



Laan van Westenenk 501  
Postbus 342  
7300 AH Apeldoorn

[www.mep.tno.nl](http://www.mep.tno.nl)

T 055 549 34 93  
F 055 549 32 01  
[info@mep.tno.nl](mailto:info@mep.tno.nl)

**TNO-rapport**

**R 2004/179**

**Transitie naar een duurzame chemie**

**Een Startnotitie**

Datum	april 2004
Auteurs	Ir. K.G.P. Molendijk, TNO-MEP Dr.Ir. J. Venselaar, TNO-MEP Dr. R.A.P.M. Weterings, TNO-MEP Dr. B. de Klerk-Engels, Wageningen UR
Projectnummer	35082.01.01
Trefwoorden	Duurzame chemie Transitie
Bestemd voor	Ministerie VROM Directoraat Generaal Milieubeheer

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

## Samenvatting

De chemie heeft een cruciale rol in een maatschappelijke transitie naar duurzame ontwikkeling. Dat heeft in de eerste plaats te maken met de generieke functie van chemie in die samenleving. Met de leverantie van grondstoffen, materialen en producten bedient de chemie immers alle andere functies zoals voeding, verzorging, huisvesting, mobiliteit en zo voorts. Net zoals de energievoorziening, staat de chemie aldus aan de basis van onze moderne samenleving. Duurzame innovaties in de chemie werken door in alle activiteiten en lagen van onze samenleving.

Omgekeerd heeft een samenleving in transitie ook behoefte aan nieuwe grondstoffen, processen en producten. Hierin ligt de tweede reden waarom de chemie een cruciale rol heeft in een transitie naar duurzaamheid. Binnen de chemie zijn diverse veelbelovende ontwikkelingen in research & development in gang die op termijn kunnen voorzien in de maatschappelijke behoefte aan duurzame grondstoffen, componenten, productieprocessen, verwerking- en bewerkingsmethoden en producten. Voor de sector liggen hierin bovendien nieuwe duurzame business-opportunities. Het tijdig signaleren van deze kansen en een gerichte stimulering van hun realisatie in de praktijk is misschien wel de grootste uitdaging voor een chemie in transitie.

In essentie is dat de conclusie van een beknopte literatuuronderzoek, 10 interviews met sleutelpersonen en een Ronde Tafel bijeenkomst met 35 opinionleaders uit alle segmenten van de chemie. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door TNO-MEP en Wageningen UR in opdracht van het ministerie van VROM en in samenwerking met de commissie Chemie in Context (CiC) van de KNCV. Het doel van het project was om de belangrijkste issues, drivers en dilemma's rond de transitie naar duurzame chemie in beeld te brengen. Dit als basis voor beleidsontwikkeling van de rijksoverheid en als aanzet voor een internetdiscussie die de KNCV in de periode april – juli 2004 organiseert voor haar leden.

### *Welke chemie?*

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 beelden van deze chemiesector kunnen overigens heel verschillend zijn. De een denkt aan de grootschalige bulk- en petrochemie met een hoog productievolume en een relatief lage productspecificiteit. De ander denkt juist aan de specialties en de farmaceutische industrie, waar relatief kleine hoeveelheden van zeer specifieke producten worden geproduceerd. En dan zijn er binnen de chemie nog de fijnche-

mie en de (pseudo)commodities. In elk van deze segmenten van de chemie liggen andere kansen en dilemma's voor een transitie naar duurzaamheid.

Transitie naar een duurzame chemie voltrekt zich op minstens drie lagen: binnen de sector, op ketenniveau en op maatschappelijk niveau. Op het hoogste niveau staat de chemie voor de uitdaging om met nieuwe producten en processen maatschappelijke behoeften op een duurzame wijze te vervullen. Op ketenniveau vormen chemiebedrijven een schakel in productketens waarin ook bedrijven participeren uit andere sectoren, zoals de bouw, de automobielandustrie, de voedingsmiddelenindustrie, etc. De uitdaging is hier om te komen tot substantiële verhoging van de eco-efficiëntie in de keten. Op sectorniveau gaat het om substantiële verhoging van de eco-efficiëntie en toegevoegde waarde (economisch, ecologisch en sociaal) van de sector en om het benutten van nieuwe business-opportunities.

#### *Kansen voor duurzame chemie*

Vijf thema's zijn van groot belang voor de bijdrage van chemie aan een maatschappelijke transitie naar duurzame ontwikkeling. Per thema is in dit project in kaart gebracht welke issues spelen, welke enablers, drivers, barrières en dilemma's aan de orde zijn.

#### **1. Schone, op fossiele grondstof gebaseerde procesroutes: bulkchemie**

Fossiele grondstoffen zullen hier vooralsnog dominant zijn, met een belangrijke koppeling naar energievoorziening. Procesefficiëntie en kostenbesparing zijn de belangrijkste drivers.

Op den duur kan het schaalvoordeel wegvallen door fundamentele veranderingen in de chemie, maar er is een sterke 'innovatie lock-in'.

#### **2. Op biomassa gebaseerd procesroutes: pseudocommodities, fijnchemie en specialties**

Biotechnologie heeft een hoge toegevoegde waarde en biedt ook nieuwe functionaliteit. Zeker biomassa uit reststromen biedt goede ook economisch haalbare mogelijkheden. Ook hier is 'lock-in' een remmende factor voor het toepassen van nieuwe producten. Belangrijke issues zijn de afstemming tussen landbouw en chemie en logistieke aspecten.

#### **3. Kringloopsluiting en efficiënt omgaan met resources bij bulkchemie en commodities**

Verminderen van afvalstromen en efficiënt omgaan met grondstoffen is de belangrijkste reden. Hergebruik van materiaal stuit op acceptatieproblemen. Als de goede 'building blocks' worden ontwikkeld, met oog op hergebruik, wordt het ook economisch interessant. Het vraagt een goede afstemming in de keten en er is dus een zekere regie gewenst.

#### **4. Duurzaam en functioneel ontwikkelen van componenten: fijnchemie en specialties**

Een goed ontwerp van ‘componenten’ met een hoge functionaliteit is gunstig in economisch en duurzaamheids opzicht. De overall duurzaamheid is gediend met een reële inschatting van de pro’s en con’s van nieuwe componenten. Angst voor risico’s (REACH) remt. Daarvoor moeten betere instrumenten worden ontwikkeld. Er moet verder veel rigouze uitgedaan worden van de werkelijke vraag en de uiteindelijke toepassing bij ontwikkelen van nieuwe componenten.

#### **5. Schone procestechnologie, downscaling en superefficiënt: in alle sectoren**

Dit gebied is zelf ‘enabling’ voor de andere thema’s en wordt van daaruit ook gestimuleerd. In Nederland vindt veel hoogwaardig onderzoek op dit terrein plaats. Echter er zijn grootschalige investeringen nodig, die binnen een nationale (Nederlandse) context lastig zijn. Introductie wordt verder gehinderd door de lange investeringscycli van grote chemie concerns.

##### *De innovatieparadox voorbij*

In de ontwikkeling van nieuwe technologieën, zoals microstroomtechnologie, biotechnologie en scheidingstechnologie is de laatste jaren veel bereikt en ook de komende jaren worden in diverse nieuwe programma’s technologische opties ontwikkeld. De toepassing van die technologische mogelijkheden in duurzame innovatie ijlt echter na. Tot dusver is de implementatie nog nauwelijks op gang gekomen, noch lijken de voorbereidingen daarvoor getroffen. De chemie dreigt zo een voorbeeld van de bekende innovatieparadox te worden: veel kansen waar weinig mee gebeurt.

Gerichte samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden is nodig om – selectief – de ontwikkeling én toepassing van technologieën voor duurzaamheid te stimuleren. Daarbij gaat het nadrukkelijk niet om éénmalige succes in een specifieke marktniche, maar om brede toepassing van nieuwe grondstoffen, producten en processen ter vervanging van energie- en milieu-intensieve opties die momenteel dominant zijn. Beschikbaarheid van toepasbare technologie is daarbij wel een voorwaarde, maar zeker niet voldoende om een transitie te bewerkstelligen. Nodig is een transitiegericht innovatieklimaat, waarin bedrijven en kennisinstellingen bij het stellen van prioriteiten voor de korte termijn ook anticiperen op lange termijn doelen. En waarin overheden innovatie-instrumenten ontwikkelen die selectief en marktgericht alleen innovaties stimuleren die een reëel perspectief bieden op duurzame economische ontwikkeling.

Criteria bij een selectief stimuleringsbeleid zijn:

- dynamiek van de sector en potentie van de innovatie;
- economische relevantie op de korte en lange termijn, waarbij meespeelt of er een duidelijke behoefte of gebruikersgroep is;

- bijdrage aan lange termijn doelen zoals ook verwoord in het NMP4, waarbij ook ruimte moet zijn om goed te kunnen inspelen op ‘nieuwe problemen’ die zich kunnen voordoen;
- relevantie voor het bestaande beleid, zoals aansluiting bij het bestaande doelgroepenbeleid.

Dilemma hierbij is dat op korte termijn nog geen brede, kapitaalkrachtige vraag naar duurzame innovaties in de chemie is te verwachten. Op korte termijn zal de aandacht dan ook zeker gericht moeten worden op innovaties in specifieke marktniches - in het bijzonder binnen de specialties en de fijnchemie - waar de vraag naar nieuwe grondstoffen, processen of producten hand in hand gaat met kansen voor nieuwe business voor bedrijven.

## Inhoudsopgave

Samenvatting .....	3
1. Achtergrond .....	9
2. Chemie en duurzaamheid .....	11
2.1 Welke chemie? .....	13
2.2 Transitie op drie niveau's .....	14
3. Trends en ontwikkelingen .....	19
3.1 Technologische trends .....	19
3.2 Economische trends .....	22
3.3 Maatschappelijke trends .....	23
4. Issue-arena's .....	25
4.1 Duurzaam en functioneel .....	26
4.2 Ketenkringloopsluiting en optimale afvalverwerking afvalverwerking .....	28
4.3 Op biomassa gebaseerde procesroutes .....	31
4.4 Schone op fossiele grondstof gebaseerde procesroutes .....	33
4.5 Schone procestechnologie: downscaling en superefficiënt .....	36
4.6 Een transitiegericht innovatieklimaat .....	37
5. Tot besluit: een palet aan visies .....	41
6. Referenties .....	45
7. Verantwoording .....	47



## 1. Achtergrond

In opdracht van het ministerie van VROM en in samenwerking met de commissie Chemie in Context (CiC) van de KNCV is deze ‘startnotitie Transitie naar een Duurzame Chemie’ opgesteld. Het doel ervan is tweeledig.

Het moet de basis vormen voor een discussie over de ontwikkeling van beleid op dit gebied door het ministerie. Dat zal een interdepartementale discussie zijn maar ook een die met alle stakeholders gevoerd zal worden.

Mede in het licht van dat laatstgenoemde vormt het tevens een uitgangspunt voor een internetdebat dat door de CiC zal worden georganiseerd. Dat internetdebat heeft als doel iedereen die betrokken is bij de chemie een beeld te geven van wat de concrete thema's zijn waar het bij duurzame ontwikkeling in de chemie om gaat. Het wil de discussie en visievorming erover bij alle partijen een betere basis geven. In deze startnotitie moeten daarom de bestaande feiten (voor zover bekend) over thema's met de ontwikkelingen en de knelpunten naast de visies en de argumenten daarbij, goed op een rij worden gezet.

Het opstellen van deze startnotitie heeft in twee stappen plaatsgevonden.

Allereerst zijn 10 personen geïnterviewd waarvan bekend is dat ze een uitgesproken visie hebben naast veel deskundigheid binnen een specifiek terrein van chemie en duurzame ontwikkeling. Op deze wijze zijn de meest relevante thema's, met hun dilemma's, kennislacunes en barrières, in beeld gebracht. Dat is aangevuld met informatie uit de vele rapporten die over dit onderwerp zijn verschenen.

Vervolgens is op 10 maart 2004 een ronde tafel bijeenkomst georganiseerd. Daaraan hebben 35 personen uit alle sectoren van de chemie en opinieleiders uit andere sectoren die hier van belang zijn, deelgenomen. Daar zijn de verkregen inzichten en informatie kritisch bediscussieerd, aangevuld en zijn de essentiële knelpunten en prioriteiten in beeld gebracht.

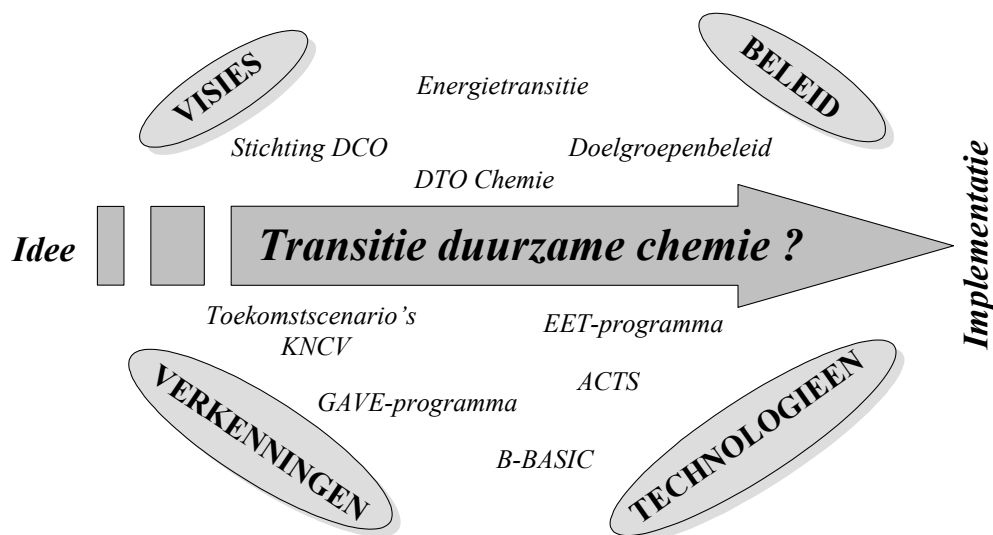
De werkzaamheden die aan deze startnotitie zijn vooraf gegaan, zijn uitgevoerd door TNO-MEP en Wageningen UR, onder begeleiding van een begeleidingscommissie bestaande uit het ministerie van VROM, het ministerie van EZ en de werkgroep CiC van de KNCV.





## 2. Chemie en duurzaamheid

Over de relatie tussen chemie en duurzaamheid wordt al ruim een decennium gedacht en geschreven. Te noemen zijn het interdepartementale onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO), de Stichting Duurzame Chemie Ontwikkeling (DCO), het doelgroepenbeleid van het ministerie van VROM en het energie-transitiebeleid van het ministerie van EZ. En dat is slechts een selectie. Veel aandacht is er tot dusver besteed aan de ontwikkeling van nieuwe technologieën. Een meer fundamentele vraag is nog weinig gesteld: 'hoe kan chemie bijdragen aan een duurzame samenleving?'



Figuur 1 Er is al veel gaande.

De vraag hoe chemie kan bijdragen aan een duurzame samenleving is niet eenvoudig te beantwoorden. We bieden hier daarom enkele gedachtelijnen aan. Er gaan twee vragen aan vooraf, namelijk 'wat is duurzaam' en 'wat is chemie'.

### *Wat is duurzaam?*

Midden jaren '80 zette de Wereld Commissie voor Milieu en Ontwikkeling het begrip duurzame ontwikkeling internationaal op de politieke en wetenschappelijke agenda. De commissie sprak over een ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie, zonder het vermogen aan te tasten om te voorzien in de behoeften van toekomstige generaties' (naar WCED 1987). Zij voegde daaraan toe dat het hierbij gaat om een voor allen gelijkwaardige behoeftevoorziening en legde daarmee een verbinding tussen het intergenerationeel perspectief en de verdeling van welvaart tussen Noord en Zuid.

Het concept duurzame ontwikkeling is een alomvattend en abstract concept. De triple P benadering geeft de randvoorwaarden aan waaraan ontwikkelingen moeten voldoen:

- **People:** kwaliteit van leven, goede arbeidsomstandigheden, educatie, gelijke kansen, vrijheid, sociale rechtvaardigheid en veiligheid.
- **Planet:** het voorkomen van de uitputting van essentiële hulpbronnen, milieu-degradatie en verlies van biodiversiteit. Door de World Business Council for Sustainable Development ook wel omschreven met de volgende 7 criteria:
  1. Beheersing, vermindering en preventie van emissies en afval
  2. Verlenging van de technische levensduur van materialen en producten
  3. Hergebruik van producten en materialen
  4. Energie-extensivering
  5. Inzet van vernieuwbare grondstoffen
  6. Dematerialisatie
  7. Verhoging van de functionaliteit van ruimtegebruik
- **Profit:** gezonde bedrijfsvoering en gelijkheid in handel en handelsrechten tussen regio's. De gemeenschap moet profiteren van het gebruik van de natuurlijke bronnen, arbeidskracht, ruimte en infrastructuur.

In essentie gaat het er uiteindelijk om dat de economische randvoorwaarden voor een maatschappij die goed is om in te leven, nu en straks, voor ons en voor anderen, ook op termijn in stand zijn te houden (= sustain).

Ontwikkeling kan daarom 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.

### *Transities*

Het concept transities wordt nu in het algemeen gebruikt voor grootschalige en fundamentele veranderingen in structuren die binnen de maatschappij en de economie bestaan en waarmee we in specifieke behoeften en functies voorzien. Zo'n sociaal economische structuur of systeem omvat technologie, consumptiepatronen, netwerken, wetgeving etc. Voorbeelden zijn de energievoorziening, het transport etc. Daarbinnen kunnen dan weer specifieke deelstructuren cq systemen worden onderscheiden voor meer afgebakende functies en behoeften: personentransport, energie in huishoudens, textiel voor kleding etc.

De chemie kan gezien worden als de structuur die zich bezig houdt met de conversie van grondstoffen in bruikbare materialen en producten die 'fysiek' nodig zijn voor andere structuren.

Dergelijke structuren ontwikkelen zich voortdurend. Dat hebben we de afgelopen eeuwen gezien, en dat gaat onverminderd voort. Bij duurzame ontwikkeling speelt nu de vraag of de spontane ontwikkelingen die plaatsvinden, op den duur zullen leiden naar een situatie die we maatschappelijk en economisch wenselijk vinden of sterker een situatie die 'in stand te houden is'. Gezien een groot aantal sociale, fysieke en economische ontwikkelingen zijn daar twijfels over.

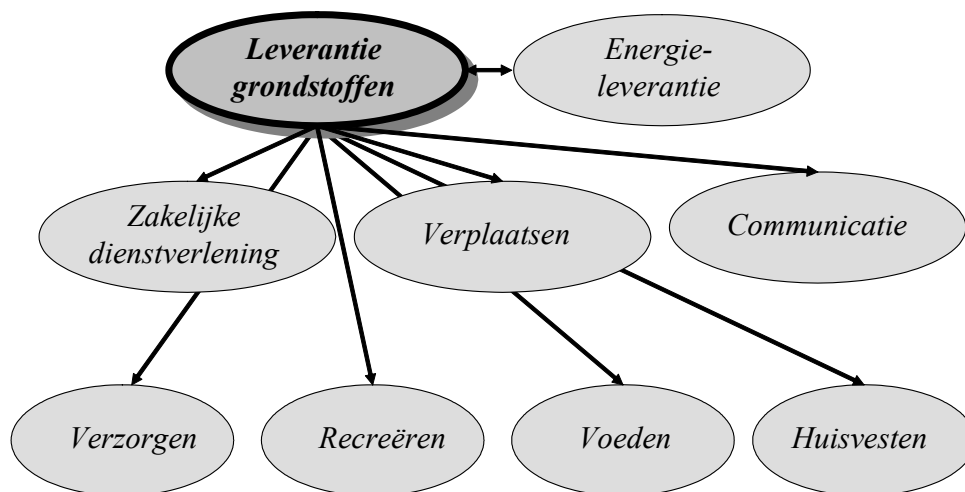
Bij transitie naar duurzame chemie gaat het dus ook niet zozeer om het starten van ontwikkelingen, maar bijna altijd om het beïnvloeden van lopende of potentiële ontwikkelingen. Sommige zullen we willen bevorderen, sommige juist afremmen of zoveel mogelijk voorkomen en andere alleen maar ‘iets bijsturen’.

## 2.1 Welke chemie?

Onder chemie wordt in het spraakgebruik van burgers, bedrijfsmensen en wetenschappers niet altijd hetzelfde bedoeld. Waar sommigen met ‘chemie’ doelen op een economische bedrijfstak en anderen op een wetenschappelijke discipline, geven we hier de voorkeur aan een iets andere begripsafbakening.

### Chemie als generieke functie

Allereerst hanteren we het kader van ‘maatschappelijke functies’ waaraan chemie een bijdrage levert (Weterings, 1997). Het begrip maatschappelijke functie vatten we daarbij breed op, zowel functievervulling ten behoeve van de finale consument als ten behoeve van industriële leveranciers is erin vervat. De onderscheiden functies zijn gebaseerd op de veel gehanteerde indeling van economische goederen en diensten van Michael Porter. Naar analogie met de indeling van Porter wordt onderscheid gemaakt tussen generieke functies, intermediaire functies en eindgebruikfuncties, zie figuur 2.



Figuur 2 Generieke functies, intermediaire functies en eindgebruikfuncties.

Generieke functies leveren toe aan alle andere functies. Onderscheiden zijn:

- Energieleverantie (winning, conversie en distributie)
- Leverantie van grondstoffen / materialen (omvat alle intermediaire en finale productie van materialen en uit materialen gemaakte producten)

Intermediaire functies scheppen noodzakelijke voorwaarden voor alle andere functies:

- Verplaatsen (transport en infrastructuur)
- Communiceren
- Zakelijke dienstverlening

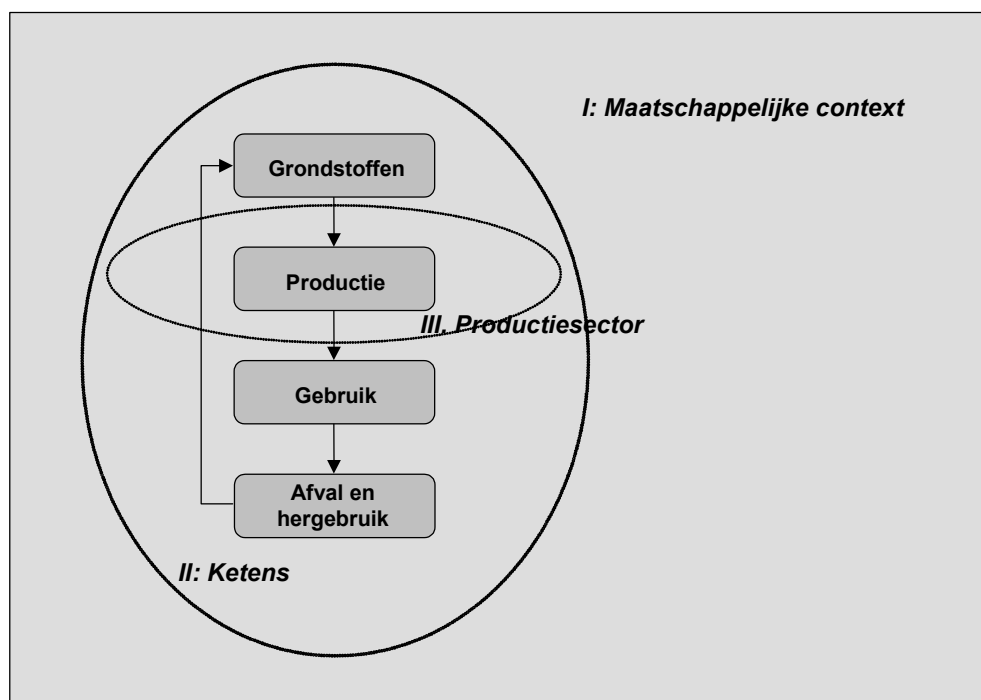
Eindgebruiksfuncties voorzien in de behoeften van de finale consument, te weten:

- Voeden
- Huisvesten, waarin ook aankleding en huishouding zijn opgenomen
- Verzorgen (o.m. gezondheidszorg en persoonlijke verzorging)
- Recreëren

De chemie speelt een cruciale rol in de leverantie van grondstoffen en daarmee ook in een breed scala aan intermediaire en eindgebruiksfuncties. Chemie heeft dus een zeer *basale functie*. Daarmee is de potentiële impact/doorwerking van veranderingen in de chemie heel groot. 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 van de chemie.

## 2.2 Transitie op drie niveau's

Transitie naar een duurzame chemie voltrekt zich op minstens drie lagen: binnen de sector, op ketenniveau en op maatschappelijk niveau. Op het hoogste niveau staat de chemie voor de uitdaging om met nieuwe producten en processen maatschappelijke behoeften op een duurzame wijze te vervullen. Op ketenniveau vormen chemiebedrijven een schakel in productketens waarin ook bedrijven participeren uit andere sectoren, zoals de bouw, de automobiel-industrie, de voedingsmiddelenindustrie, etc. De uitdaging is hier om te komen tot substantiële verhoging van de eco-efficiëntie in de keten. Op sectorniveau gaat het om substantiële verhoging van de eco-efficiëntie en toegevoegde waarde (economisch, ecologisch en sociaal) van de sector en om het benutten van nieuwe busines-opportunities. Daarom stellen we voor om binnen 'chemie' drie lagen te onderscheiden. In figuur 3 zijn deze weergegeven.



Figuur 3 Drie lagen in systeem 'chemie'.

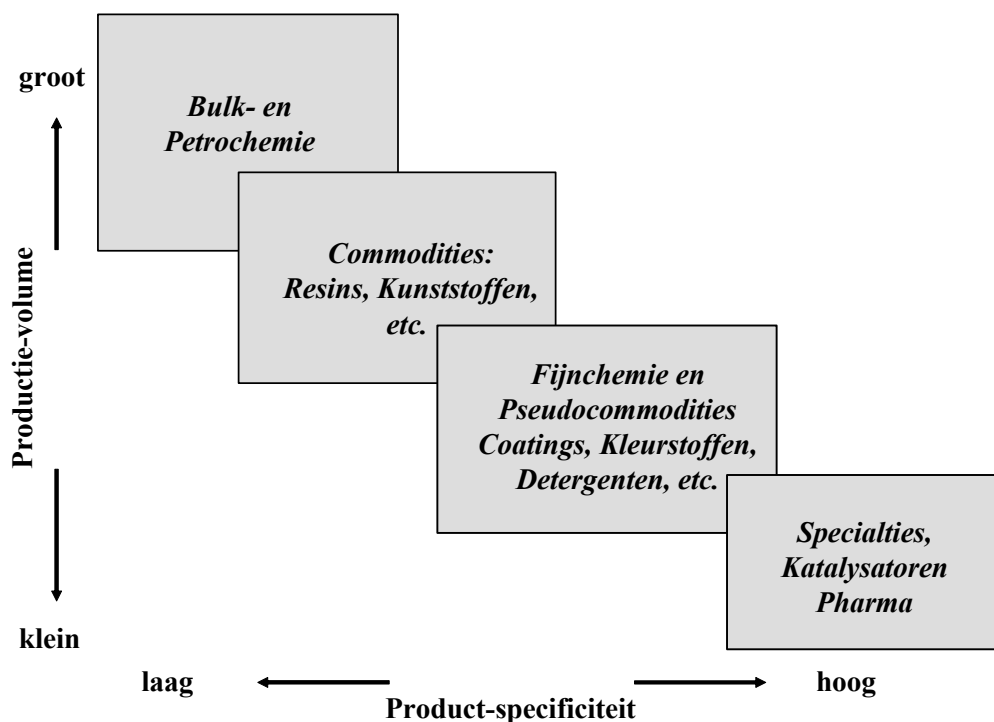
Laag I is de *maatschappelijke context*. Hier komen maatschappelijke behoeften, consumptiepatronen, bevolkingsgroei en welvaarts-groei aan de orde. Het gaat niet alleen om eco-efficiëntie op het niveau van de sector of de voortbrengingsketen, maar om efficiëntie en om de relatie tussen productie en consumptie. De maatschappelijke context bepaalt de legitimatie van behoeften, respectievelijk gebruik en ontwikkeling van nieuwe materialen voor functies, de acceptatie van gebruik van grondstoffen en de condities voor productie en consumptie c.q. gebruik inclusief de 'regels' voor afvalbeheer. De maatschappelijke context werkt dus door in de hele keten van grondstof tot gebruik.

Laag II is het *ketenniveau*. Dit omvat de verschillende voortbrengingsketens - van grondstoffen via productie en gebruik tot afval en hergebruik - waarvan de chemische industrie deel uitmaakt. In deze laag gaat duurzaamheid vooral om samenwerking in de keten, hergebruik en materiaalcringloopsluiting en om verlenging van de levensduur van materialen en producten, maar ook om inzet van vernieuwbare grondstoffen en om ruimtegebruik.

Laag III is het *sector niveau*. Hieronder vallen de afzonderlijke productieactiviteiten, grondstofwinning, toepassing van materialen en chemische producten en vanzelfsprekend ook de afzonderlijke activiteiten voor afvalverwerking en hergebruik. In deze laag gaat duurzaamheid vooral om het beperken van energiegebruik, emissies en afval, om eco-efficiënte productie.

Binnen dit niveau treedt een enorme variatie op in karakter van de ‘productie’ activiteiten. Dat heeft vanzelfsprekend weer invloed op de aard van de ontwikkelingen en de relevantie van de diverse transitie werkvelden. Ook de issues daarbinnen zullen anders uitwerken.

In dit geval is in het bijzonder de segmentatie binnen chemieproductie van belang. Onderstaande figuur 4 geeft dat schematisch weer.



Figuur 4 Segmentatie chemiesector.

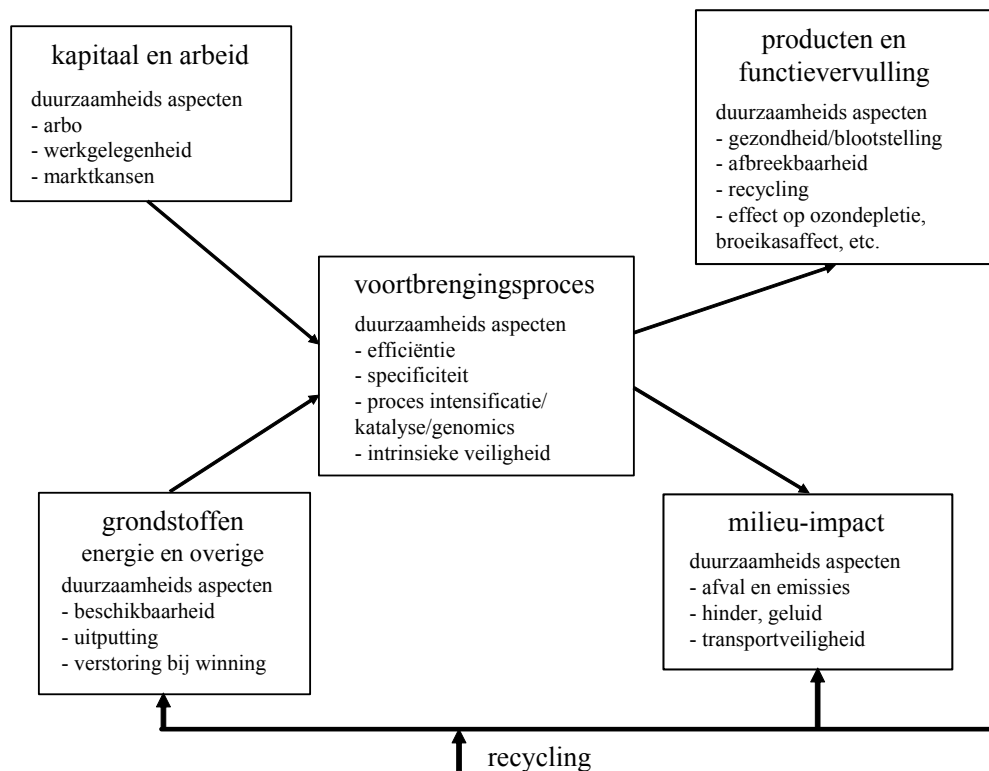
Deze segmentatie van de chemische sector is van belang omdat elk van deze sectoren andere karakteristieken kent. De sectoren verschillen in de zin dat er sprake is van een andere dynamiek, andere markt, andere relatie met de consument, andere technologieën en andere aard van duurzaamheidvraagstukken. Deze verschillen maken dat er mogelijk andere activiteiten zijn om duurzame ontwikkeling een impuls te geven in deze sectoren.

#### *Welke aspecten spelen een rol bij duurzame chemie?*

Hierboven is bij ‘wat is duurzaam’ globaal aangegeven welke hoofdlijnen in het algemeen worden herkend voor duurzame ontwikkeling. Voor de chemie spelen daarbinnen weer een aantal specifieke aspecten.

Die zullen bij een transitie naar duurzame chemie de belangrijkste aandacht moeten worden hebben. Ze spelen in elk segment van de chemie een rol.

In figuur 5 zijn ze weergegeven in een schema dat de inputs en outputs van de chemie weergeeft. Die inputs en outputs zullen de uiteindelijke duurzaamheid van de chemie bepalen.



Figuur 5 Samenhang van de diverse voor duurzaamheid relevante aspecten (bron VROM).





### 3. Trends en ontwikkelingen

Het zal voor een groot deel afhangen van factoren buiten de chemie: de maatschappelijke context, hoe de chemie zich in de toekomst zal ontwikkelen. Maatschappelijke ontwikkelingen in Nederland en daarbuiten zullen grote invloed hebben op de chemische sector, het onderzoek en het onderwijs. Maar ook omgekeerd zal de chemie invloed uitoefenen op de maatschappij. We kunnen ons afvragen wat in de toekomst de rol is van de chemie binnen de wetenschap en het bedrijfsleven. En vooral ook welke maatschappelijke behoeften de chemie zal vervullen in het licht van vergrijzing en andere ontwikkelingen [KNCV, 2003].

In het licht hiervan worden in deze en de volgende paragraaf technologische, economische en maatschappelijke trends genoemd, in de chemie en daarbuiten, die van invloed kunnen zijn op de ontwikkeling van de chemie of die de chemie (en meer) de mogelijkheid bieden voor verandering in chemische processen, materialen en producten en grondstoffen. Elk van deze trends zal op zijn eigen manier de ontwikkeling van de chemie beïnvloeden of moeten beïnvloeden.

Onder ‘technologise trends’ worden trends genoemd die op dit moment gaande zijn. Bij economische en maatschappelijke trends worden zowel huidige trends als mogelijke / denkbare toekomstige trends genoemd.

#### 3.1 Technologise trends

##### Procestechnologie

Processtechnologie is the art of producing and rearranging chemical building blocks and converting them into final or intermediate products on a scale relevant to society.

De chemische industrie is van oudsher gebaseerd op grondstoffen en processen die al decennia geleden ontwikkeld zijn, in een tijd waarin duurzaamheid-issues nog geen grote rol speelden. Een gevolg daarvan is dat duurzaamheid lange tijd ook geen belangrijke rol speelde in procesontwerp. Veel fijnchemie en farmacie processen zijn bijvoorbeeld gebaseerd op opgeschaalde laboratorium praktijken met ‘zuurbase neutralisaties en oxidaties in stoechiometrische verhouding, met als gevolg zeer veel afval, voordat milieuzorg is toegenomen zijn veel processen ‘opgeschoond’ in de loop van de afgelopen decennia. Tot nu toe heeft dit niet geresulteerd in veel nieuwe processen. Het ging vooral om verbetering van bestaande processen [Green Process Technology, 2003]. Toch is er een sterk toenemende belangstelling voor het gebruik van nieuwe procestechnieken en er is een duidelijke behoefte aan integratie van kennis van de verschillende betrokken vakgebieden: organische synthese, (bio)katalyse, (bio)procestechnologie. Op dit terrein bestaat

een toenemende multidisciplinaire samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen [DTO, 1996].

Integratie van verschillende procesfuncties in de reactor. Voorbeelden van het combineren van functies in één reactiesysteem zijn de toepassing van membranen om een reactiebelemmerende verbinding (bijvoorbeeld een product in fermentatie processen) te verwijderen, of de gecombineerde reactie en vast/vloeistof scheiding in een membraan-slurry-reactor.

“High-efficiency reaction systems make use of completely novel reaction designs, totally deviating from the ‘classic’ forms. In particular, in highly exothermic reactions, a change from batch to continuous in such novel design systems have proven to be very effective and at the same time economically profitable due to a factorial reduction in energy use, less use of material and therefore less waste. An example is the Helix reactor in the form of a twisted tube, which was optimally designed for exothermic/endothermic reactions, in which selectivity plays an important role. Further advantages are that such plants are much smaller because downstream processing is reduced too.” [Venselaar 2003]

## **Biotechnologie**

Biotechnologie is niet nieuw. De onderliggende processen worden al duizenden jaren gebruikt, bijvoorbeeld bij de productie van wijn of kaas. Moderne biotechnologie gebruikt onder meer ‘enhanced’ micro-organismen zoals gist, schimmels, en bacteriën als ‘cel-fabrieken, tezamen met de enzymen die er uit derived worden, om een keur aan producten te produceren. Biotechnologie wordt al langer toegepast bij de productie van medicijnen (rood), in de landbouw (groen), en de toepassing van biotechnologie in industriële productie (wit) is momenteel sterk groeiende. Recente ontwikkelingen in genomics hebben witte biotechnologie steeds breder toepasbaar gemaakt. Enzymvarianten kunnen nu bijvoorbeeld in hoog tempo gemaakt worden. Vervolgens wordt gescreend of deze passen bij de gewenste toepassing. Enkele voorbeelden van de toepassing van witte biotechnologie op dit moment zijn: biopolymeren, biologische processen voor het produceren van vitamines, enzymen voor de textiel industrie [EuropaBio, 2003].

Witte biotechnologie wordt over het algemeen gezien als een ‘duurzame’ technologie omdat het veel productieprocessen een behoorlijke slag efficiënter kan maken, vooral in termen van benodigde energie en hoeveelheid grondstoffen en bijproducten. Bovendien vinden de processen plaats in afgeschermd systemen waardoor de kans op verspreiding van organismen nagenoeg nul kan zijn.

Biotechnologie gaat ook over de toepassing van groene grondstoffen. In de 20e eeuw hebben materialen gebaseerd op fossiele grondstoffen, grotendeels die gebaseerd op plantaardige grondstoffen vervangen. De belangrijkste grondstof voor organische materialen is aardolie, samen met aardgas en kolen. In 1990 zijn de belangrijkste toepassingen van biomassa (landbouw en veeteelt) beperkt tot voed-

sel en hout voor de papierindustrie en als bouw materiaal. Eggersdorfer et al (1992) verwachten evenals vele andere auteurs dat de komende 50 jaar biomassa de belangrijkste grondstof zal blijven voor voedselproductie en zal worden voor de organisch-chemische industrie.

The 1990's may be witnessing a historic turn around in the fortunes of plant matter. The comparative economics of carbohydrates and hydrocarbons is changing. Advances in the materials and biological sciences are reducing the costs of manufacturing plant matter derived products while environmental regulations are increasing the cost of hydrocarbon-based products. [uit *DTO, Duurzaamheid en Chemie*]

### **Katalyse**

“Development in catalysis aims at the transformation of multi-step processes using separate catalysts in the subsequent reactions into single-step processes applying more catalysts at the same time, as well as enzymes as chemo-catalysts. That resembles the biochemical activities that take place in a living cell (‘bio-mimicking’). Total process chains can be ‘shrunk’ to one or a few steps.” [uit Venselaar, 2003].

Catalysis plays a dominant role in the development of new routes for abatement of air pollution, the development of new energy carriers such as hydrogen, the introduction of processes for the use and modification of renewable feedstocks, and the conversion of used materials to new feedstocks. [uit Catalysis Technology Roadmap Partnership, 2001].

### **Design / structuur / synthese**

Hier gaat het om het gericht ontwerpen van actieve stoffen, moleculair modelleren, microsysteemtechnologie en automatisering. Software tools voor het ontwerpen en simuleren van de specifieke activiteit en karakteristieken van moleculen ontwikkelen zich snel. Daarnaast speelt de ontwikkeling van snelle en meervoudige screening methoden met behulp van microsystemen (laboratory on a chip) een belangrijke rol.

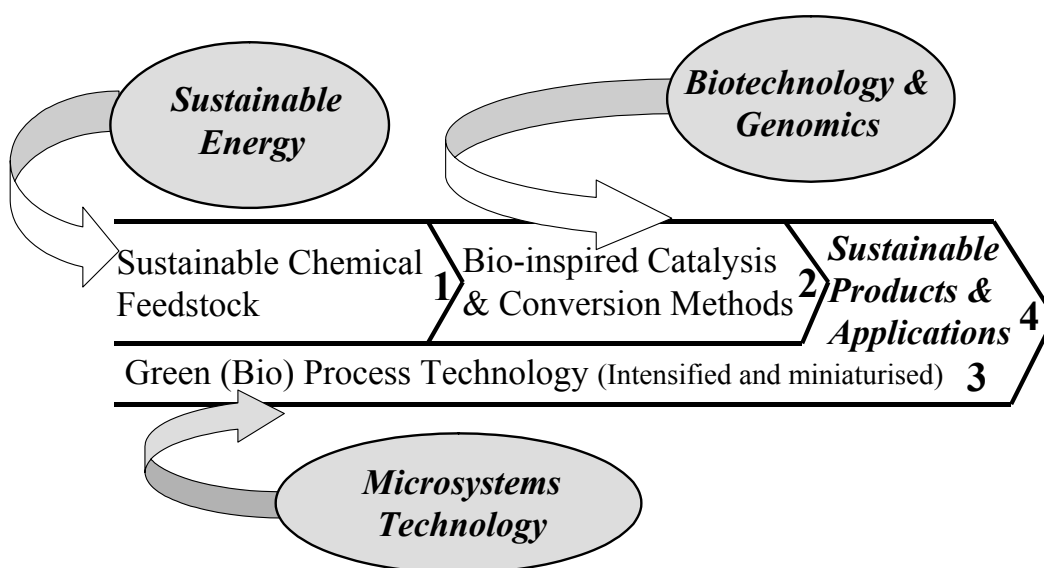
De trend tot miniaturisering die voortvloeit uit de ontwikkeling van microsysteemtechnologie, heeft ook gevolgen voor het soort bedrijvigheid. Door kleinschaliger processen verandert het speelveld. Het biedt meer mogelijkheden voor kleine spelers omdat de benodigde investeringen vaak veel kleiner zijn. Bestaande ordening gaat dus veranderen. De kleintjes kunnen de wegbereiders zijn van innovatie in de sector.

### **Materiaaltechnologie**

De aandacht gaat hier speciaal naar de ontwikkeling van materialen die geoptimaliseerd zijn voor een specifieke functie. Ze loopt parallel met het eerder genoemde ‘design van actieve stoffen.’ De ontwikkeling is onder meer gericht op: zeer sterke

en tegelijkertijd lichte materialen, betere functionaliteit en betere prestatie (bijvoorbeeld ‘enantiomer-specific synthesis’), op organisch materiaal gebaseerde fotovoltaïsche cellen en membranen voor brandstofcellen.

Ter afsluiting van de technologische trends laten we hieronder een figuur zien uit het ICES/KIS 3 voorstel ‘Chemistry for Sustainability’, die de onderlinge relaties weergeeft tussen ontwikkelingen in de energiesector en de chemie.



Figuur 6 Relatie tussen ontwikkelingen in energiesector en chemie [A. Bruggink].

### 3.2 Economische trends

Naast de technologische trends die de chemiesector ingrijpend zullen veranderen, zijn er ook economische trends die dat zullen doen. Hun belangrijkste rol is dat ze de keuze van technologie zullen beïnvloeden. In een breder verband bepalen ze ook welke chemie nog in Nederland zal plaatsvinden. Dat is daarmee van invloed op de keuze van aandachtsgebieden in de transitie naar duurzaam gebied. Enerzijds heeft het geen zin om geld en creativiteit te steken in iets wat op den duur hier niet meer zal gebeuren. Anderzijds kan een innovatieve aanpak er toe leiden dat bepaalde activiteiten hier juist wel weer levensvatbaar blijken

Ontwikkelingen die spelen zijn:

- Bedrijven: enerzijds steeds groter anderzijds meer gespecialiseerd, zeker in de chemie
- Sneller op de markt brengen van producten
- Mondiale concurrentie
- Afnemende innovatiekracht van Nederland

- Centralisatie van beheer van productie, gepaard gaande aan (geografische) deconcentratie en schaalverkleining in de productie onder invloed van ICT. Zo worden veel ‘Rijnmond bedrijven’ bestuurd vanuit conerndirecties buiten Europa met alle gevolgen van dien voor beslissingen over verduurzaming.

### **3.3 Maatschappelijke trends**

Voor de maatschappelijke trends geldt in grote lijnen als bij de economische trends dat ze mede bepalend zijn voor de producten (en in mindere mate de processen) die de chemie geacht wordt te leveren.

- Groei wereldbevolking
- Welvaartsgroei / groei BNP, wereldwijd. Daaraan gekoppeld groei van consumptie en energieverbruik
- Streven naar een betere kwaliteit van leven
- Globalisering
- Consumentisme: wensen van consument bepalend voor economie en samenleving, individuele ontplooiing en belangen zijn de belangrijkste drijfveren
- Burgermaatschappij: collectief bewustzijn, gemeenschapszin, burgermoed en morele verantwoordelijkheid, collectieve belangen prefereren boven die van het individu
- Afnemend aantal bèta studenten in Nederland
- Vergrijzing
- Afwijzen van risico's, eis van meer veiligheid



## 4. Issue-arena's

Opvallend is dat een groot deel van de respondenten bij duurzame chemie primair denkt aan technologische trends die kansen bieden voor de chemische industrie (laag III). De discussie is sterk gericht op kansen voor vernieuwing die mogelijk gemaakt worden door de ontwikkeling in sleuteltechnologieën. Daarbij tekenen de respondenten overigens duidelijk aan dat er meer nodig is dan technologische ontwikkeling voor een transitie naar duurzame chemie. Ook bevestigen diverse respondenten dat niet kan worden volstaan met veranderingen binnen de chemische industrie, maar dat er tegelijkertijd veranderingen nodig zijn in de voortbrengingsketen en in de maatschappelijke context.

In het kader van deze discussie over duurzame chemie transitie doelen we met 'issues' op aspecten of zaken die een cruciale rol spelen bij het stimuleren of juist belemmeren van ontwikkelingen die voor transitie nodig zijn. Dat kunnen technische knelpunten zijn maar ook knelpunten in gedrag en cultuur, of knelpunten die economisch, juridisch of institutioneel van aard zijn, etc. Het zijn de zaken die als ze zijn opgelost c.q. geregeld, ertoe leiden dat een specifieke ontwikkeling 'van-zelf' gaat lopen, in de gewenste richting. Dan kun je het verder 'aan de markt overlaten'.

Juist omdat ze zo cruciaal zijn, zijn dat de zaken waarvoor richtinggevende consensus nodig is. Zijn de opties voor verandering zinnig of juist onzinnig, leiden ze wel tot het gewenste resultaat, en wat is dat gewenste resultaat dan? Een voorbeeld is: heffingen op basisgrondstoffen of op ongewenste stoffen. Hoe vermijd je ongewenste stoffen? Door regelgeving, door heffingen of anders? Dat lijkt simpel en doeltreffend. Op het eerste gezicht. Toch gebeurt het nog nauwelijks en zeker niet direct. Leidt het wel tot het gewenste resultaat, wat zijn de technische, economische en juridische onbekendheden en dilemma's en bestaat er niet een onverwacht ongunstig effect elders.

In het algemeen vormen onderzoek en technologieontwikkeling programma's, zoals zich nu in de diverse roadmaps etc. zijn vastgelegd, geen issues op zich, in dit kader. Ze zijn nodig, net zoals de activiteiten van alle andere (markt) partijen. De vraag die hierbij speelt is: als de kennis er is, hoe leidt die dan tot een gewenste transitie? Kennis wordt niet automatisch toegepast. Net zoals kenniseconomie niet gaat om het genereren van kennis maar het toepassen van kennis. Daar schort het aan. Daar liggen de issues.

In de volgende paragrafen worden 6 'issue-arena's' beschreven. Achtereenvolgens komen aan de orde:

- Een beschrijving van de issue (Waar gaat het over?)
- Wat is de urgentie?
- Waar moet het toe leiden (visie)?



- Drivers en barrières
- Wie moet wat doen?

Per issue wordt tenslotte in tabelvorm een overzicht gegeven van enablers (factoren en ontwikkelingen die in principe iets mogelijk maken), drivers (stimulerende factoren), barrières (belemmerende factoren) en onzekerheden en dilemma's. Deze vier aspecten samen vormen de 'issue-arena' binnen de transitie naar een duurzame chemie.

De issue-arena's zijn niet uitputtend uitgewerkt en beschreven maar als start gebaseerd op de informatie die in een beknopte literatuursurvey, 10 interviews en een Ronde Tafel bijeenkomst is verkregen.

(Noot: Elke cel in de tabellen staat op zich; er is geen horizontale relatie tussen de cellen.)

#### 4.1 Duurzaam en functioneel

##### **Relevante chemie segmenten:**

- commodities
- fijnchemie
- specialties en pharma

<i>Bulk- en Petrochemie</i>	<i>Commodities</i>
<i>Fijnchemie</i>	<i>Specialties Pharma</i>

##### **Waar gaat het over?**

Met duurzaamheid wordt hier bedoeld de ontwikkeling van duurzame materialen die licht en sterk zijn en dus energie besparen in het gebruiksstadium (bijvoorbeeld in auto's en kassen). Het gaat zowel om nieuwe materialen voor de ontwikkelde wereld (eco-efficiëntie verbetering) als nieuwe materialen voor de hele wereld (goedkoper). Aanzienlijk grotere precisie en functionaliteit in materialen, onder meer door toepassing van katalyse. Naar de natuur gemodelleerde materialen die geoptimaliseerd zijn voor een bepaalde functionaliteit. Functionele moleculen: moleculen die zijn ontworpen om precies het gewenste effect te bewerkstelligen, met name van belang in de farmaceutische industrie. Apparatuur en processen zullen nodig zijn om materialen op een duurzamere manier te kunnen gebruiken. Heel specifiek zal dat gelden wanneer hergebruik zinvol is.

Hiermee hangt samen de afstemming van de functie 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).

Duurzaamheid is een combinatie van productie en gebruik/maatschappelijke vraag. Dit betekent dat 'duurzame materialen', bijvoorbeeld producten op basis van groene grondstoffen, niet per definitie duurzaam zijn. Het voorbeeld van speelgoed

waarbij de technische levensduur de economische gebruiksduur ruimschoots overschrijdt illustreert dit goed ('is afbreekbaar plastic beter dan houdbaar PVC?'). De focus is op dit moment sterk op het ontwikkelen van iedere keer nieuwe materialen (polymeren bijvoorbeeld) in plaats op het voldoen aan een maatschappelijke en ketenvraag. Ook krijgen nieuwe productietechnologieën (bijvoorbeeld: aan spuitgieten valt nog veel te verbeteren, dit zou de mogelijkheden met bestaande polymeren vergroten) te weinig aandacht, terwijl daar juist nieuwe mogelijkheden liggen. Om invulling te geven aan combinatie van duurzaamheid en functioneel moet gestart worden vanuit functionaliteit. Vandaar uit moet naar toepassingen / producten geredeneerd worden. Kortom: vanuit functioneel terugredeneren naar de chemie. Bijvoorbeeld voor een opvouwbare trailer of in de bouwsector: wat voor materialen met welke functionaliteiten zijn nodig? Van daaruit naar de chemie stappen. Vanuit macroperspectief betekent dit: er is een transitie nodig aan zowel de vraag- als aanbodkant.

#### **Wat is de urgentie / het probleem?**

- Betere balans nodig tussen gebruik/levensduur/functionaliiteit en kwaliteitseisen/producten.
- De link tussen gebruiker en chemie is erg zwak (transport, bouw). De focus is op dit moment heel sterk op het ontwikkelen van nieuwe materialen (bijvoorbeeld polymeren), in plaats van op het redeneren vanuit een maatschappelijke of ketenvraag en vanuit functionaliteit. *Dit betekent ook dat de vraag over duurzaamheid / functionaliteit moeilijk door de chemie zelf in te vullen is.*
- Ook: nog te veel redenerend vanuit 'weggooi-gedachte' (bioplastics bijvoorbeeld). Duurzaam is ook: zoveel mogelijk recyclen.
- Hoe definiëren we het begrip 'functioneel' en hoe beoordelen we de relatie tussen functionaliteit en duurzaamheid?

#### **Waar moet het toe leiden / visie?**

Een betere balans tussen gebruik/levensduur/functionaliiteit en kwaliteitseisen/producten.

#### **Drivers en barrières**

- Barrière: Gering bewustzijn en bereidwilligheid bij consument wat betreft duurzaamheid: is het een taak voor de overheid dit te organiseren? Terughoudend.
- Barrière: Belangrijke vraag is: hoe is vast te stellen wat een reële behoefte is. Is daar zinnig over te praten? Paradox: hoe is duurzaam in te spelen op een maatschappelijke vraag die in zichzelf niet duurzaam is? Gekoppeld hieraan: weinig bewustzijn bij consument m.b.t. product en duurzaamheid.
- Barrière: QWERTY effect: één oplossing overheerst, met sub-optimalisaties als gevolg.

#### **Wie moet wat doen?**

- De vraag naar een optimale verhouding tussen duurzaamheid en functionaliteit is niet door de chemie op zichzelf in te vullen, kies daarom een focuspunt, bij-

voorbeeld bouwmaterialen, en organiseer daaromheen een netwerk. Ketensamenwerking is daarbij nodig, want één bedrijf/schakel in de keten kan het niet dicteren.

- Niet uitgaan van grote spelers in de keten, creëer netwerken van kleine (innovatieve) en grote spelers die ideeën op willen pakken.
- Dit is niet nationaal aan te pakken, maar moet internationaal.

Enablers	Drivers	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
<b>Laag 1: Maatschappelijke context</b>			
Maatschappelijke vraag naar duurzame producten	Focus op preventie van energiegebruik en afval	Voorzorgsprincipe remmend als te scherp aangezet	Afstemming op maatschappelijke behoeften
		Geen meersporen-innovatiebeleid	Wat is de maatschappelijke vraag precies?
		Gebruikers weinig bewust van wat duurzaam is	Hoe gaan we om met afwegen van sterk verschillende effecten?
			Er is nog weinig bekend over wat burger/consument als duurzaam beschouwd.
<b>Laag II: Keten</b>			
	Produktinformatie-uitwisseling in de keten	QWERTY-effect: één oplossing gaat overheersen	
<b>Laag III: Sector</b>			
			Milieuresistente materialen zijn inherent 'milieuvriendelijk'.

## 4.2 Ketenkringloopsluiting en optimale afvalverwerking afvalverwerking

### Relevante chemie segmenten:

- Bulkchemie
- Commodities
- Fijnchemie

Bulk- en Petrochemie	Commodities
Fijnchemie	Specialties Pharma

### Waar gaat het over?

Bij ketenkringloopsluiting 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 afval-

verwerking van belang voor dat deel van het afval dat niet meer hergebruikt kan worden.

- Waarderen / benutten van nevenstromen (in het rijtje ‘end of pipe’, ‘afbreken in natuur’, ‘voorkomen’, ‘waarderen’)
- Cyclusdenken
- Gewichtsefficiëntere moleculen

#### **Wat is de urgentie / het probleem?**

- De hoeveelheid afval / reststromen moet verminderen
- Er is technologisch gezien veel mogelijk (bijvoorbeeld door combinatie van bio- en chemokatalyse), maar het gebeurt nog niet.
- Er liggen businesskansen

#### **Waar moet het toe leiden / visie?**

- Niet denken vanuit ‘afval’, maar vanuit cyclusdenken (grondstoffen) en businesskansen benutten. Hoe ketens samen te brengen vanuit duurzaamheidperspectief.
- Hernieuwbare building blocks voor kunststoffen (polymeren lenen zich prima voor hergebruik); is tevens opening naar nieuwe grootschalige markten.

#### **Drivers en barrières**

- Driver: bedrijven zijn geprikkeld te zoeken naar oplossingen vanwege stoffenbeleid (SOMS, REACH)
- Driver: Economie (kostenverlaging) gaat samen met Ecologie (afval/grondstof)
- Potentiële driver: inzamelings/verwerkings/verwijderingsbedrijven hebben het moeilijk, maar er liggen ook nieuwe businesskansen.
- Barrière voor industriële clustering: niet regelgeving, wel structuur (samenwerking en innovatie komt moeizaam op gang)
- Barrière: onzekerheid over ‘sluipende vervuiling’
- Potentiële barrière: negatieve ervaringen in het verleden met bedrijven waar nu kansen liggen voor clustering. Voorwaarde is daarom dat samenwerking gebeurt op moderne, maatschappelijk verantwoorde manier.
- Barrière: Consument afwijzend ten opzichte van meerprijs of gedragsverandering

#### **Wie moet wat doen?**

- Voor industriële clustering (bijvoorbeeld in Rijnmond) is een zekere regie nodig: een partij die kansen en partijen aan elkaar kan knopen en overzicht heeft over wie wat nodig heeft. Rol voor overheid.
- Zoek aansprekende voorbeelden, bijvoorbeeld op het gebied van industriële clustering. Maak dit maatschappelijk zichtbaar.
- Stimuleer behoefte van consument aan ‘duurzaam’. Dit is een collectief belang.
- Zorg voor betere, wetenschappelijke onderbouwing van discussie over afval/recycling (nu: ‘verketting’ en niet alle belangrijke aspecten worden mee-

genomen in discussie (bijvoorbeeld opslag CO<sub>2</sub> in bodem wordt niet meegenomen omdat niet past in LCA modellen)). Rol voor overheid.

- Organiseer een ‘statiegeld’ aanpak. Denk aan mineralensysteem in varkenshouderij, huidig systeem leidt tot verdoezelen van emissies, een omgekeerde aanpak (statiegeld) zou positiever zijn.
- Mondiaal perspectief nodig: in derde wereld slaan kleine verpakkingen niet aan
- Nederland - EU
- Kennisinstellingen/overheid:
  - meer kennis nodig over waarderen van nevenstromen en er moet vooraf, in ontwerp, rekening mee gehouden worden.
  - Ontwikkel beslismodellen om in ketens te bekijken wat beste manier van ontdoening/hergebruik is.
  - Op het gebied van biomassa bieden combinatie van bio-en chemokatalyse en genomics veel nieuwe mogelijkheden om reststromen (van biomassa) te benutten. Geheel nieuwe routes om nevenstromen te benutten worden hiermee mogelijk. B-BSIK gaat hierover.

Enablers	Drivers	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
<b>Laag 1: Maatschappelijke context</b>			
			Rol consument
			Afwegen van sterk verschillende effecten
			Acceptatie hergebruikt materiaal (bijv voor voeding)
<b>Laag II: Keten</b>			
Ketensamenwerking kan veel opleveren.		Eerlijk verdelen voordelen in hele keten	Methode voor integrale kosten en baten ketensluiting
		Geen garantieregelingen voor hergebruik kunststoffen	Er moeten mechanismen en incentives gevonden worden om verandering in de keten makkelijker in gang te krijgen en voordelen aan alle partijen in de keten door te geven.
		Innovaties in één schakel stuiten op barrières in andere schakels	
		Het idee van 'de hele keten op één plek' kent een aantal problemen.	
<b>Laag III: Sector</b>			
Polymeren en andere materialen die zich lenen voor hergebruik		Weinig aandacht voor molecuuldesign for recycling	Herbruikbaarheid van nieuwe, 'duurzame' materialen
		Investeringscycli bedrijven	Welke drivers bij bedrijfsleven zelf kunnen door derden versterkt worden? Vb product stewardship.
		Weinig investeringsbereidheid	

### 4.3 Op biomassa gebaseerde procesroutes

**Relevante chemie segmenten:**

- commodities
- fijnchemie
- specialties en pharma

<i>Bulk- en Petrochemie</i>	<i>Commodities</i>
<i>Fijnchemie</i>	<i>Specialties Pharma</i>

**Waar gaat het over?**

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. Basischemicaliën die uit gewassen kunnen worden geproduceerd zijn o.m. etheen, propaan en butaan. Deze biograndstoffen kunnen dienen als vervanger voor fossiele brandstoffen dat bijdraagt aan sluiting van de CO<sub>2</sub>-kringloop. Een ander 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 non-foodtoepassingen.

- Biotechnologie als procestechnologie heeft hoge toegevoegde waarde. Bioprocessroutes bieden nieuwe kansen (bijvoorbeeld de functionaliteit van biofarmaceutica kan niet op een chemische manier verkregen worden), met name in de fijnchemie en specialties. Daarnaast zijn er ook op het gebied van ‘food’ leuke kansen, bijvoorbeeld aardappelen: grote polymeren met nieuwe structuren en eigenschappen.
- Biotechnologie als procestechnologie biedt kansen voor veel efficiëntere processen.
- Vanuit thermodynamisch perspectief is het eigenlijk jammer om biomassa in te zetten voor energie, omdat het een laagwaardige toepassing is van grote moleculen. Farmacie is een veel hoogwaardiger toepassing. Kortom: biomassa niet omzetten naar eenvoudige moleculen, maar naar functionele moleculen. En tevens kijken naar het rendement in termen van de koppeling van voedsel en chemie. Chemie is de sleutel om biomassa heel breed te bekijken. Ook moet biomassa misschien in tweeën gesplitst worden: ‘dedicated teelt’ voor benutting in chemie, afvalstromen voor benutting voor energie.
- Biochemie kan veel problemen oplossen. Bijvoorbeeld om biologische reststromen te benutten. Zo is in de VS productie van poly-etheen volledig mogelijk uit maïsafval.
- De opbouw van kennis over biomassa als grondstof in fijnchemie en specialties is ook nuttig voor grootschaliger toepassingen later.
- Directe wisselwerking chemie en energie.

**Wat is de urgentie / het probleem?**

- Er zijn technologisch veel mogelijkheden (zie boven), hoe kunnen we die benutten.
- Er is sprake van een zekere lock-in. Innovatieparadox. Voorbeelden: het niet van de grond komen van duurzame materialen in de bouw, of de niet-bereidwilligheid van gemeenten om afbreekbaar plastic te introduceren.
- Niemand individueel heeft urgentie / is oplossingsdrager. Vanuit maatschappelijk perspectief is er wél urgentie. Het is erg lastig om dit bij elkaar te brengen.

**Waar moet het toe leiden / visie?**

- Korte termijn: substitutie en productvernieuwing in niches (specialities en fijnchemie) en additie in commodities. Lange termijn (meer dan 60 jaar): substitutie in bulk en commodities.
- In bulkchemie staan koolstof en waterstof centraal. Fossiel zal daar daarom nog heel lang kostenefficiënter zijn. Bij functionele producten staan verbindingen centraal, daarom is daar biomassa al snel een serieuze vervanger.
- Hernieuwbare building blocks voor kunststoffen (polymeren lenen zich prima voor hergebruik); is tevens opening naar nieuwe grootschalige markten.

**Drivers en barrières**

- Barrière: het voorzorgsbeginsel wordt op dit moment vooral ingevuld als ‘niet doen’. Terwijl het zou moeten zijn: ‘zorgvuldig zijn’ (kortom: wel handelen)
- Barrière: het debat over biotechnologie is niet voldoende ‘nuchter’ en open, maar op emoties gebaseerd. In het debat moet duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen groene, rode en witte biotechnologie. Het acceptatie probleem is er alleen bij ‘food’ toepassingen van biotechnologie. Bovendien moet de discussie over acceptatie van biotechnologie internationaal gevoerd worden.
- Barrière: logistieke schaal chemie en landbouw verschilt en cultuurverschillen
- Barrière: prijsniveau alleen in marktniches concurrerend met fossiel
- Barrière: import en biodiversiteit, concurreren met voedselproductie
- Driver: klimaatbeleid
- Driver: kostenverhogend effect van beleid tav stoffen, afval en emissies

**Wie moet wat doen?**

- Zuigkracht vanuit fijnchemie en specialities: nieuwe producten en functionaliteiten op basis van biomassa.
- Prijsbeleid en regulering ten behoeve van stimulering van substitutie en productvernieuwing in niches
- Vaak wordt voorbij gegaan aan het duurzaam *produceren* van biomassa. Nederland kan aanjager worden van discussie hierover.

Enablers	Drivers	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
<b>Laag 1: Maatschappelijke context</b>			
	Belasten fossiele resources	Lage prijs fossiele bronnen	Concurrentie met voedsel
	Kostentoeename 'gevaarlijk afval'	Complexiteit moleculen, diversiteit aan productieroutes	Ruimtebeslag (bij toenemende druk op oppervlak ivm welvaart en bevolkingsgroei)
		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
<b>Laag II: Keten</b>			
Vrijkomen van landbouwgronden		Ongelijke verdeling baten en lasten in keten	Wat is de werkelijke winst voor 'milieu en duurzaamheid'. Voorkomen van afwenteling. Het is essentieel om de consequenties op ketenniveau te blijven zien.
		Voor overgang naar vernieuwbare grondstoffen is vaak schaalessprong nodig. Schaalgedifferentieerde productie	Wat is economisch haalbare route om biomassa op grote schaal in te zetten?
			Hoe komen tot structurele samenwerking in keten
<b>Laag III: Sector</b>			
Behoeft aan grotere diversiteit aan complexe moleculen	Zoeken naar extra inkomsten boeren	QWERTY-effect: één oplossing gaat overheersen	Gentech acceptatie
Total plant conversion, Biobased conversion technologies		Sectoren chemie en landbouw zijn sterk verschillend qua cultuur	Positie 'biomassa exporterende landen'

#### 4.4 Schone op fossiele grondstof gebaseerde procesroutes

##### Relevante chemie segmenten:

- bulk en petrochemie
- commodities

<i>Bulk- en Petrochemie</i>	<i>Commodities</i>
<i>Fijnchemie</i>	<i>Specialties Pharma</i>

##### Waar gaat het over?

Voortdurend stijgende procesefficiëntie en steeds verdere schaalvergroting maken dat in de basis 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, katalysatoren en intelligente meet- en regeltech-



niek 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.

- Fossiel zal nog decennialang een belangrijke / dominante grondstof zijn voor de chemie, althans de bulkchemie. Daarom ligt hier een uitdaging voor de procestechnologie om een slag te slaan, om processen op basis van fossiele grondstoffen efficiënter te maken. Chemie en procestechnologie hebben langs elkaar heen geleefd lange tijd.
- Het vraagstuk ‘schone, op fossiele grondstoffen gebaseerde procesroutes’ gaat niet over CO<sub>2</sub> (in de chemie niet), maar over procesefficiëntie en het voorkomen van afval en emissies.
- Voor fijnchemie, specialities en commodities zal de komende decennia biomassa steeds belangrijker worden als grondstof.
- Er is een sterke relatie met energie. Chemie niet afkoppelen van energie. Want het is weliswaar zo dat wanneer fossiele grondstoffen niet meer voor de energieproductie worden ingezet er ruim voldoende overblijft voor de chemie (en uitputting dus geen probleem meer is), maar in dat geval valt ook het schaalvoordeel weg.
- Op langere termijn (> 60 jaar) zal ook de bulkchemie overgaan op andere grondstoffen (omdat uiteindelijk het schaalvoordeel weg zal vallen). Het is de taak voor de chemie op hier op voor te bereiden.

#### **Wat is de urgentie / het probleem?**

- Er is een afvalprobleem. Processen zijn inefficiënt.
- Er ligt veel op de plank, maar het komt niet van de grond. Hoe dit te doorbreken.
- Heel veel producten en maatschappelijke functies zijn uiteindelijk gebaseerd op fossiele grondstoffen (zowel grote bedreigingen als grote kansen dus).
- De huidige programma's zijn te veel alleen op kortere termijn gericht, vanwege de cofinanciering. Er zijn naast deze programma's ook fundamentele programma's nodig. Essentieel is niet dat het bedrijfsleven *meedoet* maar wel dat ze *meedenkt*.
- Veel grote bedrijven hebben hun R&D hier. Het is belangrijk om het ook voor hen interessant te houden hier.
- Maatschappelijke urgentie: willen de grote installaties van NU over 20-30 jaar vervangen worden door betere, dan moeten er NU reeds nieuwe processen ontwikkeld worden.

#### **Waar moet het toe leiden / visie?**

Korte termijn: in bulkchemie nieuwe procesroutes op basis van fossiele grondstoffen. Lange termijn (meer dan 60 jaar): substitutie van fossiele grondstoffen.

In bulkchemie staan koolstof en waterstof centraal. Fossiel zal daar daarom nog heel lang kostenefficiënter zijn. Bij functionele producten staan verbindingen centraal, daarom is daar biomassa al snel een serieuze vervanger.

### Drivers en barrières

- Barrière: slecht imago van chemie. Rol voor overheid om hier iets aan te doen. Via onderwijs.
- Barrière: bestaande productiefaciliteiten moeten uitgenut worden. Dit belemmert vernieuwingen.
- Barrière: procestechnologie en chemie werken niet voldoende samen. Mogelijke oorzaak in onderwijs: dit is gefragmenteerd geworden.
- Barrière: ‘innovatie lock-in’: grootschalige installaties met lange levensduur
- Potentiële driver: het is een markt waarin kostenverlaging erg belangrijk is.

### Wie moet wat doen?

- Uitdaging: ontwerp nieuwe procesroutes (ipv optimaliseren bestaande), maar zoveel mogelijk binnen de mogelijkheden van huidige, bestaande installaties (gegeven de innovatie lock-in). Hiervoor is interdisciplinaire samenwerking nodig (tussen procestechnologen, chemici).
- Belangrijke rol voor overheid: pro-actief zijn, vooruit willen lopen.

Enablers	Drivers	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
<b>Laag 1: Maatschappelijke context</b>			
ontwikkelingen van beleid en wetgeving gericht op beter 'end-of-life' verwerking dat hergebruik stimuleert	CO <sub>2</sub> heffing	consument is niet bereid extra te betalen voor een milieuvriendelijker product	oriënteert Nederland zich voldoende op internationale omgeving qua innovatie, scholing, arbeidskrachten
		chemie heeft bij het publiek een slecht imago	Risicoacceptatie door het publiek
<b>Laag II: Keten</b>			
ontwikkeling van nieuwe markten buiten Europa en VS, vragen lokaal nieuwe investeringen	duurder wordende fossiele grondstoffen, maken meerwaarde voor toepassing in 'blijvende' materialen aantrekkelijk	economische levensduur van producten zeer veel korter dan technische levensduur van materialen	Werkelijke winst voor 'milieu en duurzaamheid'
	toegevoegde waarde van producten petrochemie is substantieel hoger dan van energiebenutting van fossiele grondstoffen		prijstelling grondstoffen door 'politieke factoren'
<b>Laag III: Sector</b>			
voortdurende verbetering van procesefficiëntie	voortdurend streven naar kostenverlaging	bij grootschalige productie zijn incrementele innovaties de regel	
		lange levensduur van procesinstallaties	

#### **4.5 Schone procestechnologie: downscaling en superefficiënt**

Dit is voor alle chemiesegmenten van belang. Per segment kan de aandacht op andere technologie gericht zijn. Kenmerkend is wel dat het ene segment daarbij steeds meer kan leren van toepassing en ontwikkelingen in de andere.

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’, maar niet wezenlijk veranderd. Er is echter een duidelijke trend gaande waarin nieuwe processen ontwikkeld worden. Hieraan wordt vanuit verschillende disciplines gewerkt: organische synthese, (bio)katalyse, (bio)procestechnologie, microsysteemtechnologie. Gesproken wordt over ‘elegante processen’ met een veel grotere precisie en functionaliteit. Het gaat bovendien om processen op microniveau (miniaturisering) die eenvoudig opgeschaald kunnen worden. Bijvoorbeeld het toepassen van microsysteemtechnologie in de farmaceutische industrie, die het mogelijk maakt werkzame stoffen sneller en efficiënter te identificeren en produceren.

Enablers	Drivers	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
<b>Laag 1: Maatschappelijke context</b>			
	Oplossingsgerichtheid chemische sector	Nederland te klein voor baanbrekend werk	Potentiële risico's van biotechnologie
		Geen meersporen-innovatiebeleid	Potentiële risico's van extreem kleine deeltjes (nanotechnologie)
		Gebrekkige acceptatie van biotechnologie die de Nederlandse sector op achterstand zet tov buitenland	Betere modellen voor ontwikkelen strategisch beeld van gewenste technologie-ontwikkeling
<b>Laag II: Keten</b>			
		Bestaande grootschalige ketenstructuur	Integrale kosten en baten
		Innovaties in één schakel stuiten op barrières in andere schakels	Wat zijn incentives om verandering in keten in gang te krijgen?
		Schaalverschillen in logistieke keten (productie, transport, consumptie)	Kosten en baten verdelen over keten
			Wat is optimale schaalgrootte voor micro- en nanotechnologie?
<b>Laag III: Sector</b>			
Nederland geschikt voor inter- en transdisciplinaire samenwerking (energie / chemie / gezondheid / landbouw / voeding)		Beperkte investeringsbereidheid chemiesector (nieuwe technologieën concurreren met afgeschreven installaties bijvoorbeeld)	Is prikkelende wet- en regelgeving haalbaar en effectief?
Technologieontwikkelingen (katalyse, biotechnologie, procestechologie, materiaaltechnologie, design)		Investeringscycli bedrijven. Hoe lang duurt het voor de huidige grootschalige infrastructuur voor chemische productie is afgeschreven?	Betere modellen voor ontwikkelen strategisch beeld van gewenste technologie-ontwikkeling
		QWERTY-effect: één oplossing gaat overheersen	

## 4.6 Een transitiegericht innovatieklimaat

Het innovatieklimaat wordt bepaald door onder meer de houding van de overheid, de wet- en regelgeving, en het bedrijfsleven (zowel MKB als grote bedrijven). Een transitiegericht innovatieklimaat is gericht op grote sprongen, in tegenstelling tot een innovatieklimaat dat alleen op kleine stapjes gericht is.

In de ontwikkeling van nieuwe technologieën, zoals microsysteemtechnologie, biotechnologie en scheidingstechnologie is de laatste jaren veel bereikt en ook de komende jaren worden in diverse nieuwe programma's technologische opties ontwikkeld. De toepassing van die technologische mogelijkheden in duurzame innovatie ijlt echter na. Tot dusver is de implementatie nog nauwelijks op gang gekomen, noch lijken de voorbereidingen daarvoor getroffen. De chemie dreigt zo een voor-

beeld van de bekende innovatieparadox te worden: veel kansen waar weinig mee gebeurt.

Gerichte samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden is nodig om – selectief – de ontwikkeling én toepassing van technologieën voor duurzaamheid te stimuleren. Daarbij gaat het nadrukkelijk niet om éénmalige succes in een specifieke marktniche, maar om brede toepassing van nieuwe grondstoffen, producten en processen ter vervanging van energie- en milieu-intensieve opties die momenteel dominant zijn. Beschikbaarheid van toepasbare technologie is daarbij wel een voorwaarde, maar zeker niet voldoende om een transitie te bewerkstelligen. Nodig is een transitiegericht innovatieklimaat, waarin bedrijven en kennisinstellingen bij het stellen van prioriteiten voor de korte termijn ook anticiperen op lange termijn doelen. En waarin overheden innovatie-instrumenten ontwikkelen die selectief en marktgericht alleen innovaties stimuleren die een reëel perspectief bieden op duurzame economische ontwikkeling.

Criteria bij een selectief stimuleringsbeleid zijn:

- dynamiek van de sector en potentie van de innovatie;
- economische relevantie op de korte en lange termijn, waarbij meespeelt of er een duidelijke behoefte of gebruikersgroep is;
- bijdrage aan lange termijn doelen, waarbij ook ruimte moet zijn om goed te kunnen inspelen op ‘nieuwe problemen’ die zich kunnen voordoen.
- relevantie voor het bestaande beleid, zoals aansluiting bij het bestaande doelgroepenbeleid.

Enablers	Drivers	Barrières	Onzekerheden / dilemma's
<b>Laag 1: Maatschappelijke context</b>			
Technopartner-regeling EZ (stimuleert technostarters, kleine innovatoren)	Door internationalisering markt moeten producten aan diverse normen van verschillende landen voldoen. Dit stimuleert innovatie.	Wet- en regelgeving te streng (angst voor risico's)	Hoe kan een lange termijn oriëntatie tot stand worden gebracht. Scenariostudies.
Maatschappelijke vraag naar duurzaamheid	Publieke opinie over chemie	Wet- en regelgeving niet prikkelend / weinig algemene incentives	Duurzaamheidstoets voor ontwikkelingsprojecten
Maatschappelijke vraag naar duurzame producten		Prijs- en subsidiebeleid op korte termijn gericht	Wat zijn prikkelende factoren voor ondernemers?
		Korte termijn gerichtheid overheid	Hoe externe kosten internaliseren?
		Onbekendheid over wat burger/consument als duurzaam beschouwt.	Er moet op Europees niveau naar incentives en invoering gekeken worden.
		Geen meersporen-innovatiebeleid	
		Voorzorgsprincipe als rem	
		Gebrekkige acceptatie biotechnologie	
		Nederland is als relatief klein land niet toegerust om baanbrekend werk te doen op technologiegebieden zoals biotechnologie	
<b>Laag II: Keten</b>			
Ketensamenwerking kan veel opleveren.		QWERTY-effect: één oplossing gaat overheersen	Er moeten mechanismen en incentives gevonden worden om verandering in de keten makkelijker in gang te krijgen en voordelen aan alle partijen in de keten door te geven.
		Duurzame alternatieven zijn of lijken duurder	
<b>Laag III: Sector</b>			
Positief kenmerk van chemiesector: men blijft voortdurend naar oplossingen zoeken		MKB zwaar onder druk bij stoffenbeleid	MKB is vaak de motor voor innovatie; hoe betrekken we MKB dus bij de discussie en ontwikkeling?
De huidige technologische ontwikkelingen bieden kansen voor kleine innovatieve bedrijven omdat lagere investeringen nodig zijn door kleinschaligheid.		Bepaalde investeringsbereidheid chemiesector. Dit leidt tot onderbenutting van beschikbaar kennispotentieel	
		Investeringscycli bedrijven	



## 5. Tot besluit: een palet aan visies

Het past niet om een startnotitie te besluiten met definitieve conclusies en aanbevelingen. Meer passend is het deze notitie af te sluiten met een serieuze uitnodiging tot verdieping en debat: een palet aan visies. Visies die zijn verwoord in de interviews die wij hebben gehouden met 10 sleutelpersonen uit de sector. Met elkaar tonen ze een diversiteit in toekomstbeelden van de chemie. Ze illustreren dat er geen gebrek is aan antwoorden op de fundamentele vraag die in het begin van de startnotitie is gesteld: hoe kan chemie bijdragen aan een duurzame samenleving? Sommige antwoorden sluiten elkaar uit, of althans ze lijken het bij eerste beschouwing. Andere vullen elkaar goed aan. Allen getuigen ze van een sterke betrokkenheid en ‘sense of urgency’ ten aanzien van de rol van chemie in een transitie naar duurzame economische ontwikkeling.

### *Een uitnodiging tot verdieping en debat*

1. Duurzame chemie en productie moeten straks in principe volledig gedreven zijn door **bedrijfseconomische incentives**, op basis van maatschappelijke en macro-economische randvoorwaarden, die zijn vertaald in financiële instrumenten welke wereldwijd gelden.
2. Door de hoge toegevoegde waarde in de keten is te verwachten dat de basis petrochemie in staat blijft om aan voldoende grondstof te komen, ook wanneer aardolie en aardgas ooit werkelijk schaars zouden worden. **Die zullen dus een dominante grondstof voor de chemie blijven.** Doorbraak van biomassa als substituuut voor aardolie zal alleen plaatsvinden in specifieke marktniches van beperkte omvang.
3. In 2050 zal een significant **deel van de grondstoffen voor chemie afkomstig zijn van biomassa.** Op wereldschaal is er voldoende biomassa aanwezig, zonder directe problemen voor de voedselvoorziening. Daarvoor zal op een andere wijze met biomassa omgegaan worden, in de landbouw en in de chemie. Meervoudig gebruik van biomassa is dan normaal en voortbrengingsketens zijn voor deze grondstof geoptimaliseerd met heel anders ingerichte procesroutes dan nu gebruikelijk voor de standaard grondstoffen.  
Het vraagt om een verregaande combinatie van biotechnologie en de traditionele chemie. GMO zal daarbij een belangrijke rol spelen.
4. Er zal een **veel gedifferentieerder aanbod in grondstoffen**, producten en productiewijzen komen. Daarbij wordt op regionale voordelen voor specifieke grondstoffen of toepassingen ingespeeld. Achtergronden zijn het beter benutten van mogelijkheden, spreiden van risico's, rigoureuus terugdringen van transport (met de te verwachten toename van kosten daarvan) en streven naar ‘precies het juiste molecuul voor de juiste toepassing’.



5. Gebruik van biomassa zal in belangrijke mate gebeuren door **lokaal kleinschalige omzettingen** van diffuse stromen en vervoer van geconcentreerde stromen (tussen)producten met een lokale infrastructuur die in eerste instantie weinig complex is en lage investeringen vraagt. Eventueel, maar niet noodzakelijk, grootschaliger verwerking van tussenproducten centraal.

Grootschalige omzetting kan eventueel plaatsvinden op basis van biomassa stromen die ontstaan door andere activiteiten zoals grootschalige teelt voor voedsel.

6. **Mondialisering** van economie leidt ertoe dat de relatief arbeidsintensieve (en afvalproducerende) fijnchemie verdwijnt naar landen met lagere loonkosten, terwijl de bulkchemie – waar automatisering heel ver is doorgevoerd - in ons land/Europa blijft

7. In de grootschalige en petrochemische sector zijn fundamentele innovaties minder waarschijnlijk. Het gaat om **continue verbetering** van energie-efficiëntie en de milieu en veiligheidsperformance.

8. **‘Nul vervuiling’ productieconcepten** komen in beeld. Ook bij de fijnchemie zal de molecuul efficiëntie dicht in de buurt van het ‘optimum’ komen door volledig andere productieprocessen.

9. Groene procestechnologie ook gericht op **andere procesbesturingstechnologieën** maakt heel andere soorten fabrieken mogelijk. Economy of scale is niet meer zaligmakend maar kleinschalige productie is mogelijk. Dit zal ook de logistiek veranderen want grootschalige productie op één plek is niet meer vanzelfsprekend het meest economisch.

10. Er is bij de fijnchemie maar ook de pseudobulk chemie een enorme diversiteit aan componenten die gemaakt moeten worden. Er zal daarbij in (relatief) kleine volumens moeten worden geproduceerd en met een snelle wisseling. Nodig zijn processen en installaties die snel en flexibel (en heel schoon) dergelijke **‘customized moleculen’** kunnen leveren. Geminiaturiseerde en ‘on demand’ productie zijn daarbij sleutelwoorden.

Deze flexibiliteit voorkomt ook dat specifieke veelgebruikte componenten ‘automatisch’ de keuze bepalen ook al zijn ze daar niet zonder meer optimaal voor.

11. Streven naar productiemethoden waarbij de hele keten op één plek plaatsvindt en dus de gevaarlijke intermediaire producten niet hoeven worden getransporteerd. Daarbij zal de opslag van de stoffen ook beperkt kunnen zijn omdat ze direct kunnen worden verwerkt. Waar transport toch nodig is worden intermediaire stoffen toegepast die bij opslag en transport geen (of veel minder) risico’s meebrengen.

12. **Zicht op en controle van de hele keten** wordt heel belangrijk. Snel en kosten-efficiënt produceren kan straks alleen als in ketens wordt samengewerkt.

Naast zekerheid van levering en afname speelt mee dat problemen of ongewenste situaties in de keten snel ook ‘reputatieschade’ en grote kosten meebrengen, voor ontwikkeling alternatieven, schade die verhaalt gat worden etc. De wijze van toepassing van een product bepaalt zo mede de keuzes die bij productontwikkeling worden gemaakt. De technologie van toepassen en verwerken van het product moet dus ook met ‘de chemie’ samen worden gedaan.

13. Stoffen met mogelijke (milieu) risico’s zijn niet zonder meer uitgesloten. Er vindt een goede en **rationele afweging** plaats, waarbij de bruikbaarheid en de risico’s van alternatieven goed zijn meegewogen. Daarvoor moeten goede ‘instrumenten’ worden ontwikkeld.

14. Er is een enorm toegenomen vraag naar **nieuwe materialen en nieuwe moleculen**, gekenmerkt door optimaal en slim voldoen aan functionele eisen. Drivers daarvoor zijn de farmacie, voedsel conservering, nanotechnologie, microsysteem technologie, transport en ruimtevaarttechnologie.

Een speciale groep zijn superefficiënte zonnecellen, ivm ‘duurzame energie opwekking’

15. Grote groei van het ‘aandeel slimme consumenten’ die kapitaalkrchtig genoeg zijn om meer **kwaliteit** te eisen, niet alleen product maar ook van het indirecte effect van dat product. Dat biedt marktkansen maar ook een groter ‘afbreuk risico’ bij fouten.

16. Volledig uitbannen van **kortcyclische consumentenproducten** (zeker verpakkingen) op basis van fossiele grondstoffen. Er zijn genoeg mogelijkheden voor hernieuwbare grondstoffen mede op basis van reëngineering vanuit het beeld van de planeet als begrenst systeem.

17. Producten en materialen worden zoveel mogelijk in de **kringloop** gehouden. Daarvoor bestaat dan een goede methode om vast te stellen in welke vorm dat voordelen voor ‘werkelijke’ duurzaamheid heeft. Om dat goed te doen zijn productontwikkelingmethoden nodig, verwerkingsmethoden en materiaal en product procedures die toegespitst zijn op hergebruik en hergebruikte materialen. Bij de ontwikkeling van nieuwe componenten, polymeren etc. moet expliciet als randvoorwaarde worden meegenomen dat het op een of ander wijze ‘eenvoudig’ kan worden hergebruikt.



## 6. Referenties

### Interviews gehouden met:

- Prof.dr. A. Bruggink, DSM Corporate Technology / Organische Chemie Universiteit Nijmegen
- Dr. P. van Hensbergen, Akzo Nobel Coatings
- Prof.dr.J. Joosten, DSM Corporate Technology
- Ir. M. Kinket, & Drs. J. Vis, Stichting Natuur en Milieu
- Dr. P. Malaise, Ecover Belgium NV
- Ir. P. de Ruiter, Forbo
- Drs. W.F. de Ruijter, Federatie Nederlandse Rubber en Kunststofindustrie
- Prof.dr. J. Sanders, Agrotechnology and Food Sciences Group Wageningen UR
- Drs. F. Valkema, Schuttelaar en Partners
- Ir. P.R.R. Venhuizen, Shell Nederland Chemicals B.V.

### Geraadpleegde literatuur

- Bruggink et al, BSIK-voorstel B-BASIC (2003)
- Catalysis Technology Roadmap Partnership: Katalyse voor een duurzame samenleving. ICES/KIS 3 Expression of interest. (2001)
- Chemistry for Sustainability. Subsidy application under the Decree on subsidy for Investments in the Knowledge Infrastructure (ICES/KIS-3) (2003).
- DTO (1996). Duurzaamheid en chemie. Een bundel essays.
- DTO sleutel Chemie (1997)
- EuropaBio (2003). White Biotechnology: Gateway to a More Sustainable Future.
- Green Process Technology (GPT), as part of Chemistry, Energy, Sustainability. Programma proposal BSIK. Partnership of OSPT, TNO-MEP, ECN-EEI. (2003).
- Jansen, J.L.A. en B. Don, Chemistry in Sustainable Development. Paper voor de American Chemical Society, Presidents meeting, augustus 1994.
- KNCV (2003). Chemie in 2030. Vier toekomstscenario's voor de chemie in Nederland.
- Otten, J., Duurzame chemie. Essay Senter, december 2003.
- TNO-STB (1995). Technologische uitdagingen in clusters.
- Venselaar, J. (2003). Sustainable growth and Chemical Engineering. In: Chemical Engineering Technology 26 (2003). Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KgaAm, Weinheim
- Weterings, R., Kuijper, J. en Smeets, E., '81 mogelijkheden. Technologie voor duurzame ontwikkeling'. Eindrapport van de milieugerichte technologieverkenning. In opdracht van VROM (1997)
- World Commission on Environment and Development, Our common future (Brundtlandt Report). New York, (1987).



## 7. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Ministerie VROM  
DGM/SB  
De heer Ir. H.A.C. Groeneveld  
Postbus 30945  
2500 GX 's-Gravenhage

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ir. K.G.P. Molendijk, TNO-MEP  
Dr.Ir. J. Venselaar, TNO-MEP  
Dr. R.A.P.M. Weterings, TNO-MEP  
Dr. B. de Klerk-Engels, Wageningen UR

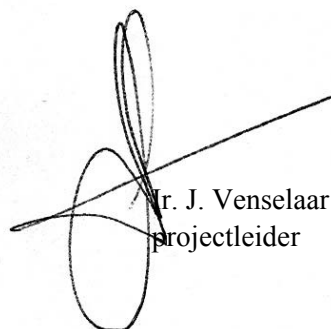
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

Wageningen Universiteit & Researchcentrum

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

December 2003 – april 2004

Ondertekening:



Ir. J. Venselaar  
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. H.S. Buijtenhek  
afdelingshoofd