

Platform Groene Grondstoffen

Nieuwe bronnen voor chemie



Uitwerking van transitiepad 5:
Innovatief gebruik groene grondstoffen en/in duurzame chemie

september 2006



Deze rapportage is mede tot stand gekomen in uitvoerige discussies met de ondersteunende werkgroep:

1. Prof.Dr.Lucas.Reinders(UvA), mede namens het PGG en de NGO's.
2. Prof.Dr. Ir.Luuk.v.d. Wielen(TU Delft), mede namens het PGG en de werkgroep coproductie van chemicaliën, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte (transitiepad 3).
3. Prof. Dr. Johan Sanders(WUR), mede namens PGG en de werkgroep Biomassa productie (transitiepad 1).
4. Dr. Maurice Franssen (WUR)
5. Dr. Frans Kaspersen (Organon), als vertegenwoordiger van fijnchemie, medicinale chemie en farmacie.
6. Dr. Colja Laane(DSM), mede als vertegenwoordiger van Life Sciences en Industriële Biotechnologie en aansluiting op de EU lijnen hiervoor.
7. Prof. Dr. Thijs.Michels(TUE en DPI) tbv nieuwe ontwikkelingen in het materialenveld.
8. Prof. Dr.Ir. Jacques Joosten (DSM, DPI) tbv afstemming met de regiegroep "Sleutelgebied Chemie".

Alsmede meerdere medewerkers van de ministeries EZ, LNV en VROM en collega's uit de NWO ACTS netwerken.

Nieuwe bronnen voor chemie

Uitwerking van transitiepad 5: Innovatief gebruik groene grondstoffen en/in duurzame chemie

Platform Groene Grondstoffen

september 2006

Inhoudsopgave

1 Samenvatting	4
2 Positie van de chemie	5
3 Visie en ambities	7
<i>Doelstellingen 2030</i>	7
4 De weg naar 2030; mogelijkheden	8
a) <i>C en O-bronnen</i>	8
b) <i>N bronnen</i>	9
c) <i>Halogenen (Cl en Br)</i>	10
d) <i>Nieuwe materialen</i>	10
5 De weg naar 2030; acties, plannen en beleid	10
a) <i>Vervanging fossiele grondstoffen</i>	11
b) <i>Vermijding fossiele grondstoffen, reductie van afval en emissies</i>	12
c) <i>Hergebruik van bulk kunststoffen</i>	13
6 Slotbeschouwingen	14
a) <i>Generieke aspecten</i>	14
b) <i>Chemie als trendsetter</i>	15
c) <i>Samenvatting beleidsaanbevelingen</i>	16

Voorwoord

Voor u ligt de samenvattende rapportage van de uitwerking van het transitiepad "Innovatief gebruik groene grondstoffen en/in duurzame chemie". In opdracht van het Platform Groene Grondstoffen heeft Alle Bruggink (DSM, NWO-ACTS) in overleg met stakeholders uit industrie, overheid en wetenschap dit transitiepad verder uitgediept: wat is het potentieel van groene grondstoffen voor de chemie, welke mogelijkheden en kansen zijn er, welke beleid is ervoor nodig om die te realiseren?

De overkoepelende rapportage van het Platform Groene Grondstoffen "30% vervanging fossiele grondstoffen in 2030" is gebaseerd op de uitwerkingen van de 5 transitiepaden die het platform geselecteerd heeft. Ook voor de andere transitiepaden zijn rapportages verkrijgbaar.

1. Samenvatting

Dit rapport richt zich vooral op de organische chemie; de grootste sector en trend bepalend in de transitie van fossiel naar duurzaam en groen. In Nederland is de chemie de grootste industriële gebruiker van fossiele grondstoffen, ruim 20% van het totaal waarvan 60% in de vorm van grondstof voor eindproducten. Wereldwijd zijn deze getallen een factor twee kleiner, veroorzaakt door onze grote exportcomponent. De chemie kan op haar huidig totaalverbruik(energetisch + niet-energetisch) aan fossiele grondstoffen van ca.685 PJ tot 200 PJ besparen door vervanging, vermijding en besparing. In de belangrijkste sector, de organische chemie, kan het verbruik in de vorm van fossiele grondstof voor eindproduct met 50%(140 PJ) terug, waarvan de helft door vervanging door hernieuwbare grondstoffen uit biomassa en de helft door hergebruik van top-10 kunststoffen. Voor het laatste is een internationale aanpak nodig.

Vervanging van de basischemicaliën door moleculaire energiedragers uit biomassa biedt voor de chemie veel voordelen. De lastige oxidatie, als de eerste stap in de functionalisering van fossiele grondstoffen, kan worden vermeden doordat de nieuwe energiedragers de O-functionaliteit al bevatten. Uit reststromen bij de winning van energie uit biomassa ontstaan voor de chemie nieuwe bronnen voor N-bouwstenen en op termijn ook fosfor en zwavel bevattende bouwstenen. Het gebruik van halogenen, met name chloor en broom als hulpstof kan daardoor grotendeels verdwijnen. Een sterke doorgroei van de fermentatie-industrie op basis van de energie gerelateerde biomassastromen stelt de chemie in staat een breed scala van complexe producten onder gecontroleerde omstandigheden te vervaardigen. Verdere uitwerking van het concept bioraffinage kan voor de chemie additionele mogelijkheden bieden tot snelle en competitieve toegang tot gefunctionaliseerde producten. Zowel de nieuwe moleculaire bouwstenen als de benutting van relevante onderdelen van de biomassastromen bieden voor de ontwikkeling van nieuwe, duurzame materialen veel mogelijkheden, mits de vertaling van materiaal functie naar materiaalontwerp voldoende nieuwe inzichten geeft.

Realisatie van de plannen en ambities is grotendeels mogelijk op basis van bestaand beleid, vooral vanwege de initiërende rol die de chemie al heeft gespeeld in de kennisontwikkeling voor bioconversies. Met name de vervangingsdoelen (ca 70 PJ) zijn goed verankerd in lopende programma's en plannen van ACTS (B Basic, IBOS, ASPECT), de technologische topinstituten DPI en NIIB i.o. en de regiegroep Chemie Sleutelgebied. In totaal is daarmee ca. M€ 125/jaar ter beschikking voor transitiegericht onderzoek, oplopend naar M€ 200/jaar (inclusief toxicologisch onderzoek en benodigde analytische infrastructuur) als alle plannen en aanvragen gehonoreerd worden. Van de overheid wordt een bijdrage van ca. 50% verwacht. Nieuw beleid en extra middelen zijn gewenst om de doelen met betrekking tot hergebruik van kunststoffen te halen. Senter/Novem, samen met een aantal hogescholen, zijn voornemens een actieplan te ontwikkelen om te komen tot hergebruik van de grootste kunststoffen in opkomende economieën op basis van in Nederland aanwezige kennis en ervaring in synergie met actieplannen voor beter hergebruik in Nederland en de EU. De ambitie is om in 2030 tot 50% hergebruik te komen in Nederland en een substantieel deel in het buitenland zodat de gewenste besparing van ca.70 PJ aan fossiele grondstof kan worden bereikt. Voor de ontwikkeling van nieuwe materialen kan ook grotendeels worden voortgebouwd op bestaand beleid, alhoewel voor het onmisbare MKB in deze sector additionele overheidsstimulansen zoals voorbeeldfunctie in aanschaf nieuwe materialen en grootschalige demonstratie welkom zijn.

In meer algemene betekenis pleit de werkgroep, samen met de plannen van NWO CW/ACTS en de regiegroep Chemie Sleutelgebied voor een herstel van het evenwicht tussen middelen voor fundamenteel en basis onderzoek (de eerste geldstroom) en het innovatiegerichte ontwikkelingswerk (de tweede en derde geldstroom.) De tekorten in de eerste geldstroom vormen een bedreiging voor de lange termijn ambities in de gewenste transities. Tevens wordt gepleit voor een beter organisatorische scheiding van kennisgericht onderzoek en innovatieontwikkeling. De initiatieven voor innovatielaboratoria (NWO ACTS) bij de universiteiten en centra voor open innovatie(regiegroep) bij grote industriële centra worden van harte gedeeld door de werkgroep.

Ten slotte: de uitdagende mogelijkheden die de groene grondstoffen economie aan de chemie biedt, zijn voor de chemie unieke kansen om haar rol bij het brede publiek opnieuw onder de aandacht te brengen en het positieve beeld van de chemie te herstellen.

2. Positie van de Chemie

In de transitie naar een op groene grondstoffen gebaseerde economie neemt de chemie een kenmerkende plaats in. In de aanloop naar deze transitie heeft de chemie een trendsettende rol vervuld door op industriële schaal te laten zien dat biosynthese(fermentatie) en biokatalyse mogelijkheden bieden om zowel natuurlijke als niet natuurlijke grondstoffen op door de natuur geïnspireerde wijze om te zetten in commercieel en maatschappelijk relevante producten. Met name de inzet van enzymen spreekt tot de verbeelding, versterkt door de snelle verbreding van de fundamentele inzichten en de toepassingsmogelijkheden dank zij de stormachtige ontwikkelingen in het genomics onderzoek. Deze ontwikkeling heeft zijn start gezien in de chemie voor hoogwaardige toepassingen zoals in de tussenproducten voor medicijnen gevolgd door toepassingen in qua volume grotere marktsegmenten zoals materialen en bulkchemie. Ondertussen is zelfs de petrochemie, bij uitstek de sector gebaseerd op fossiele grondstoffen, begonnen met het onderzoeken van de merites van de bioconversies, weliswaar in gezonde competitie met doorgaande verbetering van de meer traditionele processen (schoon fossiel). Het laatste vanuit de zekerheid dat fossiele grondstoffen nog decennialang een hoofdrol in de economie zullen opeisen en dat zoets ook op zo duurzaam mogelijke wijze zal moeten worden gedaan.

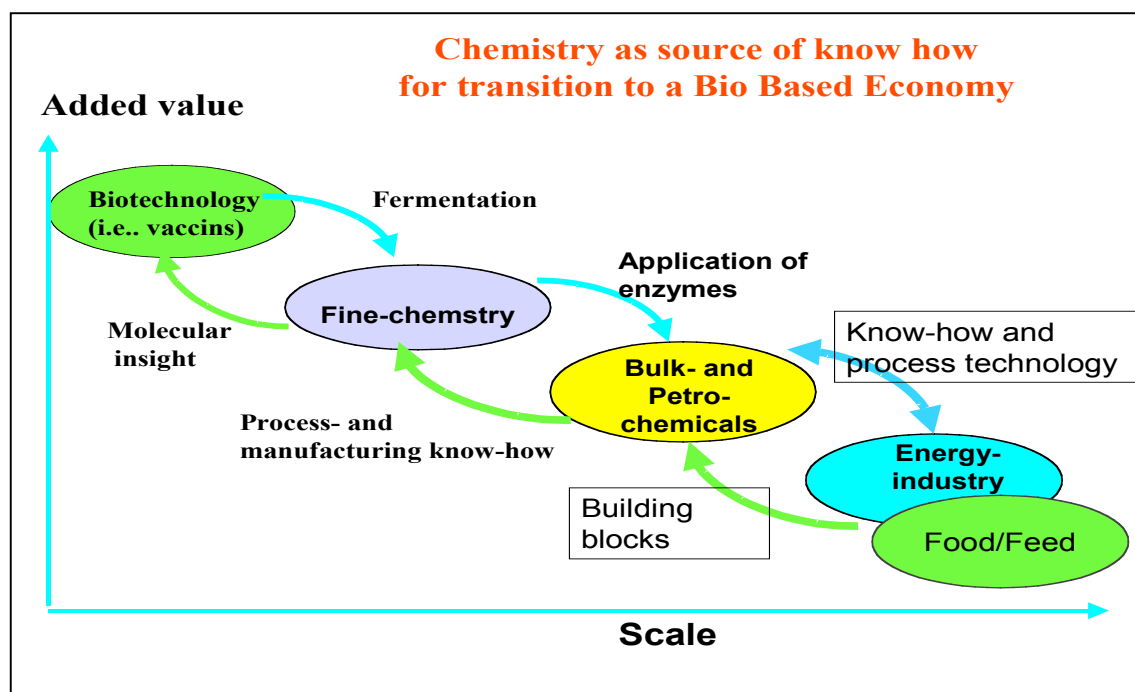


Fig. 1 Chemie als kennisbron voor ontwikkeling groene grondstoffen economie

Met dit vertrouwen is de introductie van "bio" in de werkelijk grootschalige sectoren, zoals de energie, bespreekbaar en de moeite van het onderzoeken waard geworden. De chemie heeft het bewijs van haalbaarheid geleverd en het debat en onderzoek en ontwikkeling kunnen zich verplaatsen naar de energie en voedingssectoren. In deze bredere context neemt de chemie een bescheiden plaats in zoals uit onderstaande tabel blijkt. Ca. 10%, i.e. 300PJ exclusief de kunstmest, van de totale nationale energiestroom komt te voorschijn in de vorm van materiele chemische eindproducten en materialen. Nog eens ca. 9%, 273PJ, is nodig in de processen om deze eindproducten te vervaardigen. Hiermee is de chemie wel bij verre de belangrijkste industriële speler in het energieveld op afstand gevolgd door de metaal industrie. De sterke oriëntatie van de chemie op de export is hiervan de oorzaak.

Tabel 1. Energiegebruik NL chemische industrie (huidige situatie)

Sector	Niet energetisch [PJ]	Energetisch [PJ]	Totaal [PJ]
Organische chemie	280 (56%)	241	521
Metaal industrie	81 (17%)	89	176
Kunstmest	77 (16%)	35	112 (>95% aardgas)
Anorganische chemie	20 (4%)	32	52
Overige industrie	32 (6%)	182	214
Totaal industrie Nederland	496 (100%)	579	1075

Totaal energieverbruik in Nederland: 3065 PJ (waarvan warmte 45%, elektriciteit 25, transport 15 en grondstoffen eveneens 15%)

Bron: Studies WUR en ECN tbv platform Groene Grondstoffen, "Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030", Januari 2006.

Van het totaalverbruik in Nederland aan fossiele energiedragers ten behoeve van de organische chemie en de daarvan afgeleide kunststoffen en materialen is ca.4,6 Mton Nafta (bron: VNCI, 2004) en ca. 2,2 Mton aardgas (bron: CBS, 2003); totaal afgerond 7 Mton en overeenkomend met ca. 280 PJ energie inhoud. Meer dan 5 Mton van deze 7 vindt zijn weg in onze export. Anders dan in de meeste geïndustrialiseerde landen bezet de chemie in Nederland daardoor de tweede plaats in de industriesector, na de voedingsindustrie. Op mondiaal niveau blijkt de relatief bescheiden positie van de chemie in een op groene grondstoffen gebaseerde economie dan ook beter. Ten opzichte van zowel de totale voedselstromen enerzijds en de gecumuleerde energie stromen anderzijds is de mondiale chemiesector twintig maal zo klein, ofwel niet meer dan 5%(betreft alleen het niet-energetische verbruik). Duidelijk blijkt uit deze figuur ook de sterke verwevenheid van de chemie met de energiesector. Ca. 90% van de chemiestromen zijn afgeleid van de energiedragers en daarmee sterk afhankelijk van fossiele grondstoffen. In feite zit de chemie al meer dan 150 jaar op de bagagedrager van de energie. Met de ophanden vergroening van de energiesector, aangezet door de chemie, zal deze positie van de chemie gecontinueerd kunnen worden.

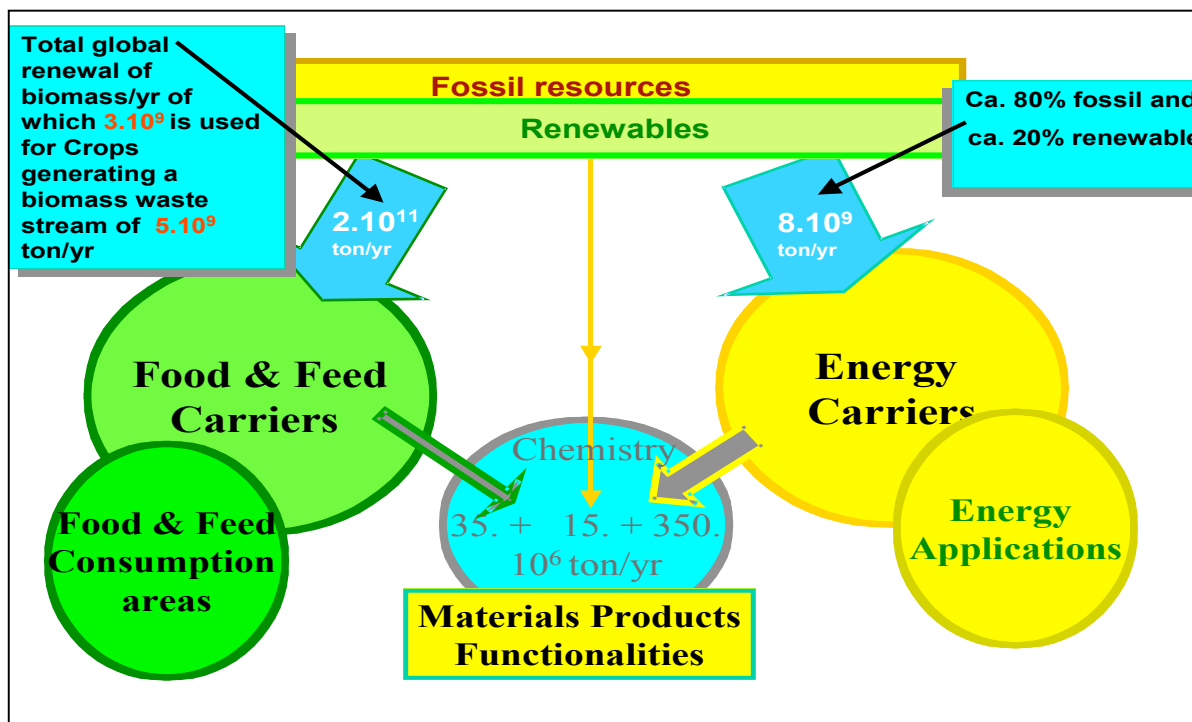


Fig. 2 Plaats van de chemie ten opzichte van de energie en voedingssectoren

Dit betekent dat de agenda voor een op groene grondstoffen gebaseerde economie de komende decennia zal worden bepaald door de ontwikkelingen in de sectoren voeding en energie. Na de eerst initiërende proeftuinrol van de chemie zal deze nu overgaan naar een volgstrategie. Echter ook vanwege deze initiërende rol zal de chemie snel de nieuwe kansen en mogelijkheden zien en door de al aanwezige ervaring snel tot implementatie kunnen overgaan. In feite is de chemie al volop bezig met de transitie naar groene grondstoffen, zoals hierna ook zal worden uiteen gezet. Deze transitie geldt wereldwijd, maar de Nederlandse rol is zowel in de industriële (witte) biotechnologie als de ontwikkeling van nieuwe, bio-gebaseerde, materialen vooraanstaand te noemen. Deze sterke positie zou ook kunnen worden benut door in plaats van een volgstrategie te kiezen voor een versnelde doorgroei naar een chemie geheel gebaseerd op groene grondstoffen. In de slotbeschouwing komen we hierop terug.

3. Visie en ambities

Gegeven de initiërende rol van de chemie in de transitie naar de groene grondstoffen economie en de belangrijke (export)positie van de chemie in de industriesector zoals ook blijkt uit de erkenning van chemie als sleutelgebied voor de Nederlandse kenniseconomie, mag van de chemie een ambitieuze rol worden verwacht. In het businessplan van de regiegroep voor het sleutelgebied chemie is dit als volgt verwoord (bron: Businessplan regiegroep Chemie Sleutelgebied, juli 2006):

- verdubbeling van de bijdrage van de chemie aan het Bruto Nationaal Product in 10 jaar,
- halvering van het gebruik van fossiele grondstoffen binnen 25 jaar en
- uitbouw van bestaande sterktes in industriële biotechnologie, katalyse, materialen en procestechnologie tot mondiale excellentie om dit mogelijk te maken.

Aldus hoopt de regiegroep onder het motto “Chemie maakt de toekomst” welvaart en welzijn op een duurzame wijze te vergroten. Deze ambitie sluit uitstekend aan op de doelstellingen en ambities zoals vastgesteld vanuit het platform Groene Grondstoffen:

Doelstellingen 2030:

1. Vervanging van de fossiele organisch chemische grondstoffen door hernieuwbare grondstoffen.
2. Besparing op grondstoffen door (1) recycling van materialen (m.n polymeren en andere bulkmaterialen), (2) meer efficiënte katalytische (bio)chemische processen en (3) dematerialisatie via eindproducten met sterk verbeterde functionaliteit (b.v. verpakkingen, lijmen, composieten, medicijnen)
3. Efficiëntere processen leidend tot minder energiegebruik en minder ruimtebeslag en reductie van afval en emissies

Gerelateerd aan de gegevens in tabel 1 heeft de chemie meerdere lijnen waarlangs deze doelen aangepakt kunnen worden. Vooralsnog ligt de nadruk op de onderdelen die nu het grootste verbruik aan fossiele grondstoffen laten zien i.e de organische chemie en de daarvan afgeleide kunststoffen en materialen. Additionele mogelijkheden zijn evenwel aanwezig in de sector kunstmest en de anorganische chemie.

Tabel 2 Innovatief gebruik groene grondstoffen in de chemie (in PJ).

Sector	Grondstoffen	% groen (2030)	Energie	% groen (2030)
Organische chemie	280	50%	241	>30%
Kunstmest	77	p.m.	35	>30%
Anorganische chemie	20	p.m.	32	>30%
Totaal chemie	377	>40%	308	>30%

Daarnaast zijn besparingen in het energiedeel mogelijk. Naast de vergroening vanwege de transitie in de energiesectoren op zich (warmte 17%, elektriciteit 25% en transportbrandstoffen 60% in 2030) zal de chemie additionele besparingen laten zien. Procesverbetering, procesvernieuwing en procesintensificatie en vooral verbeterde katalyse zal tot veel voorbeelden van processen met minder

energieverbruik leiden alsmede reductie in de hoeveelheden afval en emissies. De introductie van biokatalyse heeft al meerdere voorbeelden laten zien van tientallen procenten besparing op procesenergie, zoals meer dan 60% in de biosynthese van de cefalosporine antibiotica ten opzichte van de traditionele routes met veel stoichiometrische chemie. Ook laat de biokatalyse meerdere voorbeelden zien van afvalreducties met een factor 10 (waarbij de aard van het afval tevens het niveau van onschuldig of geschikt voor bemesting kan bereiken) en emissiereducties tot 50% of meer met totale vermijding van gehalogeneerde oplosmiddelen.

Al met al mogen we verwachten dat de chemie tot voor ca. 50% afscheid kan nemen van haar traditionele basis van fossiele grondstoffen. In het gebruikte cijfermateriaal is geen rekening gehouden met de groei van de chemie tussen nu en 2030. Verwacht mag worden dat het percentage vergroening van 50% gehaald zal worden, doch een uitspraak over de samenstelling van het onderliggende productenpakket en het bijbehorende beslag op energiedragers is een lastige zaak. Verwacht mag worden dat de chemie meer in waarde dan in volume zal stijgen vanwege de doorgaande groei in producten met hogere toegevoegde waarde (zie ook de door de regiegroep geambieerde verdubbeling van de bijdrage aan het BNP). Dit betekent een verschuiving van het gebruik van energiedragers van grondstoffen naar procesenergie. Een grotere nadruk op hergebruik zal dit beeld nog eens versterken. De grootste onzekerheid is evenwel of en zo ja in welk tempo de bulkproducten met een beperkte toegevoegde waarde uit Nederland zullen verdwijnen. Gegeven deze onzekerheden is het verstandig de vergroening van de chemie af te meten en te beoordelen op het huidige verbruik aan energiedragers. Hetgeen overigens wel inhoudt dat de chemie in potentie voor meer dan 250PJ (40% van 377 + 30% van 308; zie tabel 2) kan besparen op haar aanspraak op fossiele grondstoffen. Gecorrigeerd voor dubbeltelling van de groene energie aangeleverd door warmte, elektriciteit en transport mogen we verwachten dat de chemie op eigen kracht ca. 200PJ aan fossiele grondstoffen kan besparen door combinaties van besparing, vermijding, vernieuwing en vervanging.

4. De weg naar 2030; mogelijkheden

a) C en O-bronnen

De moleculaire kenmerken van de energiedragers afgeleid van biomassa bieden voor de chemie unieke kansen tot diversificatie. Naast de traditionele koolwaterstoffen van de petrochemie komt nu een breed pallet aan anderszins gefunctionaliseerde producten beschikbaar. Met name de nieuwe transportbrandstoffen zoals methanol, ethanol, butanol, biodiesel e.d. zijn voor de chemie een sprong voorwaarts. De aanwezigheid van zuurstof in deze producten lost in feite een basisprobleem op. De eerste stap in de conversie van petrochemicaliën naar volgproducten is vrijwel altijd de introductie van zuurstof (oxidatie). Juist dit is één van de moeilijkste reacties in de chemie en dus ook al decennialang het onderwerp van veel onderzoek en ontwikkeling. Interessant daarbij is dat juist in de afgelopen 5 tot 10 jaar de katalyse de mogelijkheden heeft laten zien om de eenvoudigste petrochemicaliën (alkanen zoals methaan en ethaan) om te zetten in geoxygeneerde producten. Deze technologie bevindt zich nu in directe competitie met de voorziening van geoxygeneerde producten uit biomassa hetgeen leidt tot snelle efficiencyverbeteringen aan beide kanten. Enkele voorbeelden: de productie van ethyleen en PE uit bioethanol is bij olieprijzen boven \$30 concurrerend, melkzuur en propaandiol worden al ingezet als basis voor nieuwe, afbreekbare materialen. Zo ook is de ontwikkeling van fermentatieprocessen op basis van goedkope suikers het domein van biosynthese van niet-natuurlijke producten al binnengegaan.

Base Chemicals: a Changing Scheme.

	Fossil based (Aliphatics/Aromatics)	Bio based (Alcohols/Sugars)
C₁	CO/H₂ ; methane	methanol; CO/H₂; methane
C₂	ethyleen	ethanol; ecotheen®
C₃	propylene	glycerol; lactic acid; propanols
C₄	butene; butadiene	n-butanol
C₅	Aliphatics	Pentose sugars
C₆	Aromatics	Hexose sugars, lysine
C_{7,8,n}	Aromatics	Heptose sugars; fatty acids; lipids
N,S,P,M	Several sources	Several sources

Fig. 3 Nieuwe bronnen voor de chemie

Daarnaast biedt de transitie naar een groene economie voor de chemie interessante mogelijkheden voor het inzetten van de (nieuwe)afvalstromen die daarbij vrijkomen. Een nu al sprekend voorbeeld is de inzet van glycerol, bijproduct van de biodiesel uit koolzaad, voor diverse volgproducten. Plantaardige oliën voor energiedoelinden op zich kunnen zich ook dank zij de bijbehorende schaalgrootte ontwikkelen tot aantrekkelijke startproducten met hoger molecuulgewicht en extra functionaliteit voor volgproducten in chemie, materialen en medicijnen. Aldus krijgt de chemie voor haar C-bronnen een scala aan alternatieven ter beschikking zoals in figuur 3 geïllustreerd. Met name de fermentatie van een brede diversiteit aan eindproducten komt een grote stap dichterbij. Een drietal ontwikkelingen ligt hieraan ten grondslag: i) de grootschalige beschikbaarheid van goedkope suikers en ook glycerol als koolstofbron, ii) de beschikbaarheid van methanol en ethanol als energiebron voor de micro-organismen in de fermentatie en iii) de beschikbaarheid van een enorme verscheidenheid aan aangepaste micro-organismen en enzymen dank zij de snelle ontwikkelingen in de moleculaire biologie. Deze veelbelovende mogelijkheden om zowel natuurlijke, semi-natuurlijke en niet-natuurlijke eindproducten in de gecontroleerde omgeving van een fabriek of laboratorium te maken nopen tot voorzichtigheid in het winnen van ingewikkelde moleculen uit planten of andere biomassa. Alleen wanneer grootschaliger toepassingen voor voeding of energie de verzamelkosten en de kosten voor de eerste concentratiestappen dragen, kan isolatie uit planten of biomassa een alternatief voor biosynthese met micro-organismen of enzymen zijn. Dit betekent ook terughoudendheid met de verdere ontwikkelingen van het zogenaamde bioraffinageconcept. De huidige industriële trend is tegengesteld: winning van producten (i.e. medicijnen) uit planten wordt zoveel mogelijk vervangen door fermentatie, vooral wanneer de producten in grotere hoeveelheden gevraagd worden. Recente voorbeelden zijn taxol (antikanker) en artemisinine (het meest succesvolle antimalaria middel van dit moment).

b) N-bronnen

Naast nieuwe bronnen voor koolstof en zuurstof zoals boven omschreven biedt de overgang naar groene grondstoffen een derde mogelijkheid voor de chemie van de toekomst. De energiedragers uit biomassa zijn gebaseerd op koolstof en zuurstof en laten de stikstof dragers onbenut. De omvang van deze stromen zal bij grootschalige toepassing van biomassa voor energie ruim voldoende zijn om naast bemesting van het land te dienen als N-bron voor de chemische industrie. Ook hier tekent zich een interessante competitie af. Traditioneel kent de chemie ammoniak en blauwzuur als N-bronnen, waarbij veelal via gehalogeneerde tussenproducten omzetting naar een breed scala aan N-gefunctionaliseerde organische (eind)producten plaatsvond. Moderne katalyse laat zien dat het

mogelijk is koolwaterstoffen direct met luchtstikstof te functionaliseren. Anderzijds maakt manipulatie van de N-bronnen (hoofdzakelijk aanwezig in de vorm van eiwitten en aminozuren) in biomassa toegang tot deze producten mogelijk. Op termijn kan een soortgelijke benadering voor zwavel en fosfor worden onderzocht.

c) Halogenen(Chloor, Broom)

Een bijzonder welkome spin-off van de komst van geoxygeneerde start materialen voor de chemie en nieuwe bronnen voor stikstofderivaten is de verminderende noodzaak om halogenen te gebruiken. Naast katalytische omzettingen van koolwaterstoffen maakt de huidige chemie nog royaal gebruik van chloor en broom om te komen tot gefunctionaliseerde producten met zuurstof, stikstof of andere heteroatomen. De nieuwe basismoleculen uit de groene grondstoffen maken deze omweg overbodig. De verwachting is dat op termijn meer dan 50% van het chloor en broom verbruik zal kunnen verdwijnen en alleen de halogeenbevattende eindproducten overblijven (althoewel die ook onder toenemende druk zullen komen te staan voor vervanging door niet gehalogeneerde alternatieven).

d) Nieuwe materialen

De transitie naar een groene economie biedt voor de materialenindustrie twee principiële wegen naar nieuwe producten. In de eerste plaats kunnen de bovengenoemde nieuwe moleculaire bouwstenen worden benut voor het ontwikkelen van nieuwe polymeren, kunststoffen en composieten. Dit sluit goed aan op de traditionele manier voor het ontwikkelen en ontwerpen van nieuwe materialen en de eerste voorbeelden van biopolymeren, i.e. op basis van melkzuur, hebben de markt dan ook al bereikt. In de tweede benadering wordt nader gebruik gemaakt van het concept bioraffinage, waarbij afhankelijk van aard en samenstelling van de voorhanden biomassa de gewenste materialen of (moleculaire) onderdelen daartoe worden gewonnen alvorens de biomassa voor doeleinden met lagere toegevoegde waarde zoals warmte of elektriciteit wordt ongezet. Beide benaderingen bieden de mogelijkheid om het voortschrijdend inzicht in structuur en functie van natuurlijke materialen te benutten als voorbeeld voor het ontwerpen van nieuwe. De opkomst van de gefunctionaliseerde materialen zoals biopolymeren met een eenduidig molecuulgewicht op basis van aminozuren is hiervan een boeiend voorbeeld. Fundamentele uitdaging bij deze ontwikkelingen is de groeiende noodzaak gewenste materiaaleigenschappen vooraf te kunnen vertalen in condities voor ontwerp tot op de moleculaire schaal. Dit om de slaagkans voor nieuwe producten op de al ruim voorziene materialenmarkt te vergroten en de ontwikkeling van nieuwe marktsegmenten zoals biomedische materialen te versnellen.

5. De weg naar 2030; acties, plannen en beleid

Vanwege de initiërende rol van de chemie in de kennisontwikkeling voor een groene grondstoffen economie zijn al meerdere ontwikkelingen op gang. Naast de succesvolle introductie van de biokatalyse moet hier ook de snelle opmars van biosynthese (fermentatie) genoemd worden. Veel grote ondernemingen zoals Shell, BP, Dupont, DOW, DSM en AKZO-Nobel hebben in hun lange termijn plannen concrete doelen opgenomen voor het aandeel groen in hun pakket; veelal is dan sprake van tientallen procenten. Veel van deze voornemens zijn gebaseerd op reeds draaiende (proef)installaties en in ieder geval op bewezen procesprincipes en nagenoeg allemaal gebaseerd op fermentatie van energiedragers of precursors daarvan uit biomassa. Doorzetten van deze ontwikkelingen zullen de realisatie van de doelen van het PGG met betrekking tot chemie snel dichterbij brengen. De kans van slagen is hoog temeer daar de leidende industrieën hun korte termijn business model vervangen door innovatiegerichte modellen met een beter oog voor de middellange en langere termijn. Ook de onderlinge en de publiek-private vormen van samenwerking spelen hierbij een rol van toenemend belang.

Daarnaast zijn de lopende landelijke onderzoek en ontwikkelingsprogramma's geheel in lijn met de transitie naar een industrie met een groter "Life Sciences"(witte biotechnologie) karakter. Van groter belang is evenwel de aansluiting van een aantal sterktes van de Nederlandse chemie, zowel academisch als industrieel, op de doelen in de transitie naar een groene economie. Met name op het gebied van de industriële biotechnologie (de witte biotechnologie) en de katalyse, zowel de chemokatalyse als de biokatalyse, is Nederland de internationale top. Ook in de benodigde procestechnologie om deze kennis in producten om te zetten, bezit Nederland internationale

excellentie. Hetzelfde geldt voor een beperkt aantal eindproducten zoals antibiotica, vitamines, coatings en meerdere hoogwaardige materialen.

a) **Vervanging fossiele grondstoffen**

Op basis van de boven weergegeven situatieschets verwachten we een sterke autonome groei in de vervanging van fossiele grondstoffen door moleculaire bouwstenen uit de groene energiedragers. Dit betekent oogsten op de bestaande programma's zoals van NWO CW en met name ACTS. Vooral de programma's B Basic, IBOS en ASPECT zullen de potenties en innovatiemogelijkheden richting efficiënte, groene processen laten zien; inclusief een schoner gebruik van fossiele bronnen. De op voorhand betrokken industrie (nagenoeg alle Nederlandse ondernemingen in de chemie) bij deze programma's zal kunnen zorgen voor een snelle overdracht van resultaten naar daadwerkelijke commerciële aanwending. Een zelfde redenering gaat op voor de programma's van de instituten voor scheidingstechnologie(DSTI), witte biotechnologie(Kluyver Centrum en NIIB i.o.), de ontwikkelingen in de nanotechnologie(NanoNed) en het technologisch topinstituut voor materialen (DPI). Ook de aansluiting op de programma's van de topinstituten voor Farma en Voeding (WCFS) en het nationaal genomics programma(NGI) is van belang. Dank zij de activiteiten van de recent ingestelde regiegroep voor "Chemie Sleutelgebied" is een optimale afstemming van al deze programma's verzekerd alsmede het platform voor verlenging of versterking van één of meer van deze programma's. Tabel 3 geeft een overzicht van de nu beschikbare middelen en de lopende aanvragen of wensen voor versterking bij de meest betrokken organisaties en zoals ook in het business plan van de regiegroep chemie is opgenomen en bij het innovatieplatform ingediend .

Tabel 3 Beschikbare en gewenste middelen voor transitiegericht onderzoek

Organisatie	Beschikbaar [M€]	Periode	In aanvraag [M€]	Periode
ACTS	110	2002-2010	200	2008-2013
Kluyver Centrum	17	2000-2007	zie NIIB	
NIIB in oprichting	-	-	166	2006-2010
DSTI	30	2006-2010	40	2007-2011
DPI	20	per jaar	200	2008-2016
NGI	295 (excl. Kluyver)	2000-2007/2010	298	2008-2012
Toxicologie	-	-	50	2006-2011
COAST (anal. chemie)	-	-	10	2007-2012
Valorisatie grants	6,5	2005-2009	20	2006-2011
Innovatie laboratoria; zie ATCS	-	-	50	2006-2011
Centres for Open Chem. Innovation	-	-	200	2007-2012
Totaal per jaar	ca. 125	2002-2006	ca. 200	2007-2011

Verwacht mag worden dat dit conglomeraat aan lopende programma's en voornemens voorlopig voldoende zal zijn voor het naderbij brengen van het 2030 doel om minstens 25% van de fossiele grondstoffen voor de (organische) chemie te vervangen door groene startmaterialen. Aangezien de meeste van de bovengenoemde programma's vooral gericht zijn op onderzoek en ontwikkeling is extra aandacht nodig voor doorzet naar innovaties en commercialisatie. Hiertoe zijn bestaande generieke middelen, zoals Technopartner en meerdere andere stimuleringsmiddelen voor nieuw ondernemerschap, aanwezig alsook het PGG initiatief om te komen tot een financieringsfonds voor nieuwe ondernemers in het transitiegebied. Daarnaast en in samenwerking daarmee werkt de chemie aan een tweetal nieuwe initiatieven:

- Innovatielaboratoria bij universiteiten, waarbij jonge starters en/of onderzoekers in het verlengde van een bewezen excellente kennispositie een onderzoeksresultaat kunnen testen op commerciële haalbaarheid en omzetting in een business plan. De RU Nijmegen start eind 2006 met het eerste voorbeeld in Nederland

- Centra voor Open Chemische Innovatie, in de nabijheid van industriële centra voor technologie en innovatie, waar ondernemende onderzoekers en starters hun business plannen kunnen uitwerken en toetsen aan de economische realiteit. Voorbeelden zijn Chemelot bij DSM, Geleen en Amsterdam Noord met Shell.

Beide complementaire initiatieven betreffen fysieke locaties waarbij gebruik gemaakt kan worden van aanwezige infrastructuur en services en waarbij coaching van zowel de kenniskant als de ondernemerskant is voorzien.

In de oogstfase van de lopende programma's, 2008-2012, zal het zeker nodig zijn meer toegespitste initiatieven te ontplooiën waarbij de dan beschikbare innovatieve opties als leidraad gelden voor de doorzet naar commerciële realisaties. Een goede monitoring van de ontwikkelingen is daarbij aan te bevelen, temeer daar de genoemde programma's niet alle vanuit de energietransitie concepten zijn opgezet. Een nadere bestudering van de inhoud leert evenwel dat ca. 80% van de middelen als nuttig of noodzakelijk voor de gewenste transitie kan worden gezien. De monitoring zal de gehele chemiesector dienen te bevatten, teneinde initiatieven en ontwikkelingen buiten de scope van de hier genoemde programma's, zoals energiebesparingen, voluit mee te kunnen nemen

In meer algemene zin kan de overheid de realisatie van de doelstellingen met betrekking tot vervanging van fossiele grondstoffen stimuleren door het belasten van fossiele producten en belastingvrijstellingen of subsidies voor het inzetten van groene grondstoffen. Het ligt evenwel in de rede dat dergelijke maatregelen in merendeel vanuit de energiesector zelf aangezet zullen worden. Tenslotte is van belang dat alle bovengenoemde programma's goed zijn afgestemd op de Europese agenda met betrekking tot chemie en biotechnologie, zoals is gerealiseerd via onder andere Cefic en het Europese Technologie Platform Suschem gericht op industriële biotechnologie, materiaal technologie en reactie en procesontwerp. Via ERA Nets zoals ACENET (katalyse) en ERA-NET IB (industriële biotechnologie) heeft Nederland hier een voortouw.

b) Vermijding fossiele grondstoffen, reductie van afval en emissies

Vermijding van grondstofverbruik is van oudsher een centraal thema in de chemie. In feite is de transitie van stoichiometrische chemie naar katalyse in de vorige eeuw daar een uitmuntend voorbeeld van. Dank zij katalyse zijn de grootste chemiesegmenten zoals de petrochemie en de bulkchemie erin geslaagd hun afvalproductie per kg eindproduct terug te brengen tot 0,01 – 0,1 kg. De eerste afvalloze processen, zoals voor ethyleenoxide, zijn al in bedrijf. Daarmee is het grondstof en afvalprobleem van deze sectoren gereedgedoerd tot het betreffende eindproduct zelf. Door de enorm toegenomen schaalgrootte van met name de organische kunststoffen is hergebruik nu de aangewezen weg om grote stappen te kunnen zetten in het vermijden van gebruik van maagdelijke (fossiele of hernieuwbare) grondstoffen.

In tegenstelling tot de "grote" chemie heeft de "kleine" chemie, ofwel de fijnchemie en de specialiteiten, nog een weg te gaan in het efficiënt gebruik van grondstoffen en het reduceren van afval en emissies. Tot voor enkele jaren terug was vooral dank zij de inzet van biokatalyse het grondstofverbruik per kg eindproduct in de fijnchemie voor medicijnen teruggedrongen van tientallen naar enkele kilo's. Evenwel, in de laatste jaren neemt de moleculaire complexiteit van de farmaceutische eindproducten sneller toe dan de katalytische kundigheden om deze producten met een minimale hoeveelheid afval te kunnen vervaardigen. Enkele honderden kg^{en} afval tot zelfs tonnen afval per kg eindproduct zijn geen uitzondering. Veel beter gebruik van enzymen, het koppelen van meerdere reactiestappen en directe fermentatie(biosynthese) van eindproducten moeten hier de oplossingen bieden. Vele van de in de vorige paragraaf genoemde programma's zijn hierop gericht. Vanuit de discussie naar een groene energievoorziening is verdere stimulering wellicht op het eerste gezicht niet echt relevant gezien het beperkte volume aan grondstoffen dat uiteindelijk met deze hoge toegevoegde waarde segmenten is gemoeid ten opzichte van de bulk en kunststoffen. Het gaat veelal om 1-100 of 1000 ton aan eindproduct wereldwijd, terwijl de bulk en kunststoffen industrie op miljoen ton schaal spelen. Evenwel, het verleden heeft laten zien dat stimulering van biokatalyse en biosynthese in de fijnchemie de voorbeeldwerking voor groter sectoren prima kan verzorgen. Zo'n voorbeeldfunctie is ook denkbaar in ontwikkeling van nieuwe scheidingstechnologie, procesintensificatie, miniaturisatie, cascade syntheses en nieuwe vormen van katalyse zoals het toepassen van compartimentalisatie en andere door de natuur geïnspireerde concepten.

Voor grotere producten, zoals de bulkchemicaliën en diverse specialties met volumina van duizenden tot enkele miljoenen tonnen, is in de procesvoering nog veel winst te behalen door toepassing van reeds beschikbare biotechnologie waaronder fermentaties en biokatalyse. Een sprong in de toepassing van biotechnologie in deze categorie chemische producten is mogelijk door koppeling van de fabricageprocessen met energiewinning uit biomassa. Zie hiertoe ook de rapportage over energie en transportbrandstoffen uit biomassa (Prof. Luuk van der Wielen, Prof. Johan Sanders) en de slotopmerkingen in hoofdstuk 6b.

Een andere trend gericht op vermindering van grondstofverbruik staat bekend onder de term dematerialisatie. Hierbij wordt getracht door goed doordacht productontwerp met minder materiaal dezelfde of een betere eindfunctie te bereiken. Bij medicijnen speelt dit een rol teneinde het lichaam met een minimum aan lichaamsvreemde stoffen te belasten. Uit oogpunt van grondstofbesparing zet dit echter weinig zoden aan de dijk. Belangrijker is deze trend dan ook in de ontwikkeling van nieuwe materialen waarbij met dunnere verpakkingen en minder coatings dezelfde of betere eindproducten worden verkregen. De lopende programma's en plannen bij met name het technologisch topinstituut DPI gaan hier volop op in. Ook de ontwikkeling van nieuwe materialen op basis van hernieuwbare grondstoffen zijn hier van belang, waarbij we veel mogen verwachten van de eenvoudig biologisch afbreekbare biopolymeren, die met ongekeerde precisie naar wens ontworpen en geproduceerd kunnen worden. Met name voor het midden en klein bedrijf, MKB, liggen hier velerlei mogelijkheden tot (kleinschalige) innovaties en het ontwikkelen van niche posities. Voor de overheid ligt hier nog wel een rol om de regelgeving voor de introductie van nieuwe materialen te vereenvoudigen en een voorbeeldfunctie in te nemen inzake het toepassen van deze materialen. Vanuit de nanotechnologie mogen we eveneens positieve bijdrages verwachten. Katalyse is in deze ontwikkelingen opnieuw een sleuteltechnologie. Nieuw beleid is al met al niet echt nodig; versterking van bestaande sterktes is voldoende. Wel is extra aandacht nodig voor grootschalige demonstraties van nut en noodzaak voor nieuwe materialen. Naast de noodzaak voor afdoende toxicologisch onderzoek (voorzien in de plannen van de regiegroep chemie) aan de nieuwe materialen zou grootschalige demonstratie van gebruik in en door overheidsinstellingen wenselijk zijn. Dit als voorbeeld en aanjager voor breder gebruik in de maatschappij.

* De vier hoofdlijnen van het DPI programma zijn:

1. Materials with improved performance and less footprint through bottom-up and understanding based design of high-volume materials
2. Biobased materials, both as replacement as well as new options through new building blocks
3. High-value adding protective and smart thin transport and barrier films
4. Functional polymer systems for information, biomedical, energy and lighting technologies

c) Hergebruik van bulk kunststoffen

Qua volume zijn de kunststoffen (plastics, harsen, additieven zoals weekmakers en kleurstoffen) bij verre de grootste verbruikers van (fossiele) grondstoffen in de chemie. Exacte cijfers zijn niet beschikbaar, doch een ruwe schatting zegt voldoende: het Nederlandse verbruik aan fossiele grondstoffen voor de chemie is ca 1,8 Mton (exclusief onze export, zie ook hoofdstuk 1), vrijwel gelijk aan het nationale verbruik aan plastics van 1,76 Mton in 2002 (bron: Plastics Europe 2004). Alhoewel het laatste getal ook import bevat, is het veilig om te stellen dat meer dan 90% van de fossiele grondstoffen eindigen in een kunststof toepassing. Kunststoffen op basis van hernieuwbare grondstoffen en hergebruik van de afgedankte eindproducten zijn dus de meest realistische wegen naar een meer duurzame chemie.

Hergebruik van kunststoffen kent al een lange geschiedenis met veel vallen en opstaan. Toch is een nieuwe start met nieuwe stimulansen van overheidswege aan te bevelen. Een internationale benadering is hierbij een eerste vereiste, om de eenvoudige reden dat we nooit een 50% reductie in ons fossiel grondstofverbruik zullen bereiken als we onze export niet meenemen in onze plannen. Immers van onze totale fossiele import voor chemie is meer dan 75% bestemd voor export. Daarnaast is een bijdrage aan de ontwikkeling van een duurzame wereld in dit geval pas een begin van werkelijkheid als we het mondiaal mogelijk maken. De werkgroep stelt het volgende actieplan voor:

- beperking tot de 10 grootste kunststoffen en hun toepassingen
- huidig hergebruik per product en per toepassingsgebied in kaart brengen, zowel voor Nederland, de EU als enkele opkomende economieën

- aanwezige kennis (al dan niet toegepast) en ervaringen in Nederland relateren aan de EU en de internationale situatie
- kansen voor toepassing in resp. NL, EU en nieuwe economieën in kaart brengen
- actieplan voor hergebruik in NL; 25% in 2010 en 50 % in 2030
- actieplan voor export van recyclingkennis naar EU en andere ontwikkelde landen
- actieplan voor export van recyclingkennis naar opkomende economieën

In samenwerking met Senter/Novem zijn een aantal hogescholen benaderd om dit thema op te pakken. De eerste reacties zijn positief. Achterliggende gedachte is dat universiteiten beter geëquipeerd zijn voor kennisontwikkeling en hogescholen met hun meer beperkte middelen bij uitstek geschikt zijn om bestaande kennis op te pakken en (opnieuw) op mogelijke toepassingen te onderzoeken. Ook hier geldt dat voor het MKB meerdere kansen ontstaan om samen met de kennisbezitters ontwikkelingsposities te pakken, zowel nationaal als internationaal. Kleinschalige lokale experimenten en proefprojecten kunnen aldus bij gebleken succes op grotere schaal vervolg krijgen. De overheid zou een stimulerende rol kunnen spelen in het aansturen of bevorderen van de ontwikkeling van de hogescholen in deze richting. Tevens zal opnieuw moeten worden gekeken naar de regelgeving aangaande export van afval. Bij gebleken mogelijk succes zouden subsidies voor verzameling en verwerking van gebruikte kunststoffen opnieuw ingesteld of bijgesteld moeten worden. Evenals bij de introductie van nieuwe materialen op basis van groene grondstoffen zou de overheid een belangrijke voorbeeldrol kunnen vervullen in het hergebruik van één of meer van de top 10 kunststoffen.

6. Slotbeschouwingen

a) Generieke aspecten

De chemie kan met continuering en op onderdelen versterking van het huidige beleid en de reeds ingezette eigen ontwikkelingen tot 50% op haar huidige verbruik aan fossiele grondstoffen besparen. Voor het deel dat via hergebruik van kunststoffen moet worden bereikt is extra overheidsaandacht en een expliciete internationale oriëntatie vereist. Onderliggend zijn echter een aantal elementen aanwezig waar meer expliciete aandacht en beleid van de overheid wordt gevraagd. Het betreft dan de instandhouding en versterking van onze kennisbasis (de eerste geldstroom) en de organisatie van het innovatieproces.

De terechte prioriteit voor het dichten van de zogenaamde "innovation gap" dreigt ten koste te gaan van onze ooit sterke basis in kennisinfrastructuur en nieuwsgierigheid gedreven onderzoek. Deze elementen zijn thans al te zeer verknoopt met innovatie gerichte gelden en stimulansen waardoor een te zwaar accent op middellang (5 tot 10 jaar) resultaat ontstaat met dreigend negatieve gevolgen voor het fundamentele lange termijn (10-25jaar) onderzoek. Ook de regiegroep chemie en NWO CW constateren dit probleem en roepen op tot correctie inclusief een aantal concrete voorstellen. Ook vanuit het PGG wordt de noodzaak tot versterking van onze fundamentele, onze posities in witte biotechnologie, katalyse, materialen en procestechnologie, onderschreven.

De organisatie van het innovatieproces moet ter hand worden genomen als een afzonderlijke stap in het primaire proces van onderwijs, onderzoek, innovatie naar commercialisatie. Tot nu toe is door alle partijen, overheid, industrie en universiteit, de organisatie van onderzoek en innovatie door elkaar gehaald. Ieder om eigen moverende redenen, maar met als resultaat het innovatiegat. Met name bij de universiteiten zal onderzoek en innovatie beter uiteen gehaald moeten worden geholpen door een industrie die haar traditionele rol als innovator met nieuw elan oppakt en een overheid die weet welke stimulans hoort bij welke fase in het primaire proces van ontwikkeling. De inrichting van innovatielabs bij de universiteiten in het verlengde van de bij de betreffende universiteit behorende internationaal erkende kennisexcellenties is een goede stap. Zo ook het complementaire voorstel om bij de grotere industrieën centra voor open innovatie in te richten. Het PGG ondersteunt de initiatieven van NWO ACTS en de regiegroep chemie in dezen van harte. Voor de hogescholen ligt hier een unieke kans om een structurele rol in innovatie naar zich toe te halen door aan te sluiten op de mogelijkheden binnen de innovatielaboratoria en de open innovatiecentra.

Eveneens in de bredere context van deze slotbeschouwing kan het beeld worden geschetst van de verankering van de lopende programma's en plannen voor de chemie op een viertal hoofdlijnen:

- Energiegerelateerde programma's (waterstof, biomassa, zonne-energie enz.) voortkomend uit de energiegerichte transitiepaden van het platform Groene Grondstoffen)
- Katalyse georiënteerde programma's (als vervolg op de kern van het huidige ACTS; zie ook de komende NIOK plannen)
- Life Sciences gerichte programma's zoals reeds voorzien in de lopende plannen voor het NIIB en tevens aansluitend op programma's in voeding(WCFS) en gezondheid(TTI Farma)
- Materialenonderzoek en macromoleculaire chemie zoals in de DPI plannen en programma's is voorzien alsook via NanoNed en verwante nationale programma's.

Uiteindelijk zou een en ander moeten leiden tot een nieuw beeld van de chemie bij het brede publiek. Een beeld waarbij de chemie als onmisbaar wordt gezien in de ontwikkeling van een duurzame op groene grondstoffen gebaseerde samenleving, waarbij biomassa voor energie niet een eindstation is, maar een logische stap in een lange termijn ontwikkeling. Een eerste poging dit beeld neer te zetten is gegeven in figuur 4.

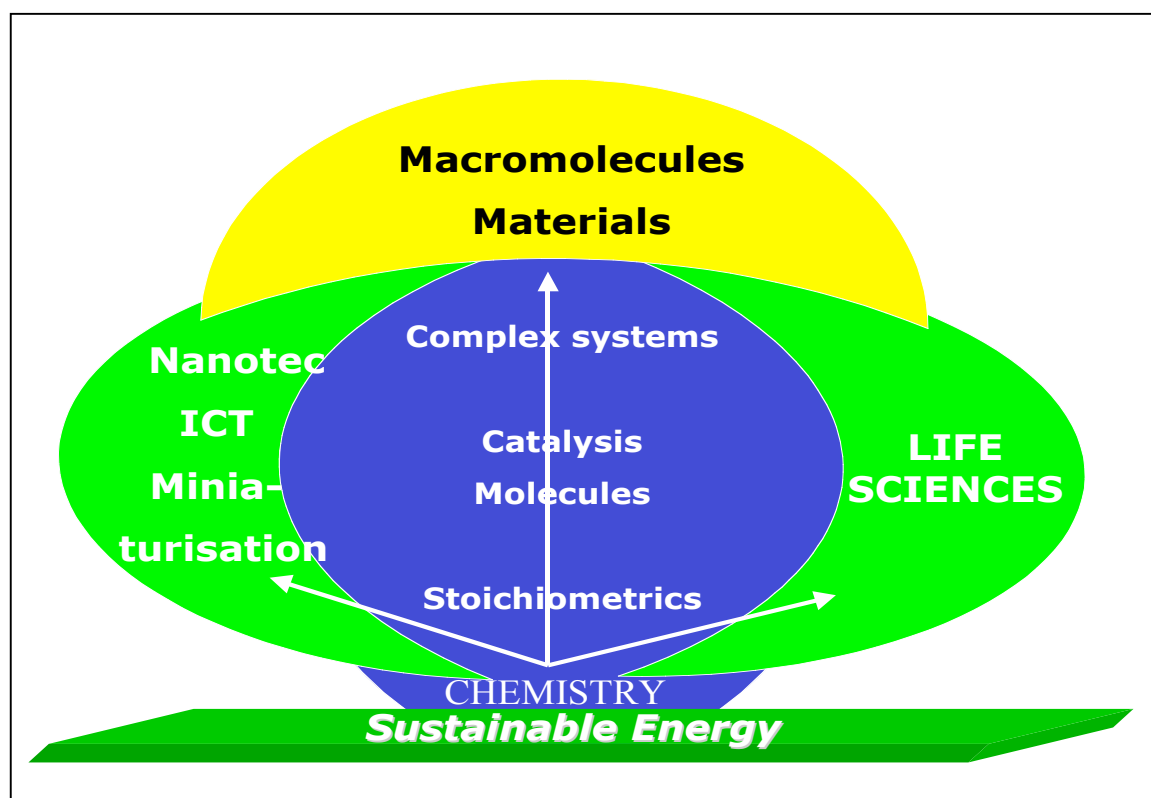


Fig. 4 Verdieping en verbreding van de chemie; "Chemie maakt de Toekomst"

b) Chemie als trendsetter

In dit rapport ligt de nadruk op de huidige ingezette strategie van de chemische industrie: een volgstrategie op de energietransitie na een oorspronkelijk initiërende rol van de chemie. Alhoewel binnen de chemie de transitie naar een industrie op basis van groen grondstoffen voortgaat, worden de grootschalige ontwikkelingen en risico's overgelaten aan de energiesector; ook al vanwege het feit dat in een duurzame energievoorziening de werkelijke problematiek van de moderne maatschappij gelegen is. De chemie zou er evenwel voor kunnen kiezen de initiële leidende rol vast te houden en als voorbeeldsector te blijven optreden. In principe staan hiertoe twee wegen open:

- **de eerste benadering** sluit nauw aan op de huidige praktijk en ontwikkelingen in de sector; nl. een versnelde introductie van processen en producten op basis van fermentatie. De snelle ontwikkelingen in genomics en systeembioïologie maken het denkbaar dat zowel natuurlijke als niet-natuurlijke producten op basis van fermentatie kunnen worden verkregen. De nieuwe moleculaire energiedragers en nieuwe bouwstenen (zie Fig.3) kunnen daartoe als grondstof en energiebron dienen. Zelfs metabole paden uit planten of dieren kunnen worden ingezet door ze in te bouwen in het genetische systeem van micro-

organismen, waardoor de toepassingen in een gecontroleerde omgeving ontwikkeld kunnen worden. Het te bedienen scala aan producten en materialen is via deze benadering in principe onbegrensd. In feite is deze benadering in strategische termen een verhoging van de ambitie tot vergroening van 50 naar 100%. Risico is de sterke prijsafhankelijkheid van de energiedragers van de toekomst, hetgeen te elimineren zou kunnen zijn door het starten van eigen suikerrietplantages of verwante eigen biomassa-bronnen (vergelijk de eigen koolmijnen van DSM?).

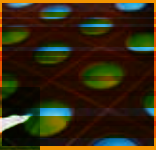
- **in de tweede benadering** wordt steviger ingezet op het concept bioraffinage. In de werkgroepen met betrekking tot biomassa productie en toepassing (de transitiepaden 1 en 3) is aannemelijk gemaakt dat isolatie of vervaardiging van hoogwaardige bulk chemicaliën en materialen uit biomassa economisch aantrekkelijk kan zijn, gevolgd door toepassing van de reststromen voor energie (resp. transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte). In deze benadering trekken chemie/materialen en energie gezamenlijk op met als belangrijk verschil ten opzichte van de historie dat de chemie van een bagagedragerpositie verhuist naar de stuurstoel. Deze benadering vergt aanzienlijk meer kennisontwikkeling dan de overige genoemde mogelijkheden. Zo zijn de fundamentele van de chemie en procestechnologie veel meer gebaseerd op opbouwreacties van eenvoudige naar complexere systemen als de omgekeerde benadering vanuit complexe biomassastromen. De tweede benadering heeft vooral behoefte aan enkele "proofs of principle" op representatieve schaal voor een koerswijziging daadwerkelijk kan worden doorgezet.

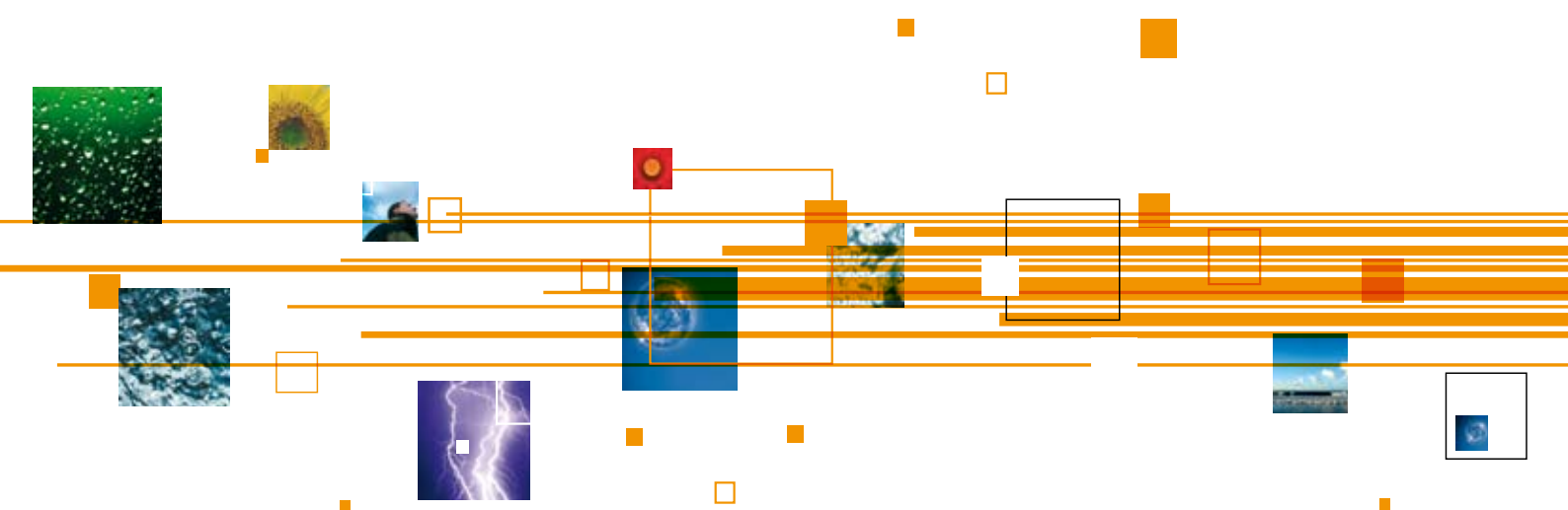
Ongeacht de te maken keuzes zal de chemie in haar toekomst sterk verweven blijven met de energiesector. Het is aan te bevelen deze verwevenheid op regelmatige basis in beeld te brengen en te vertalen naar nationale acties en programma's. Aldus is NWO doende onder het thema "Duurzame Aarde" inzicht te ontwikkelen in benodigde programma's voor fundamenteel onderzoek in relatie tot verschillende scenario's voor energie en chemie en milieu en maatschappij.

c) *Samenvatting beleidsaanbevelingen*

De werkgroep ziet continuering en versterking van het bestaande beleid voor de chemie als belangrijkste aanbeveling. Het business plan van de regiegroep "Chemie Sleutelgebied", zoals zeer recent ingediend bij het Innovatieplatform, is daartoe de beste leidraad. Hierin zijn tevens enkele nieuwe beleidselementen verwerkt zoals het herstel van het evenwicht tussen middelen en financiën voor het basisonderzoek en het daarop aansluitende ontwikkelingswerk en realisatie van innovatie. Voor innovaties op zich is het aan te bevelen de aansturing, het management en de sleutelvoorwaarden voor succes expliciet afzonderlijk van onderzoekswerk te benoemen. Ook hiervoor biedt het genoemde business plan voldoende aanknopingspunten in de vorm van het opzetten van innovatielaboratoria bij de universiteiten en open centra voor chemische innovaties bij bedrijventra.

Voor een verdere uitwerking van het concept bioraffinage is het realiseren, tot demonstratie op representatieve schaal, van enkele voorbeelden (Proof of Principle's) noodzaak om te komen tot eventuele bredere toepassing. Voor grootschalig hergebruik van bulk kunststoffen is stimuleren door de overheid van aanwezige plannen bij de hogeschole gewenst. Voor hergebruik van bestaande en de ontwikkeling van nieuwe materialen kan de overheid een voorbeeldrol vervullen door voor eigen gebruik in te kopen en toe te passen. De aanwezige kansen voor het MKB in het materialenveld zouden door de overheid opnieuw kunnen worden geïnventariseerd en op haar merites beoordeeld.





EnergieTransitie - Creatieve Energie

Bedrijfsleven, overheid en maatschappelijke organisaties zetten zich gezamenlijk in om ervoor te zorgen dat de energievoorziening in 2050 duurzaam is. Energie is dan schoon, voor iedereen betaalbaar en wordt continu geleverd. EnergieTransitie vraagt en geeft creatieve energie.

Contactgegevens

EnergieTransitie
Platform Groene Grondstoffen
Postbus 17
6130 AA Sittard

Secretaris: Edith Engelen-Smeets
E-mail: groenegrondstoffen@senternovem.nl
Telefoon: (046) 420 23 51

www.creatieve-energie.nl

