovatie. Daarvoor is veel kennis nodig zowel op technologisch als niet technologisch gebied. Al zeker twee decennia is er een enorme kennisontwikkeling in de chemie gaande die inspeelt op de noodzaak duurzamer te voorzien in de materialen die de maatschappij nodig heeft. In de praktijk wordt dat stuwmeer aan kennis maar mondjesmaat benut. Een transitie naar een meer fundamenteel duurzamere chemische productie vindt daarom niet, of maar heel beperkt plaats. Wat nodig is een goede vaststelling van de mogelijkheden van de (technologische) ontwikkelingen en een gedeeld inzicht in de stimulansen, dilemma's en barrières op de transitiepaden. Om de dialoog hierover tussen betrokkenen te ondersteunen is een zogenoemde 'issue-arena' ontwikkeld.

Jan Venselaar en Rob Weterings

Chemie als basale functie in de samenleving
Onder chemie wordt in het spraakgebruik van burgers, bedrijfsmensen en wetenschappers niet altijd hetzelfde bedoeld. Wetenschappers doelen vaak op de wetenschappelijke discipline die zich bezig houdt met de omzetting van grondstoffen in bruikbare eindproducten. Burgers en bedrijfsmensen doelen veelal op een economische bedrijfstak, de chemiesector, bestaande uit een cluster bedrijven met uiteenlopende grondstoffen, conversieprocessen en producten. De auteurs hanteren hierna 'chemie' in de laatste vorm. Toch zijn dan de beelden van deze chemiesector heel verschillend zijn. Waar de een denkt aan de grootschalige petrochemie, denkt de

ander juist aan de fijnchemie die kleinschalig allerlei chemische componenten maakt.

Chemie is, hoewel niet altijd zo onderkend, een essentiële activiteit in onze huidige samenleving. In dit artikel gaan we in op de rol van de chemie in een maatschappelijke transitie naar duurzame ontwikkeling. Dan moeten we beginnen bij een omschrijving van die functie van chemie in die samenleving. Naar analogie met de veel gehanteerde indeling van economische goederen en diensten van Michael Porteri kunnen we onderscheid maken tussen eindgebruikfuncties (zoals voeden en huisvesten), intermediaire functies (zoals verplaatsen, en communiceren) en generieke functies². Chemie vervult een generieke functie. Met de levering van grondstoffen, materialen en producten bedient de chemie immers alle andere functies in de samenleving. Net als de andere generieke functie, energieleverantie, staat chemie aldus aan de basis van onze moderne samenleving. Veranderingen in de chemie werken door in alle activiteiten en lagen van onze samenleving. En omgekeerd heeft een samenleving in transitie ook behoefte aan nieuwe grondstoffen, processen en producten, en dus nieuwe chemie.



Figuur 1
Chemie als generieke functie in de samenleving

Samenleving in transitie

Met het vierde Nationaal Milieubeleidsplan is het begrip transitie geïntroduceerd in nationaal beleid. Het NMP4 wijst erop dat systeemfouten in de huidige maatschappelijke ordening barrières vormen voor het streven naar duurzame economische ontwikkeling. Met 'transitie' wordt bedoeld op de samenhangende - elkaar versterkende - veranderingen in technologie, economie, cultuur en instituties die nodig zijn om voortgaande groei in welvaart te kunnen combineren met een groei in welzijn en in kwaliteit van de leefomgeving. Sinds het verschijnen van het NMP4 is dan ook een start gemaakt met transitiebeleid op het gebied van energie, landbouw, biodiversiteit en mobiliteit.

Een maatschappelijke transitie naar duurzame economische ontwikkeling behelst al die veranderingen in processen en structuren in onze samenleving die nodig zijn om te voorzien in de behoeften van de huidige generatie, zonder de mogelijkheden voor toekomstige generaties aan te tasten om in hun behoeften te voorzien³

Duurzame ontwikkeling kent een sterke ecologische dimensie ('planet') gericht op vermindering van gebruik van grondstoffen en energie, en op behoud en herstel van milieu e biodiversiteit. Daarnaast kent duurzame ontwikkeling ook een economische ('profit') en een

Over de auteurs:

dr.ir. Jan Venselaar (tel. 055-549 3335), e-mail: j.venselaar@mep.tno.nl) is senior adviseur Duurzame Bedrijfsvoering bij TNO-MEP en lector aan de Avans Hogeschool. Hij is nauw betrokken bij diverse initiatieven op het gebied van duurzame chemie, onder andere in DCO-kader. Daarnaast is hij internationaal betrokken bij de ontwikkeling op het gebied van duurzame chemie in het kader van de European Federation of Chemical Engineering.

dr. Rob Weterings is hoofd van de afdeling Systeeminnovatie & Leefomgeving van TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie. Recente activiteiten omvatten onder meer de leiding van een TNO-breed programma Duurzame Systeeminnovaties. Hierin wordt door zes TNO-instituten samen met bedrijven en overheden praktijkonderzoek naar de realisatie van duurzame systeeminnovaties verricht.

Dit artikel is gebaseerd op een Ronde Tafel bijeenkomst die door KNCV en ministerie VROM is georganiseerd op 10 maart 2004. Circa 25 sleutelpersonen van bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid namen deel. De auteurs danken Barbara de Klerk van Wageningen UR voor haar commentaar.

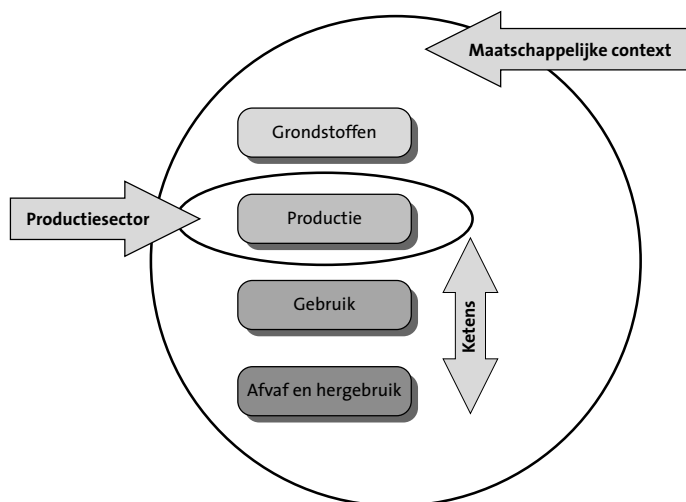
sociale ('people') dimensie. Profit omvat het streven naar een gezonde bedrijfsvoering, gelijkheid in handel en handelsrechten tussen regio's en op de waarde die de gemeenschap heeft van het gebruik van de natuurlijke bronnen, ruimte en infrastructuur. De sociale dimensie ('people') richt zich op de kwaliteit van arbeid en de welvaart en het welzijn van mensen. Ontwikkeling kan duurzaam genoemd worden als aan de meeste van deze randvoorwaarden, liefst alle, voldaan wordt en als niet één of meerdere van deze aspecten ernstig verslechteren.

Chemie en transitie

Wat zou nu de rol van de chemie kunnen zijn in een transitie naar duurzame ontwikkeling? Een algemeen antwoord op die vraag is – op grond van het bovenstaande – al te geven: chemie kan door leverantie van ecologisch inpasbare grondstoffen, processen en producten bijdragen aan de duurzaamheid van alle intermediaire en eindgebruikfuncties in de maatschappij. Dat stelt forse uitdagingen aan de chemie op drie aggregatieniveaus:

- de chemische industrie staat voor de uitdaging om de voortbrenging van producten, materialen zo eco-efficiënt mogelijk te realiseren (sectorniveau);
- met toeleveranciers en afnemers in de keten staat de chemische industrie voor de uitdaging om materiaalketens van grondstof tot afval zo eco-efficiënt mogelijk te maken en waar zinvol te sluiten (ketenniveau);
- als maatschappelijk verantwoorde ondernemers staat de chemische industrie voor de uitdaging om die producten en materialen te leveren die bijdragen aan de duurzaamheid van andere functies: energieopwekking, transport, huisvesting, (maatschappelijke niveau).

Duurzame chemie wordt meestal gekoppeld aan de eerste twee uitdagingen. Daarbij is het 'Planet' aspect erg sterk. De derde uitdaging is echter minstens zo belangrijk. Daarbij speelt het 'People' aspect ook een belangrijke rol. Het gaat niet alleen om eco-efficiëntie op het niveau van de sector of de voortbrengingsketen, maar om de relatie tussen productie en consumptie en het op de juiste wijze (ook maatschappelijk) voldoen aan de noodzaak voor duurzame ontwikkeling in sectoren als transport, landbouw, wonen etc. Dus niet alleen 'de producten goed maken', maar ook 'de goede producten maken'.

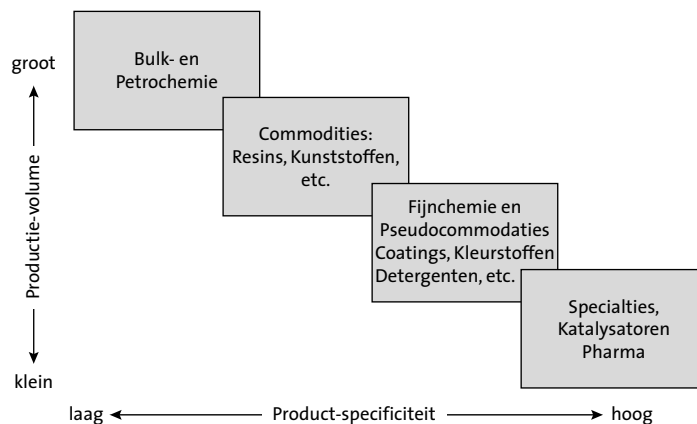


Figuur 2
Drie aggregatieniveaus binnen de chemie

Hoe de chemie kan bijdragen aan duurzame economische ontwikkeling

Tot dusver hebben we het gehad over de chemie als maatschappelijke functie, als voortbrengingsketen en als industriële sector. We moeten nog een slag concreter worden als we willen definiëren hoe

de chemie kan bijdragen aan duurzame economische ontwikkeling. De chemiesector omvat immers een enorme variatie van de 'productie' activiteiten variërend van grootschalige bulkproductie in de petrochemie tot zeer hoogwaardige, functionele producten die in de specialiteit chemie in relatief beperkte batches worden geproduceerd (zie figuur 3). We adresseren steeds één of meer segmenten uit figuur 3 bij de vijf onderstaande transitiepaden richting duurzame ontwikkeling.



Figuur 3
Segmentatie binnen de chemie-sector

Optimale functionaliteit en duurzaamheid

Het eerste transitiepad is van belang voor een groot deel van de chemiesector: de (pseudo)commodities, de fijnchemie en pharma/specialties. De essentie van dit transitiepad is het streven naar een optimale functionaliteit en duurzaamheid van componenten, materialen en moleculen. De chemie brengt alleen die componenten, materialen en moleculen voort die precies zijn afgestemd op de functie waarvoor ze bedoeld zijn en er dus minimale verspilling en neveneffecten optreden. Te denken valt hier bij aan de ontwikkeling van materialen die licht en sterk zijn en dus energie besparen in het gebruiksstadium (bijvoorbeeld in auto's en kassen). Aanzienlijk grotere precisie en functionaliteit in componenten en materialen is mogelijk, en zijn nu al van groot belang in de farmaceutische industrie (minder neveneffecten) en de fijnchemie (zuivere agentia). Anderzijds moet ingespeeld worden op eisen die duurzaamheid stelt aan materialen en eindproducten. Het gaat ook om een optimale afstemming op de maatschappelijke behoefte. Zo kunnen in sommige gevallen recyclebare polymeren zinvol zijn (bij kortdurig gebruik) en is in andere gevallen PVC de meest optimale keuze (bij langdurig gebruik). In alle gevallen gaat het niet alleen om het ontwerp van 'nieuwe' moleculen, maar ook om nieuwe wijzen van productie. Nieuwe apparatuur en processen zullen nodig zijn om deze moleculen te kunnen maken en om dergelijke nieuwe materialen te kunnen gebruiken.

Ketenkringsluiting en optimale afvalverwerking

Ook ketenkringsluiting en optimale 'eindfase' (afval) verwerking is voor een groot deel van de chemiesector van belang, met name in de bulk/petrochemie, de (pseudo)commodities en de fijnchemie.

Bij ketenkringsluiting gaat het om het minimaliseren van de in- en output van materialen en energie in de keten. Structureel hergebruik van materialen valt hieronder. Hiervoor moeten vaak in alle schakels van de keten keuzes gemaakt worden (bijvoorbeeld bij de keuze van grondstoffen), niet alleen in de laatste schakel. Naast recycling van restproducten en afval is ook een efficiënte en schone verwerking van belang voor dat deel van het materiaal dat niet meer als zodanig hergebruikt kan worden.

Op biomassa gebaseerde procesroutes

In het derde transitiepad staart de overgang naar op biomassa gebaseerde procesroutes centraal. Deze route naar duurzame ontwikkeling is op middellange termijn te volgen voor fijnchemie en (pseudo)commodities, maar op langere termijn ook voor de andere segmenten. Hier gaat het om een intensieve benutting van vernieuwbare grondstoffen voor processen en materialen. De samenhang tussen chemie, energie en landbouw komt hier sterk naar voren. Gewassen worden verbouwd en/of geoogst om te dienen als grondstof voor de productie van basischemicaliën of als biobrandstof ten behoeve van de energieproductie, wat bijdraagt aan sluiting van de CO₂-kringloop. Basischemicaliën die uit gewassen kunnen worden geproduceerd zijn o.m. ethanol, etheen, propeen en buteen. Specifieke componenten uit biograndstoffen kunnen (en worden al) voor productie van specifieke componenten worden gebruikt. Door selectieve teelt of genetische aanpassing kunnen meer en ook andere componenten worden gemaakt. Een voorbeeld is de aardappel van Avebe die alleen nog maar amylopectine bevat en geen amylose meer, waardoor hij veel beter geschikt is voor allerlei food- en nonfood-toepassingen.

Schone op fossiele grondstof gebaseerde procesroutes

Een vierde transitiepad gaat uit van de ontwikkeling van schone op fossiele grondstof gebaseerde procesroutes. Deze route is primair van belang voor de bulkchemie en de petrochemie. Voortdurend stijgende procesefficiëntie en steeds verdere schaalvergroting maken dat in de basis- en petrochemie de ecologische footprint per ton etheen, propeen, etc. steeds kleiner wordt. Economische drijfveren (kostenverlaging) en ecologische motieven (beperking van afval en emissies) gaan hierbij hand in hand. Door inzet van efficiënte procestechologie, innovatieve katalysator systemen en intelligente meet- en regeltechniek worden fossiele grondstoffen steeds efficiënter omgezet in nuttig product en worden ook nevenproducten steeds meer benut. Ten opzichte van de benutting van fossiele grondstoffen in energievoorziening en transport is in de basis petrochemie sprake van een zeer hoogwaardige benutting van fossiele grondstoffen.

Schone en superefficiënte procestechologie

Bij het vijfde transitiepad, van belang voor de gehele chemiesector, staat de ontwikkeling van schone procestechologie centraal: met verregaande 'downscaling' (hier bedoeld: verkleinen van productie-apparatuur en installaties, maar streven naar gelijk productievolumen) en superefficiënt met betrekking tot energie en grondstofgebruik. Van oudsher zijn productieprocessen in de fijnchemie en farmaceutische industrie gebaseerd op processen uit de bulkchemie. De afgelopen decennia zijn veel van die processen aanzienlijk 'opgeschoond', dat wil zeggen efficiënter geworden in hun gebruik van energie en grondstoffen en met minder emissies. Ze zijn echter zelden wezenlijk veranderd. Er is nu een duidelijke trend gaande naar de ontwikkeling van nieuwe processen, procesroutes procesapparatuur. Hieraan wordt vanuit verschillende disciplines gewerkt: organische synthese, (bio)katalyse, (bio)procestechologie, microsysteemtechnologie. Gewerkt wordt aan 'elegante processen' met een veel grotere precisie en functionaliteit, sneller, met veel minder gebruik van oplosmiddelen, hulpstoffen en energie. Vaak ook in veel minder stappen. Het gaat soms om geminiaturiseerde processen (met apparatuur op microniveau) die eenvoudig opgeschaald kunnen worden door een aantal parallel te zetten. De ontwikkelingen daarvoor komen voort uit het toepassen van microsysteemtechnologie bij het sneller en efficiënter te identificeren van werkzame stoffen en processen, speciaal ook in de farmaceutische industrie. Die kennis verbreedt zich naar de fijnchemie en mogelijk ook de specialities chemie. De toekomstvisies die daarbij ontwikkeld worden zijn sterkere multifunctionaliteit van (kleine) installaties door bijvoorbeeld slimme katalyse systemen, vermindering van het belang van de 'economy of scale' en daarmee mogelijk maken van

'in situ productie' van gewenste componenten (veiliger en minder transport).

Barrières en stimulansen

Opvallend bij veel initiatieven die tot dusver in het kader van duurzame chemie zijn genomen, is de sterke oriëntatie op ontwikkeling van nieuwe technologie. Het is ook een heel herkenbare reflex bij het denken over innovatie om zich te concentreren op ontwikkelen van nieuwe kennis, veelal ook technologisch gericht. Natuurlijk is de ontwikkeling van nieuwe (proces)technologieën belangrijk. Technologie vormt een essentiële 'enabler': dat wil zeggen het opent nieuwe mogelijkheden die voorheen niet beschikbaar waren. Echter, het ontwikkelen van 'enablers' (o.m. nieuwe technologieën) is op zichzelf niet voldoende voor de chemie om daadwerkelijk bij te dragen aan duurzame economische ontwikkeling. Ontwikkeling van nieuwe technologie leidt immers niet vanzelf ook tot toepassing van die nieuwe technologie. Veel meer aandacht dan tot dusver is nodig voor de factoren en voorwaarden die bepalend zijn voor de mate waarin (en de termijn waarop) nieuwe technologieën daadwerkelijk toegepast worden. En voor de vraag of de toepassing van die nieuwe technologieën niet alleen in potentie, maar ook in praktijk bijdraagt aan duurzaamheid.

We moeten dus weten welke stimulansen de gewenste werking van deze 'enablers' bevorderen. Welke maatschappelijke en economische trends, bedrijfsinitiatieven, overheidsregelgeving, stimulerende maatregelen en zo voorts beïnvloeden de toepassing van bijvoorbeeld microsysteemtechnologie zodanig dat dit tot substantiële verbetering van de eco-efficiëntie van chemische voortbrenging leidt? Ook moeten we veel beter weten welke barrières de toepassing van 'enablers' in de gewenste richting kunnen blokkeren. Dat kunnen factoren zijn die te maken hebben met de bedrijfs- of sectorcultuur, fiscale en juridische aspecten, maar ook economische mechanismen die tot gebrekkige marktintroductie of 'rebound' effecten leiden. We constateren dat op dit moment dergelijke stimulansen en barrières nog onvoldoende in kaart zijn gebracht. En dat gebrek aan systematische kennis vormt een forse belemmering voor de transitie naar een duurzame chemie.

Ter voorbereiding van een Ronde Tafel op 10 maart 2004 zijn 'enablers', stimulansen en barrières in kaart gebracht voor elk van de vijf eerder genoemde transitiepaden. Basis hiervoor was een gespreksronde met een select aantal sleutelpersonen van chemische industrie en kennisinstellingen (5). Per transitiepad resulteerde dit in een matrix - een zogeheten issue-arena - waarin de belangrijkste 'enablers', stimulansen en barrières zijn samengevat. Onvermijdelijk staan in die matrix ook dilemma's en onzekerheden. Soms kunnen die simpel worden opgelost door meer kennis, soms zijn ze slim te omzeilen, maar vele zijn inherent aan de complexiteit van duurzame ontwikkeling en de diversiteit van meningen en waarden die nu eenmaal bestaat binnen elk bedrijf, binnen de chemiesector en binnen de maatschappij. Het opstellen van zo'n issue-arena is in onze ervaring een goed hulpmiddel om betrekkelijk snel een gestructureerd overzicht te krijgen van de belangrijkste issues, dilemma's en onzekerheden. Figuur 4 schetst - ter illustratie - een issue-arena voor het transitiepad waarin op biomassa gebaseerde procesroutes centraal staan.

Van (be)denken naar doen

Het hebben van een lange termijnvisie op duurzame chemie en het beschikken over inzicht in stimulansen, barrières, dilemma's en onzekerheden op het transitiepad is geen doel op zichzelf. Visie en kennis zijn nodig als basis voor gezamenlijk handelen van bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Gerichte samenwerking veronderstelt een zekere mate van overeenstemming over de (lange termijn) visie op een duurzame chemie. Effectief handelen vereist dat bekend is welke acties op korte en middellange termijn nodig zijn

Enablers	Stimulansen	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
Laag I: Maatschappelijke context			
Zorg om klimaateffecten	Belasten fossiele resources	Lage prijs fossiele bronnen	Concurrentie met voedsel
'Biologische' afkomst draagt bij aan 'kwaliteits gevoel'	Kostentoeename 'gevaarlijk afval'	Complexiteit moleculen, diversiteit aan productieroutes	Ruimtebeslag (bij toenemende druk op oppervlak ivm welvaart en bevolkingsgroei)
	Zoeken naar extra inkomsten platteland	Nederland is als relatief klein land niet toegerust om baanbrekend werk te doen op technologiegebieden zoals biotechnologie	Creëren marktstructuur die voorkomt dat grondstofteelt in arme landen leidt tot voedselschaarste
Laag II: Keten			
Vrijkomen van landbouwgronden	Afvalverwerking cq 'recycling' via 'gewoon verbranden mogelijk	Ongelijke verdeling baten en lasten in keten	Wat is de werkelijke winst voor 'milieu en duurzaamheid'. Voorkomen van afwenteling.
Ontwikkeling biomassa gebaseerde energie opwekking		Voor overgang naar vernieuwbare grondstoffen is vaak schaa sprong nodig. Schaalgedifferentieerde productie	Wat is economisch haalbare route om biomassa op grote schaal in te zetten?
			Hoe komen tot structurele samenwerking in keten
Laag III: Sector			
Genomics ^a Biotechnologie Biobased conversion ^b	Behoeft e aan grotere diversiteit aan complexe moleculen	QWERTY-effect: één oplossing gaat overheersen	Gentech acceptatie
Total plant conversion ^c Cascade aanpak ^c Biorefinery approach ^c		Sectoren chemie en landbouw zijn sterk verschillend qua cultuur	Positie 'biomassa exporterende landen'
			Afval tgv reststoffen uit biomassa (zoals mestoverschot)

a. genetisch modificeren van (micro-)organismen

b. chemie die biologische processen imiteert en biologische componenten (zoals enzymen) gebruikt

c. verschillende methoden en technologieën om uit geoogst plantenmateriaal de verschillende waardevolle componenten te benutten.

Figuur 4

Issue-arena voor 'op biomassa gebaseerde procesroutes'.

om die visie te verwezenlijken. Duidelijk moet ook zijn wie welke acties het best kan initiëren, zodat iedere partij binnen de eigen invloedssfeer optimaal kan bijdragen aan het scheppen van de benodigde succesvoorwaarden.

Een eerste stap in het daadwerkelijk op gang brengen van een transitie naar een duurzame chemie is de ontwikkeling van 'enablers'. In het bijzonder bij de ontwikkeling van nieuwe technologieën, zoals microsteemtechnologie, biotechnologie en scheidingstechnologie is de laatste jaren veel bereikt. Ook de komende jaren zullen bedrijven en kennisinstellingen in door de overheid gefinancierde programma's technologische opties verder ontwikkelen. Die aandacht voor technologie is essentieel, maar er is tot dusver te weinig aandacht voor de factoren en voorwaarden die bepalend zijn voor de toepassing van die technologische mogelijkheden in duurzame innovatie. Ook moeten we constateren dat tot dusver de implementatie nog nauwelijks op gang is gekomen, ook niet binnen de bedrijven die actief en financieel in de ontwikkeling van nieuwe technologieën participeren. De chemie dreigt zo een voorbeeld van de bekende innovatieparadox te worden: veel kansen waar weinig mee gebeurt.

Het is dan ook essentieel dat niet alleen technologische belemmeringen voor een transitie naar duurzame chemie worden weggenomen, maar dat de initiatieven ook inspelen op belemmeringen (en stimulansen) van economisch, juridisch, institutioneel en cultureel karakter. Meer systematisch inzicht in deze barrières en stimulansen is hiervoor nodig, wil de ambitie verder reiken dan éénmalig succes in een specifieke marktniche. Uiteindelijk gaat het bij een

transitie naar een duurzame economische ontwikkeling om brede toepassing van nieuwe grondstoffen, producten en processen ter vervanging van energie- en milieu-intensieve opties die momenteel in de chemie dominant zijn. Een pro-actieve rol is in dit transitieproces weggelegd voor de overheid, als aanjager en beleidsmaker. Maar een overheidsinitiatief alléén is zeker niet afdoende. Nodig is een gerichte samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen, gebaseerd op een heldere lange termijn visie en daadkrachtig in het signaleren en wegnemen van bottlenecks en belemmeringen op de korte termijn.

**De discussie gaat nu via internet door.
U kunt meedoen via www.kncvdebat.nl.**

Literatuur

- Porter, M.E., 1990
The competitive advantage of nations. The Macmillan Press Ltd., pag. 742.
- Weterings, R., en anderen, 1997
81 Mogelijkheden. Technologie voor duurzame ontwikkeling. Den Haag: Publicatiereeks Ministerie VROM: 97555/a/10-97
- World Commission on Environment and Development, 1987
Our Common Future. New York
- Venselaar, J., 2003
Sustainable growth and Chemical Engineering, Chem Eng Techn 26, 868-874
- Venselaar, J. K. Molendijk, R. Weterings, B. de Klerk, 2004
Transitie naar een duurzame chemie. Een startnotitie; TNO / WUR, april 2004.