



MNP Rapport 500083005/2006

Biograndstoffen voor de Chemische Industrie

Evaluatie van transitie op basis van systeemopties

G.J. van den Born, J.P.M. Ros

Contact: G.J. van den Born

Landbouw en Duurzaamheid Landelijk Gebied (LDL)

GJ.van.den.born@mnp.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van Directie MNP, in het kader van project M/500083, Evaluatie NMP4-beleid.

MNP, Postbus 303, 3720 AH Bilthoven, telefoon 030 - 274 274 5; fax: 030 - 274 44 79; www.mnp.nl

Abstract

Biofeedstocks for the chemical industry: long-term policy lacking

Although the Dutch government supports research on and development of biofeedstocks, government policy is not specific about reaping the full benefit of biofeedstocks. This is what MNP has concluded from the report on development and potentials of biofeedstocks for the chemical industry. Biofeedstocks, which are used in bioplastics, lubricants, solvents and pharmaceutical products, may contribute to the reduction of greenhouse gas emission. The 'biobased economy' is often used to paint a picture of the future. Biofeedstocks are part of that picture, although much less pronounced when compared to biofuels for transportation or biomass for energy combustion. These last two applications are strongly supported by Dutch policies, perhaps even implemented. This causes an increased demand on biomass. The cost price increases, and weighing up costs dominates in the absence of a targeted policy incentive. This makes biofeedstocks less favourable, even though these feedstocks score, in some cases, better ecologically. Although a lot of research is going on, the application of biofeedstocks is limited to several small markets. The cost price, land use for bulk production and risks of genetic modification, both to increase productivity of the crops and for specific processes, form a barrier to further utilisation of biofeedstocks. This report belongs to a series on the evaluation of transition management, i.e. policy directed to a sweeping environment-directed system change in the long term.

Key words: transition, biofeedstocks, bioproducts, chemical industry, biobased economy

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Evaluatie van transitiebeleid	11
1.2 Systeemoptie biograndstoffen voor de chemische industrie.....	11
1.3 Werkwijze	12
1.4 Leeswijzer	13
2 Beschrijving van de systeemoptie	15
2.1 Korte schets van het basisidee	15
2.2 Productiestructuur en technologie.....	17
2.2.1 De componenten van biomassa	17
2.2.2 Bewerking van de biomassa	19
2.2.3 Processen in de chemische industrie	20
2.3 Consumptie en consumptiemiddelen	21
2.4 Instituties.....	21
2.5 Ruimtelijke invulling	21
2.6 Belangrijke stakeholders	22
2.7 Relatie met andere systeemopties	23
3 Beoordeling van de potentiële effecten van biograndstoffen voor de chemie	25
3.1 Duurzaamheidstoets	25
3.2 Nadere uitwerking van enkele milieu-aspecten	27
3.3 Systeemoptie versus andere gebruikers van biomassa.....	31
4 Voorontwikkelingsfase	33
4.1 Probleemperceptie in het licht van huidige ontwikkelingen.....	33
4.2 Visies op de langetermijnontwikkeling.....	34
4.3 Research & Development	37
4.3.1 Technologische elementen van het onderzoek	37
4.3.2 Onderzoeksnetwerken	41
4.3.3 Rol overheid en belangrijkste subsidieprogramma's.....	43
4.4 Praktijkexperimenten en niches	44
4.5 Samenhang in de activiteiten	46
5 Motivatie voor systeemverandering	49

6	Conclusies	55
	Lijst met afkortingen	57
	Literatuur	59

Samenvatting

Met het Nationaal Milieubeleidsplan 4 hebben transitieprocessen in het milieubeleid meer aandacht gekregen. Het gaat om ingrijpende veranderingen op de lange termijn met grote milieuwinst als doel. Het Milieu- en Natuurplanbureau heeft het proces van de afgelopen jaren en de rol van het Nederlandse beleid daarin geëvalueerd voor een van de opties voor het toekomstige systeem: biograndstoffen voor de chemische industrie.

Relevante doelstellingen op de lange termijn

- In het kader van klimaatbeleid streeft het Kabinet ernaar met de inzet van CO₂-neutrale biomassa bij te dragen aan de reductie van broeikasgasemissies in 2050 van 50% ten opzichte van 1990 (zie Toekomstagenda Milieu).
- In een visiedocument van het Ministerie van Economische Zaken uit 2003 opgesteld in samenspel met andere partijen wordt een biomassabijdrage van 30% aan de energievoorziening in 2040 genoemd. Het Platform Groene Grondstoffen (ondernemers en wetenschappers) noemt specifiek voor groene grondstoffen voor de chemische industrie een percentage van 25% (uitgedrukt in energiewaarden) in 2030.
- Er zijn in het waterkwaliteitsbeleid streefwaarden voor tal van stoffen, waaraan nog niet wordt voldaan. Producten van de chemie dragen er als diffuse bronnen ook aan bij.
- Innovatie in en versterking van de landbouwsector.
- Het doel om de emissie van broeikasgassen te reduceren met behulp van hernieuwbare bronnen, zoals biomassa, kan leiden tot verlies van biodiversiteit en concurrentie met voedselvoorziening. Het voorkómen van deze neveneffecten is een bijkomend doel.

Betekenis van de systeemoptie ‘biograndstoffen voor de chemische industrie’ in het licht van deze doelen

- **Doel broeikasgasemissies.**
Uit analyses over de productie-consumptieketen heen (‘Life Cycle Analysis’-benadering) voor een aantal bioplastics, waarvoor momenteel niches bestaan, blijkt dat sommige bioplastics een behoorlijke lagere broeikasgasemissies hebben vergeleken met hun petro-chemisch alternatief. Deze reductie varieert van 65% tot neutraal. Voor enkele plastics is deze negatief. Geconstateerd moet overigens worden dat er nog weinig analyses zijn gedaan en dat daar zoveel verschillende veronderstellingen in zitten dat het lastig is echt inzicht te geven in de totale omvang van de potentiële reducties. Een eerste ruwe schatting komt op een reductiepotentie van ongeveer 1 Mton CO₂ per jaar. Dit is 0,5% van de huidige nationale emissie en 2-3% van het streefdoel om in 2010 jaarlijks 40 Mton CO₂-equivalenten minder te emiteren.
- **Doel aandeel biograndstoffen voor de chemie.**
In absolute zin is er voldoende biomassa beschikbaar. Mogelijke beperkingen zitten in de concurrentie met andere toepassingen. De echte bijdrage voor de doelstelling van 25% biograndstoffen in 2030 (visiedocument EZ) op fysieke (massa dan wel energie) basis moeten komen van de bulkchemie en in beperktere mate van de commodities. Biograndstoffen in de fijnchemie dragen door hun beperkte productieomvang nauwelijks bij aan het doel.

- **Doel benutting kansen landbouw.**
Kansen voor de Nederlandse landbouw liggen er vooral in de sfeer van teelten die weinig landgebruik vergen, veel kennis vragen en hoge toegevoegde waarde hebben per eenheid van massa. Dit sluit het beste aan bij de fijnchemie, waar bij benutting van alle delen van de planten via bioraffinage hoogwaardige biograndstoffen kunnen worden vervaardigd.
- **Doel vermindering waterverontreiniging.**
Vooral het inzetten van biograndstoffen voor producten als smeermiddelen draagt bij aan de reductie van emissies naar water. Toepassing hiervan kan nog worden uitgebreid.
- **Doelstelling natuur.**
Vermindering van broeikasgasemissies en lagere emissies van andere, soms toxische stoffen heeft een positief effect op natuur en milieu. Extra landgebruik voor specifieke teelten voor biograndstoffen heeft een negatief effect op de biodiversiteit en de conversie van natuur naar landbouwgrond kan grote broeikasgasemissies tot gevolg hebben. Er zijn in de praktijk zowel voorbeelden met biograndstoffen die per saldo een positief effect op de natuurwaarde hebben als voorbeelden met een negatief effect.

Beoordeling van het proces om tot realisatie van de systeemoptie te komen en de rol van het Nederlandse beleid daarin

- In Research & Development naar nieuwe technologie op het gebied van biograndstoffen is de samenwerking tussen bedrijfsleven en onderzoekscentra in de afgelopen jaren verder geïntensiveerd. De overheid heeft, samen met het bedrijfsleven, bijgedragen aan het B-Basic programma en aan het Kluysterinstituut. Daarnaast heeft de overheid subsidies beschikbaar gesteld voor R&D.
- De productie op basis van van bio-grandstoffen is de afgelopen jaren toegenomen. Groeipercentages van meer dan 10% per jaar zijn geen uitzondering meer, maar de omvang heeft nog niet het niveau van niches overstegen. Er is dan ook geen sprake van een in gang gezette transitie.
- Ontwikkelingen in de wijze waarop biomassa wordt omgezet in vloeibare biobrandstoffen vinden in sneltreintempo plaats. Daarbij bestaat veel synergie met bewerking van biomassa tot biograndstof. Het benutten van elkaars reststromen kan leiden tot grote efficiëntie en optimaal gebruik en verwaarding van de oorspronkelijke biomassa. Op dit vlak liggen er nog kansen die verder benut kunnen worden. Een sterke toename in de vraag naar biomassa betekent echter ook een toename van de onderlinge concurrentie.
- Het Nederlandse beleid heeft geen expliciete ondersteuning gegeven aan productie op basis van biograndstoffen, noch in de vorm van financiële instrumenten, noch in de vorm van doel- of normstellingen, bijvoorbeeld voor CO₂-emissies op ketenniveau of voor het aandeel biograndstoffen. Daarmee wordt deze toepassing minder gestimuleerd dan biobrandstoffen voor transport of biomassa voor elektriciteits- of warmteproductie. Voor de vanuit milieuperspectief gunstiger conversieroutes kan dit een extra barrière betekenen.
- Genetische modificatie (GM) speelt een belangrijke rol bij het verhogen van de productie-efficiency van biograndstoffen en zijn daarmee medebepalend voor de ontwikkeling van biograndstoffen op langere termijn. Huidige regelgeving rondom GM worden door de chemische industrie gezien als beperkend. De visie van marktpartijen en NGO's staan op dit punt lijnrecht tegenover elkaar.

- Om de voordelen van biograndstoffen ten volle te kunnen benutten en om het nichesniveau te kunnen overstijgen is meer aandacht nodig voor de huidige hindernissen, zoals de nog geringe samenwerking tussen agrocluster en chemie en de discussie rondom GM, maar ook voor de optimalisatie van het gebruik van biomassastromen en elkaars reststromen.

1 Inleiding

1.1 Evaluatie van transitiebeleid

In 2001 heeft het Nationaal Milieubeleidsplan 4 een beleidsimpuls gegeven aan het denken in termen van systeemverandering op de lange termijn om hardnekkige milieuproblemen de baas te kunnen. Het heeft ook diverse beleidsacties in gang gezet, die invulling hebben gegeven aan het begrip transitie management in de context van duurzame ontwikkeling. In overleg met alle betrokken ministeries is afgesproken, dat het Milieu- en Natuurplanbureau in 2006 een evaluatie zou uitbrengen van het proces en de rol van het beleid daarin.

Het werken aan een beter systeem op de lange termijn heeft met het NMP4 weliswaar extra aandacht gekregen, het is er niet mee begonnen. Er liepen al tal van onderzoeksprogramma's en experimenten, er waren vele ideeën over nieuwe institutionele vormgeving en er was al veel beleid, dat daar direct of indirect invloed op had. Het heeft geen zin de ontwikkelingen van de laatste jaren te beschouwen zonder deze context. Er is ook afgesproken, dat het uitgangspunt voor deze evaluatie de voortgang van de processen in de praktijk zou zijn en dat daarbij wordt aangegeven welke prikkels er vanuit het beleid aan zijn gegeven en hoe effectief die zijn geweest.

In de voorontwikkelingsfase zijn transities doelzoekende processen. Zonder duidelijke doelen is het lastig evalueren, tenzij de evaluator een participerende en faciliterende rol neemt in een leerproces. Deze rol past niet bij de missie van het MNP. Er is gezocht naar een aanpak, waarbij de elementen leren en afrekenen in samenhang zouden kunnen worden beschouwd. Dat heeft geleid tot systeemopties als uitgangspunt voor de evaluatie. Een systeemoptie schetst een deel van het toekomstige systeem, zoals dat zou kunnen worden. De evaluatie richt zich op het proces om deze systeemoptie te realiseren. Bij de formulering van de eindconclusies dient te worden bedacht, dat het proces moet worden afgestemd op andere processen, waarin mogelijke alternatieven worden ontwikkeld. De keuze voor een systeemoptie geeft de evaluatie de nodige houvast.

Binnen het MNP is er een evaluatiemethodiek ontwikkeld die een leidraad vormt voor de evaluatie en bouwstenen aandraagt voor te hanteren van methoden en modellen (Ros et al., 2006b). Hoewel het proces en de rol van het beleid daarin centraal staan, wordt ook een eerste beoordeling van de mogelijke effecten bij realisatie van de systeemoptie opgemaakt.

1.2 Systeemoptie biograndstoffen voor de chemische industrie

Een van de gekozen systeemopties die wordt bestudeerd in het kader van de evaluatie van het NMP4-beleid is 'Biograndstoffen voor de chemische industrie'. Er wordt ook wel gesproken over groene grondstoffen (de benaming biograndstoffen wordt in dit rapport verder gehanteerd). Voor deze systeemoptie is gekozen, omdat het gebruik van biomassa als grondstof voor de chemie bezig is met een opmars. Het gebruik van biomassa voor deze toepassing is vergeleken met het gebruik voor bio-energie en biobrandstoffen echter zeer bescheiden. De kreet 'biobased economy' valt regelmatig en impliceert dat het om meer gaat dan slechts voor enkele producten een alternatief proces. De systeemoptie schetst een deel van het toekomstige systeem, dat met die kreet wordt aangeduid.

Al in de jaren negentig is vanuit het interdepartementale onderzoeksprogramma duurzame technologische ontwikkeling (DTO, 1997) gekeken naar welke innovaties nodig zijn om een duurzame ontwikkeling op gang te brengen. Een van de speerpunten van dat onderzoek richtte zich op 'groene chemie', waarbij biomassa wordt ingezet als grondstof voor de chemie.

Ruim tien jaar later bestaat er een platform waar wordt gewerkt aan randvoorwaarden voor een transitie in het gebruik van groene grondstoffen (Platform Groene Grondstoffen). Het inzetten van biomassa voor biograndstoffen wordt binnen dit platform gezien als een van de opties om het gebruik van fossiele energievoorraden te reduceren. Ook is er een platform waar wordt gewerkt aan het versterken van de marktvrage naar biograndstoffen in industriële, niet-voedsel gerelateerde toepassingen, producten en processen (Platform Hernieuwbare Grondstoffen). Daarnaast wordt op diverse niveaus binnen de chemie aandacht besteed aan duurzame chemie (waaronder Stichting DCO, NVCI).

Anno 2006 zijn er goede voorbeelden van chemicaliën en eindproducten die gemaakt zijn van biograndstoffen en lijkt er sprake van toenemende groei. De omvang van de huidige productie is nog beperkt. De potentie van biograndstoffen is echter aanzienlijk.

Bij het opstellen van deze evaluatie is gebruik gemaakt van een achtergronddocument over de ontwikkelingen met betrekking tot biograndstoffen, dat door CE in opdracht van het MNP is opgesteld (Croezen et al., 2006).

1.3 Werkwijze

Er is gebruik gemaakt van de door het MNP opgestelde evaluatiemethodiek voor transitie en de daarin aangegeven bouwstenen. Het rapport waarin deze evaluatiemethodiek is vastgelegd (Ros et al., 2006b) is te vinden op de website van het MNP.

In de eerste plaats is een beschrijving en vooral de afbakening van de beschouwde systeemoptie van belang. Het gaat om een samenhangend geheel van technieken, processen, instituties en structuren. Hoewel de evaluatie in de eerste plaats betrekking heeft op het transitieproces en niet zozeer op de mogelijke effecten, als het eindresultaat wordt bereikt, kunnen deze zaken niet geheel los van elkaar worden gezien. De mogelijke effecten bepalen immers mede de houding van diverse actoren. Daarom wordt in dit rapport ook kort ingegaan op de effecten.

Een ex-post evaluatie wordt gebaseerd op monitoring. Milieubeleidsevaluaties worden veelal gebaseerd op de monitoring van emissies, milieukwaliteit of zo mogelijk van effecten. In het geval van de lopende transitieprocessen is dit niet zo zinvol. De beoogde veranderingen in deze grootheden worden pas op de lange termijn bereikt. Beleid dient zich eerst te richten op de voorontwikkeling van dat veranderingsproces. Daarin zijn vier typen activiteiten verondersteld:

- het ontwikkelen van een gevoel van urgentie op basis van een probleemperceptie;
- het ontwikkelen van een gezamenlijke toekomstvisie;
- onderzoek en ontwikkeling van nieuwe technologie en nieuwe instituties;
- experimenten in de praktijk met onderdelen van het nieuwe systeem of inrichten van niches.

De monitoring richt zich op deze activiteiten. Wat is er op die punten de afgelopen jaren gebeurd? Welke beleidsacties zijn daarop gericht geweest? Daarin staat Nederland niet los van de rest van de wereld. Daarom wordt ook de internationale context geschetst. Vervolgens wordt de samenhang in de feitelijke ontwikkelingen van de afgelopen jaren geanalyseerd. Hierbij wordt vooral beschouwd in hoeverre de cyclus van visievorming R&D-experimenten gericht op de lange termijn spoort met de cyclus actiegerichtheid creëren van markt niches op de korte termijn.

De resultaten van deze activiteiten in de voorontwikkelingsfase moeten de motivatie vergroten om tot daadwerkelijke systeemverandering over te gaan. Met beleidsinstrumenten kan deze motivatie worden versterkt. Echter, het bestaande systeem met de daarin gecreëerde belangen kan tegenwerken. Nagegaan wordt hoe de motivatie zich de afgelopen jaren heeft ontwikkeld. Enkele cruciale acties worden daartoe geïdentificeerd, met name enkele wezenlijke investeringsbeslissingen. In krachtenveldanalyses worden al deze factoren samengebracht. Op basis hiervan worden conclusies getrokken over de voortgang van het proces en de effectiviteit van de prikkels van het Nederlandse beleid.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de beschouwde systeemoptie met alle bijkomende aspecten. In hoofdstuk 3 wordt daarop een eerste duurzaamheidstoets losgelaten. Gezien de vele varianten die binnen de systeemoptie nog openstaan, is een exacte beoordeling niet mogelijk, maar de beoordeling geeft wel een eerste indruk. Enkele aspecten, zoals de effecten op bepaalde emissies, landgebruik en gezondheid zijn wat dieper geanalyseerd. Hoofdstuk 4 geeft aan welke ontwikkelingen er vooral de laatste jaren zijn geweest in de probleemperceptie die aan de verandering ten grondslag ligt, in de toekomstvisie van de betrokkenen, in R&D en bij experimenten in de praktijk of niches. Aan het eind van hoofdstuk 4 wordt de samenhang geschetst in deze activiteiten die als de voorontwikkelingsfase van de transitie worden beschouwd. Hoofdstuk 5 richt zich op het krachtenspel en de ontwikkelingen daarin om daadwerkelijke systeemverandering te realiseren. Hierin worden de resultaten van de voorontwikkeling, de kenmerken van het bestaande systeem en specifieke beleidsimpulsen in samenhang geanalyseerd. In hoofdstuk 6 worden conclusies getrokken over de mogelijke effecten, de voortgang van het proces en de invloed van het Nederlandse beleid daarop.

2 Beschrijving van de systeemoptie

2.1 Korte schets van het basisidee

De systeemoptie ‘biograndstoffen voor de chemische industrie’ beoogt primair een CO₂-emissiereductie. Dit is mogelijk indien voor de productie van chemische grondstoffen gebruik wordt gemaakt van biomassa en niet van grondstoffen afkomstig van de petrochemische industrie. Biograndstoffen zoals in dit rapport bedoeld, zijn gedefinieerd als grondstoffen die door de (chemische) industrie worden ingezet en afkomstig zijn van biomassa.

Biomassa is een mengsel van verschillende soorten polymere suikers, eiwitten, vetten, in sappen opgeloste mineralen en organische zuren en andere in water oplosbare verbindingen. Houtachtige biomassa bevat bovendien lignine, een verzameling van fenolpolymeren. In veel gevallen vormt de biomassa een alternatief voor grondstoffen op fossiele basis. Een veel grotere inzet van biomassa vraagt een betere benutting van het huidige aanbod, inclusief allerlei reststromen. Ook specifieke teelten met hoge opbrengsten van bepaalde stoffen passen daarbij, alsmede scheidingstechnieken in de bioraffinage om deze componenten te winnen.

De toepassing van biomassa als grondstof voor de chemische industrie is niet nieuw. Binnen deze systeemoptie wordt niet ingegaan op de eeuwenoude toepassing van materialen als hout, leer, natuurrubber en katoen (de verwerkende industrieën zijn overigens vooral andere sectoren dan de chemie). Biograndstoffen worden zowel toegepast in de bulkchemie (bijvoorbeeld polymeren en ethanol, zgn. platformchemicaliën) als voor commodities (bijvoorbeeld bioplastics, kunstharsen), fijnchemie (bijvoorbeeld coatings, kleurstoffen, detergenten) en specialties (bijvoorbeeld farma; waaronder vitamines en antibiotica). De segmentatie in de chemiesector is niet altijd even consistent, in de literatuur worden meerdere indelingen gehanteerd. Om zoveel mogelijk gebruik te kunnen maken van de beschikbare referenties is in dit rapport niet altijd consequent de hierboven gegeven indeling gebruikt. Bulkproducten worden gekenmerkt door hoge volumes en lage toegevoegde waarde en producten uit de fijnchemie en specialties door lage volumes en hoge toegevoerde waarde. In de fijnchemie en specialties ligt er in principe een enorme diversiteit aan mogelijkheden.

Aangezien het binnen deze systeemoptie om een breed scala aan producten en dus ook processen gaat, is het realiseren ervan geen kwestie van alles of niets. Elke potentiële toepassing van een biograndstof die aantrekkelijk genoeg wordt bevonden, zal de weg naar toepassing vinden. De overgang kan geleidelijk gaan, is in feite ook al begonnen en heeft geen duidelijk afgebakend eindpunt. Er is echter pas sprake van systeemverandering als een groot deel van het potentieel ook wordt benut. Daarvoor zijn mogelijk nieuwe productieketens en nieuwe samenwerkingsverbanden nodig.

De potentiële vervanging kan worden afgeleid van de huidige inzet van fossiele grondstoffen in de chemie. Wereldwijd gebruikt de chemische industrie ongeveer 20% van de fossiele grondstoffen, waarvan ongeveer de helft als koolstofbron wordt gebruikt en de andere helft als energie voor chemische omzettingen (Sanders et al., 2004). De Europese productie aan grondstoffen voor de petrochemie bedraagt circa 80 Mton (ter vergelijking: de Europese productie aan brandstoffen op fossiele basis is zo'n 600 Mton) (Croezen et al., 2006).

Op massabasis valt het meeste te halen in de bulkchemie bij de productie van stoffen als etheen, propyleen, fenol, glycol en vergelijkbare stoffen met korte koolstofketens. Er wordt ook wel gesproken over platformchemicaliën. Dit zijn stoffen die weer aan de basis staan van tal van andere syntheses tot veel specifiekere stoffen. Ethanol is een voorbeeld van een bulkstof die voor meer dan 90% al op basis van biograndstoffen wordt geproduceerd, maar voor de meeste bulkstoffen is het aandeel biograndstof nul of verwaarloosbaar.

Een stap verder in de verwerking komen we bij de commodities, dikwijls al stoffen voor een bepaald toepassingsgebied. Tabel 2.1 geeft een overzicht van toepassing van biograndstoffen voor commodities in 1998 en een raming voor de korte termijn (2010) (Ehrenberg, 2002). In 1998 was gemiddeld 3% van de totale gebruik van de vier belangrijkste chemische sectoren afkomstig van hernieuwbare grondstoffen. Citroenzuur is een voorbeeld van een oppervlakte-actieve stof, die fossiele tegenhangers al in grote mate heeft verdrongen. De potentie kan nog aanzienlijk hoger liggen, al zal 100% vaak niet haalbaar zijn.

Tabel 2.1 Raming van het EU-potentieel in 2010 van producten op basis van biograndstoffen (Ehrenberg, 2002)

<i>Markt of sector</i>	<i>Total gebruik in kton (1998)</i>	<i>Gebruik op basis van biograndstoffen in % (1998)</i>	<i>Potentiële aandeel in 2010 in %</i>
Polymeren	33.000	0,076	1,5
Smeermiddelen	4.240	2,4	5
Oplosmiddelen	4.000	1,5	12,5
Oppervlakte-actieve stoffen	2.260	52	>80 (oorspronkelijke tabel Ehrenberg was onjuist op dit punt)

Daarnaast is er een breed scala aan toepassingen en toepassingsmogelijkheden in de fijnchemie en specialties. Het gaat om tal van tussen- en eindproducten in de sfeer van farmaca, cosmetica, kleurstoffen, allerlei additieven, etc. In tekstbox 1 wordt een aantal voorbeelden van biograndstoffen en toepassingen gegeven.

Naast veranderingen in het domein van chemie en technologie gaat het ook om verandering in de aanpalende sectoren, veranderingen zowel gericht op de korte als op de langere termijn. Sectoren als de land- of bosbouw, die specifiek worden gericht op grondstoffen voor chemische processen, zullen een optimalisatie in die richting moeten doormaken of gewassen moeten telen met specifiekere gewaskwaliteiten, maar ook is een sterkere binding nodig tussen landbouwbedrijf en chemisch bedrijf. Het zal dan veel meer gaan om specifieke stoffen, zeker als het gaat om toepassing voor de fijnchemie en specialties.

Biotechnologie komt daarbij nadrukkelijk in beeld, met alle technologische mogelijkheden en problemen, zoals genetische modificatie. Marktposities zullen veranderen. Bioraffinage om de waardevolle componenten van de gewassen uit elkaar te halen, zal een verdere ontwikkeling door moeten maken. Mogelijk zal het daarbij vaker gaan om de isolatie van specifieke stoffen. Een en ander zal ook gevolgen hebben voor bestaande productielijnen binnen de chemische industrie. Op het pad naar een optimale benutting van de mogelijkheden zullen maatschappelijke weerstanden en markteconomische processen van invloed zijn op het uiteindelijke proces.

Gezien de diversiteit is het ondoenlijk om compleet te zijn in een beschouwing van alle technologische mogelijkheden. In deze rapportage zullen daarvan illustraties worden gegeven, die enig inzicht bieden in de ontwikkelingen.

Tekstbox 1

Voorbeelden van biograndstoffen en bioproducten in de huidige praktijk

Er zijn veel voorbeelden van producten die voorheen uitsluitend vervaardigd werden uit petrochemische grondstoffen en die nu ook vervaardigd kunnen worden uit biomassa. Van deze zogenaamde 'biobased' producten is hieronder een aantal voorbeelden gegeven.

Bioplastics: onder deze groep vallen de bioplastics welke gemaakt worden door fermentatie van zetmeel. Twee voorbeelden van veel toegepaste bioplastics zijn PLA (polymelkzuur) en PDO (1,3-propaandiol). PDO wordt vervaardigd door middel van een één-stapfermentatie waarbij een gemodificeerde bacterie wordt ingezet. Deze bio-PDO kent in vergelijking tot een petrochemische PDO een hoger economisch rendement, een hogere zuiverheid en levert een betere polymeer op. Deze vormen van plastic worden toegepast in de verpakgings- en textielindustrie en zijn biologisch afbreekbaar. Een ander goed voorbeeld zijn polymeeradditieven (toevoegingen om de eigenschappen van polymeren, zoals kunststoffen en hout, te behouden dan wel te verbeteren). Deze groep omvat hittestabilisatoren, weekmakers en brandvertragers. Uitgaande van suikers is een weekmaker ontwikkeld die ftalaatweekmakers vervangt.

Vezels: agrovezels worden ingezet ter versterking van plastics en thermoharders (ter vervanging van glasvezels). Toepassingen zijn onder andere: hemels van auto's, experimentele catamaran, nieuwe ANWB-paddenstoelen. Deze materialen hebben vergelijkbare eigenschappen als glasvezels, maar zijn veel lichter en besparen daardoor veel energie.

Oliën en vetten: plantaardige oliën en dierlijke vetten zijn een belangrijke categorie biograndstoffen. Deze stoffen vormen de basis voor veel consumenten- en industriële producten. De meest toegepaste oliën zijn soja-olie, palmolie, koolzaadolie en zonnebloemolie. Deze oliën en vetten zijn de basis voor twee belangrijke stoffen: glycerol en vetzuren. Deze chemicaliën hebben als belangrijke eigenschap dat ze breed ingezet kunnen worden, niet toxisch zijn, biologisch afbreekbaar zijn en dat er maatwerk geleverd kan worden. Veel nieuwe toepassingen, onder andere: esters voor verzorgingsproducten, biologisch afbreekbare esters voor oliën in bijvoorbeeld machines (kettingzagen) en hydraulische systemen in de bosbouw.

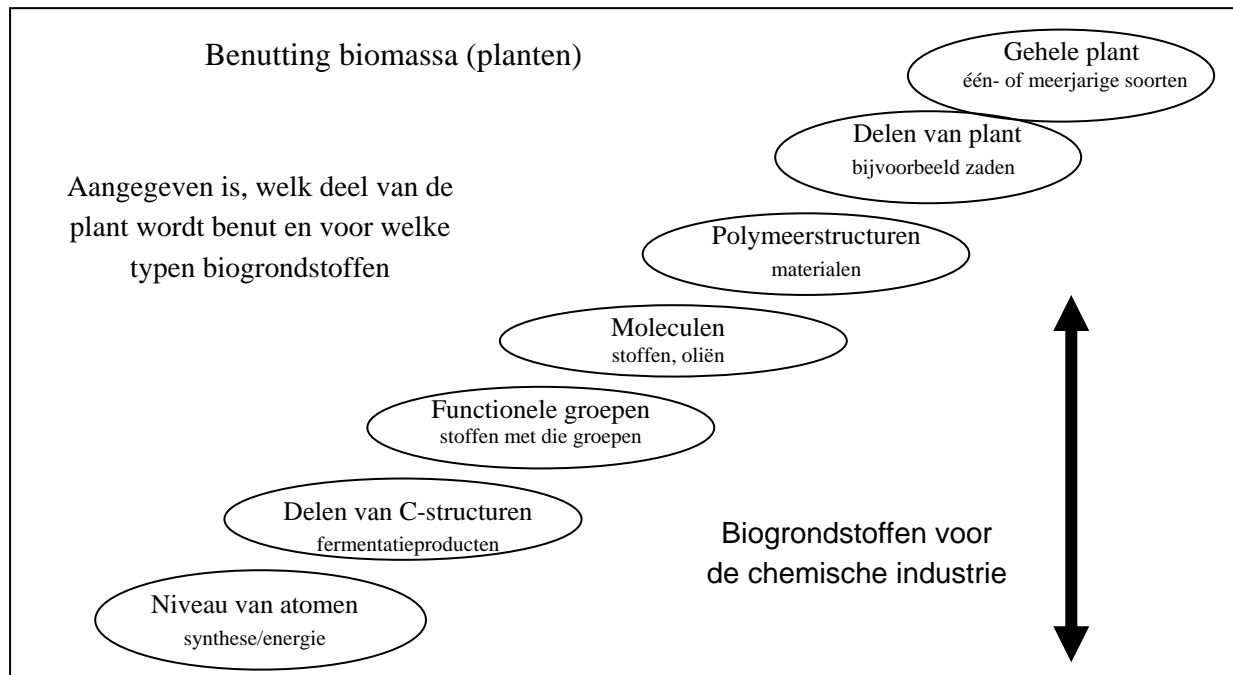
2.2 Productiestructuur en technologie

2.2.1 De componenten van biomassa

Biomassa kan afkomstig zijn van verschillende bronnen binnen de landbouw en de voedselverwerkende industrie, de bosbouw en mogelijk ook van nieuwe vormen van biomassateelt zoals algenkweek. Binnen de landbouw kan een splitsing gemaakt worden in de primaire sector en overige onderdelen van de landbouwketen. Biomassa kan als geheel worden gebruikt, maar ook ontrafeld worden tot op atoomniveau. Figuur 2.1 geeft een overzicht hiervan.

De chemische industrie maakt vooral gebruik van moleculen, van functionele groepen aan moleculen, van delen van de koolstofstructuur van moleculen of van atomen en atoomverbindingen als bouwstenen voor syntheses.

De primaire sector kan op drie manieren grondstoffen aanleveren: bijproducten (stro, loof, afval en mest), speciale teelten voor bulk en commodities (oliehoudende gewassen, maïs en granen, houtteelten, speciale gewassen) en teelten van gewassen verrijkt met bepaalde stoffen of stoffen met bepaalde functionele groepen (bijvoorbeeld organische stikstofverbindingen). De typische landbouwgewassen kunnen zowel onderdeel zijn van het traditionele rotatiesysteem of speciaal daarvoor worden geteeld.



Figuur 2.1 Biomassa als grondstof voor diverse toepassingen

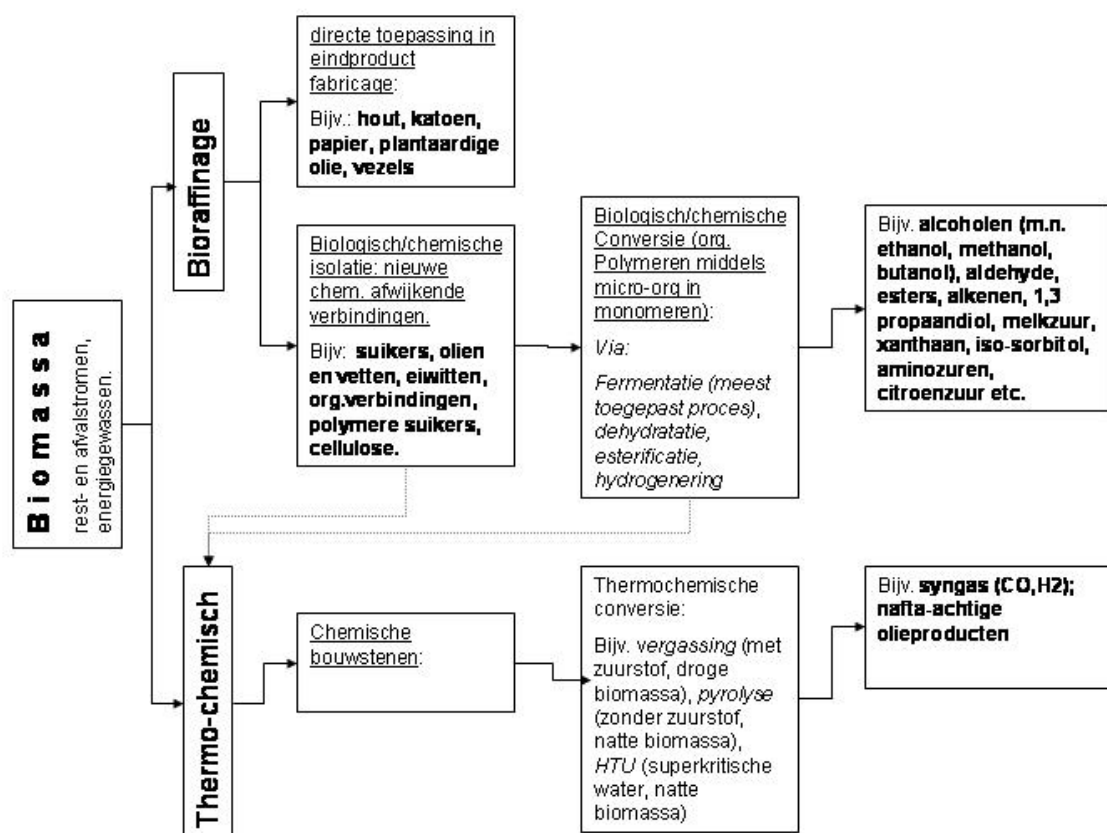
Veel biomassa van rest- en afvalstromen moet vooral worden gezien als een koolstof- en energiebron. Kwaliteitsaspecten, belangrijk bij toepassing als voeding, speelt een ondergeschikte rol. Bij de hier besproken toepassing gaat het meer om gehalten zoals droge stof en energie-inhoud, maar ook om de gehalten van belangrijke componenten als zetmeel, suikers, cellulose en oliën. De belangrijkste gewassen die worden gebruikt om een of meer van deze componenten te leveren zijn: aardappels, maïs, granen, suikerbieten (of in geval van de tropen: rietsuiker), maar ook grassen (switchgrass, miscanthus) en houtige soorten (wilg, populier, eucalyptus). Bepaalde functionele groepen in moleculen als biograndstoffen hebben vooral meerwaarde, omdat het inbouwen van dergelijke groepen langs chemische weg over het algemeen veel energie kost. Dergelijke verbindingen kunnen worden ingezet voor de synthese van andere organische verbindingen, ook in de fijnchemie.

Er zijn ook moleculen die direct kunnen worden verwerkt in eindproducten. Oliën en eiwitten zijn hiervan voorbeelden. Oliën kunnen overigens ook weer in tal van andere stoffen worden omgezet (oppervlakte-actieve stoffen, zeep, glycerine). Het kunnen echter ook veel specifiekere stoffen zijn die bijvoorbeeld gebruikt worden als fijnchemicaliën (farmaca, kleurstoffen). De laatste zouden bijvoorbeeld uit algen kunnen worden gewonnen, waarvoor specifieke algenkwekerijen nodig zijn. Met GM-technieken kan de aanmaak van specifieke stoffen worden bevorderd. Het is denkbaar dat de teelt van gewassen met specifieke stoffen op basis van gemodificeerde DNA-structuren om redenen van risicobeoordeling in gesloten systemen plaatsvindt en niet op de open grond.

2.2.2 Bewerking van de biomassa

De biomassa kan langs verschillende routes (biologisch, chemisch en/of fysisch) worden omgezet in een breed spectrum van chemicaliën en energie(dragers). Er zijn meerdere processen te onderscheiden waarmee de biomassa kan worden opgewerkt. Figuur 2.2 geeft een globaal overzicht van mogelijke productieroutes. In het figuur zijn zowel de productieroutes te zien die leiden tot biograndstoffen als die van biobrandstoffen en bio-energie.

Er zijn twee hoofdroutes te onderscheiden. Eén route gaat via bioraffinage. Voor een deel van de producten geldt dat deze direct bruikbaar zijn (hout, vezels, plantaardige oliën). Hiervoor zijn de technieken al beschikbaar. Ook voor de winning van suiker uit biet of riet zijn de raffinageprocessen al bestaande technologieën. De scheiding van specifiekere moleculen vraagt nog wel innovatie. Iets minder specifiek wordt de biologische/chemische weg om groepen van stoffen te isoleren en om te zetten tot suikers als basis voor de fermentatie. Voor zetmeel is dit een bekende stap, voor cellulose wordt de technologie nog verder ontwikkeld. De tweede hoofdroute is gebaseerd op een thermo-chemische behandeling. Daar worden de moleculen in de biomassa via verschillende routes afgebroken tot elementaire chemische bouwstenen. Voorscheiding is daarom niet nodig, ten hoogste een fysische voorbereiding. Een van de mogelijke routes gaat via vergassing, waarbij onder zuurstofrijke omstandigheden de biomassa wordt omgezet in synthesegas (zgn. syngas: CO, H₂). Een andere route is pyrolyse. Daarbij wordt onder zuurstofarme omstandigheden de biomassa omgezet in een nafta-achtig olieproduct dat bestaat uit een mengsel van allerlei koolstofketens dat na scheiding een groot aantal zuivere chemische stoffen kan opleveren.



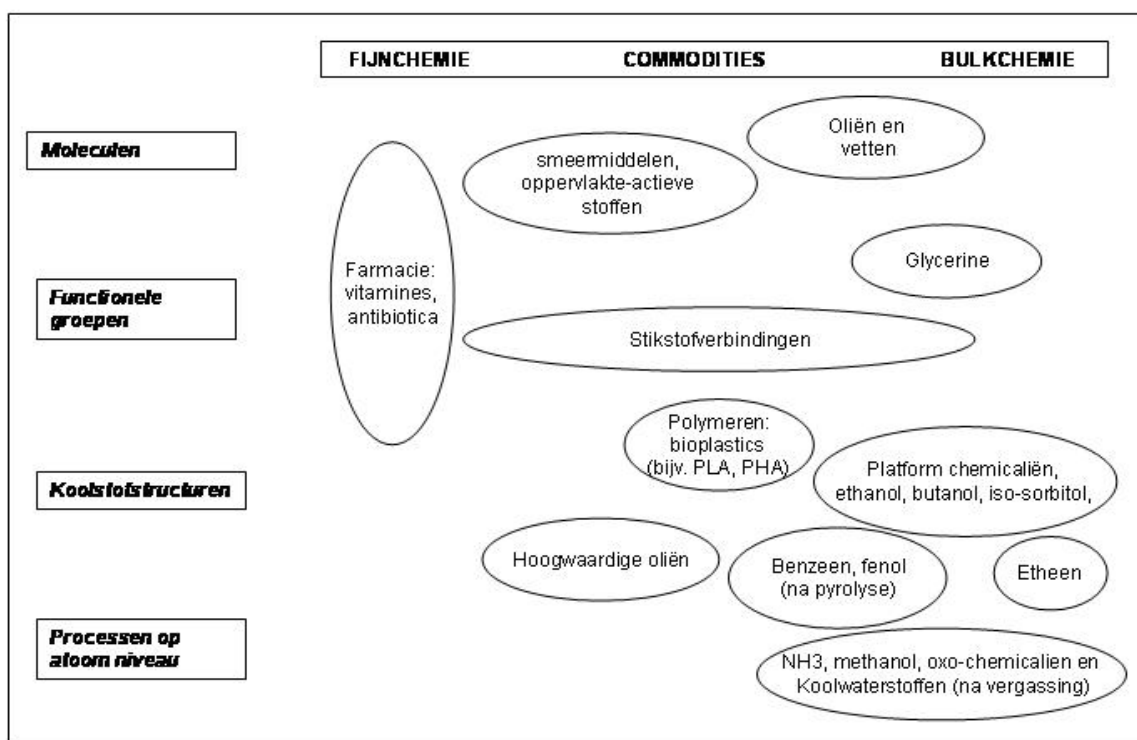
Figuur 2.2 Globaal overzicht van mogelijke productieroutes voor concurrentie met petrochemische producten en intermediaire grondstoffen

2.2.3 Processen in de chemische industrie

De chemische industrie benut de voorbewerkte biograndstoffen door ze in tal van mogelijke processen om te zetten tot eindproducten. Figuur 2.3 geeft daarvan een overzicht.

Voor zowel de fijnchemie, de commodities als bulkchemie geldt dat de producten die met behulp van biograndstoffen worden gemaakt, moeten voldoen aan de eisen die ook gesteld worden aan de producten van petrochemische oorsprong. Er is hier geen sprake van bijmenging, zoals bij biobrandstoffen. Het gaat hier om de productie van stoffen en producten die ten opzichte van het petrochemisch alternatief of identiek zijn (1,3-propaandiol) of eigenschappen bezitten die vrijwel vergelijkbaar zijn (polymelkzuur) of bepaalde eigenschappen bezitten waardoor de producten een duidelijke meerwaarde hebben (afbreekbaarheid van smeermiddelen).

Naast het voordeel van minder inzet van fossiele grondstoffen maken biograndstoffen in sommige gevallen procesroutes mogelijk, waarbij minder processtappen nodig zijn, minder gebruik wordt gemaakt van hulpstoffen, minder procesenergie nodig is, agressieve of toxische chemicaliën niet of veel minder nodig zijn en de afvalstroom kleiner kan zijn.



Figuur 2.3: Producten met biograndstoffen uit de bulkchemie, commodities en fijnchemie/specialties.

2.3 Consumptie en consumptiemiddelen

Toepassing van biograndstoffen kan leiden tot andere procesroutes, tot nieuwe stoffen of tot alternatieven met andere eigenschappen. Van nieuwe procesroutes merkt de consument niet direct iets, maar maatschappelijk draagvlak voor de in te zetten technologie kan wel een rol spelen, zoals bij GGO (genetisch gemodificeerde organismen) in de landbouw. Via bijvoorbeeld productlabels kan de consument met de beoordeling van de procesroute worden geconfronteerd. Nieuwe stoffen zullen meestal worden verwerkt in verbeterde producten, waarvan de consumenten zullen profiteren. Bioplastics zijn voorbeelden van alternatieven met andere eigenschappen, zoals een grotere biologische afbreekbaarheid. Hieraan kunnen voor- en nadelen kleven, waarmee bij de toepassing rekening moet worden gehouden. Uiteraard worden vooral toepassingen gezocht, waar de voordelen zwaarder wegen dan de nadelen.

2.4 Instituties

Als de toepassing van biograndstoffen in de bulkchemiesector en voor commodities verder gaat toenemen en een substantieel marktaandeel gaat uitmaken van de jaarlijkse productie van chemische stoffen, dan heeft dit consequenties voor handelsstromen. Toepassing van biomassa voor productie van energie en biobrandstoffen is ook aan een opmars bezig. Er komen meer spelers op de markt. Voor de bulkchemie spelen continuïteit van toelevering en, uiteraard, de kosten. Daarbij past ook een internationale marktplaats waar efficiënt wordt gehandeld in biomassa. De centrale vraag is wat de toegenomen vraag en handel in biomassa betekent in het licht van duurzaamheid. Aspecten die daarbij spelen zijn landgebruik, intensiteit van landgebruik, gebruik van hulpgrondstoffen, broeikasgasemissies, invloed op biodiversiteit en certificering.

Naarmate het dichter bij de fijnchemie komt, liggen deze aspecten iets anders. De ecologische aspecten hebben meer te maken met de biotechnologie, zoals GGO. In de fijnchemie is er sprake van kleinere volumes, waardoor de prijs van de basisgrondstof een minder belangrijk deel van de prijs van het eindproduct uitmaakt. Hoe specifiek echter de biograndstof, des te afhankelijker wordt de chemie als afnemer van de producent, de landbouw en bioraffinage. Dit kan leiden tot aangepaste arrangementen in de productiestructuur, directere banden tussen de chemische bedrijven en de agrosector, een mogelijke nieuwe rol van veevoerbedrijven als verwerkers van biomassa voor bredere toepassing en nieuwe vormen voor ketensamenwerking en ketenverantwoordelijkheid. Ook nieuwe processen moeten hun plaats krijgen, zoals algenkweek, al dan niet binnen de landbouw.

2.5 Ruimtelijke invulling

Aan het gebruik van biomassa zit een sterk ruimtelijk aspect. Teelt vraagt immers land. Het is niet waarschijnlijk dat de teelt van biomassa voor de verschillende toepassingen (biobrandstoffen, bio-energie en chemische bulkproductie) in Nederland in de toekomst kan concurreren met andere vormen van landgebruik, inclusief andere specifieke vormen van landbouwkundig gebruik (Langeveld et al., 2005; EEA, 2006). Veel biomassa zal van elders komen. Grootschalige biomassa uit eigen land zal vooral gaan om reststromen. Nederland wordt – zeker bij een veel verdergaande toepassing – afhankelijk van de import van

biomassa, van oliën als tussenproduct of van biobrandstoffen als eindproduct uit het buitenland. Het ruimtegebruik van de Nederlandse consument in het buitenland zal daardoor toenemen en het risico van verdringing van andere functies, waaronder de voedselproductie is daarbij aanwezig.

Anders ligt de situatie als het gaat om biograndstoffen voor de fijnchemie. Aan de basis hiervan ligt 'high-tech-landbouw', inclusief innovatieve bioraffinage. Dat biedt juist Nederland vanwege de grote kennisbasis veel kansen. Deze productie vraagt relatief (ten opzichte van de toegevoegde waarde) minder land.

2.6 Belangrijke stakeholders

De belangrijkste stakeholders rondom biograndstoffen zijn in te delen in een aantal categorieën. Per categorie wordt een korte toelichting gegeven en aan het einde wordt ingegaan op de wijze waarop de diverse stakeholders samenwerken.

Chemische industrie. Deze bedrijven nemen in het algemeen het initiatief voor een nieuwe productieketen door te kiezen voor biograndstoffen en hun processen daarop aan te passen. De grotere in Europa opererende chemische concerns hebben zich verenigd in EuropaBio, een belangenorganisatie die inzet op het gebruik van biotechnologie.

Landbouwsector. Producent van directe stromen (bijvoorbeeld stro, hooi, mest, vezels). Groot deel van de oogstbare delen van de plant zijn inzetbaar om te worden omgezet in biograndstoffen. De sector kan ook een rol vervullen bij de teelt van specifieke non-food-gewassen voor toepassing in de chemische industrie.

Voedsel en voedingsverwerkende industrie. Deze branche gebruikt producten van de landbouw en verwerkt deze tot voedsel en voedingsproducten. Daarbij ontstaan zeer veel rest- en afvalstromen die in aanmerking komen om via bioraffinage te worden omgezet in biograndstoffen. Hierin zitten traditioneel ook de ethanolproducenten, die al veel ervaring hebben met fermentatie.

Oliemaatschappijen. De oliemaatschappijen zijn betrokken bij de ontwikkelingen rondom biobrandstoffen en amper bij de ontwikkelingen rond biograndstoffen. In bredere zin is wel aandacht voor ontwikkelingen rondom de 'bio-based economy'. Zo is Shell bijvoorbeeld betrokken bij het B-Basic-consortium.

Overheid. Vraagt op meerdere manieren aandacht voor het gebruik van biograndstoffen, onder andere via de energietransitie, een door de overheid gestart programma waarvoor sinds 2005 een aparte interdepartementale programmadirectie bestaat waar zes departementen aan meedoen. Het Platform Groene Grondstoffen is onderdeel van de energietransitie.

Platform Groene Grondstoffen. Het Platform Groene Grondstoffen is ingesteld op initiatief van de overheid en beoogt een gezicht te zijn van en naar de markt. Het platform richt zich op reductie van het energiegebruik (onder andere via hernieuwbare grondstoffen ten behoeve van biograndstoffen/ bioproducten). Naast de besparing op de grondstof speelt ook reductie van procesemissie een belangrijke rol.

Midden- en Kleinbedrijf (MKB). Naast de grotere chemische concerns zijn er ook MKB-bedrijven gericht op innovatie en actief bij het vermarkten van eindproducten die gemaakt zijn van biograndstoffen. De betrokkenheid is vooralsnog beperkt.

Universiteiten en kenniscentra. Door diverse universiteiten en onderzoekscentra wordt onderzoek gedaan naar biograndstoffen. Het onderzoek wordt zowel gefinancierd vanuit specifieke onderzoeksprogramma's als uit contractonderzoek in opdracht van het bedrijfsleven. In Nederland zijn de Wageningen Universiteit en Researchcenter, Rijksuniversiteit Groningen, Universiteit Utrecht, Energieonderzoek Centrum Nederland, Technische Universiteit Delft, Universiteit Twente en Universiteit Leiden betrokken bij verschillende aspecten van onderzoek naar biograndstoffen. Toegespitst naar kennisdomein: bioraffinage (onder andere samenwerking WUR/ECN), conversietechnologie (UT, WUR, ECN), biotechnologie (onder andere Kluiverinstituut, B-Basic). Ook zijn er specifieke samenwerkingsprojecten tussen bedrijfsleven en onderzoek. Een voorbeeld daarvan is het BUS-project (Biomassa UpStream) van Shell, WUR, ECN en UT.

Toelichting op stakeholders

De ontwikkeling rondom het toepassen van biograndstoffen door de chemische industrie heeft meerdere raakvlakken met het onderzoek en de ontwikkeling van biobrandstoffen en het gebruik van biomassa voor energietoepassingen. Er is veel synergie in onderzoek en delen van het beleid (met name rondom energie).

Behalve intensivering van de samenwerking tussen stakeholders en aandacht voor technologische innovaties is er ook aandacht voor het ontwikkelen van markten. Voor het MKB speelt het 'Platform Hernieuwbare Grondstoffen' een stimulerende rol in het bij elkaar brengen van partijen (landbouw, industrie, producenten) en het ondersteunen van businessplannen.

De primaire sector (akkerbouw, veeteelt), maar ook aanpalende activiteiten (veevoederindustrie) lijken minder betrokken bij de ontwikkeling, dit terwijl er meerdere mogelijkheden zijn (ook op bedrijfsniveau) voor innovaties, bijvoorbeeld op het gebied van bioraffinage. Ook rondom de logistiek van biomassastromen zijn veel nieuwe ontwikkelingen denkbaar (ligt dicht aan tegen de huidige werkzaamheden van de veevoedersector), maar zijn weinig ontwikkelingen gaande.

Voor de financiering van onderzoek wordt gebruik gemaakt van subsidiegelden. Voorbeelden daarvan zijn: Economie, Ecologie en Technologie (EET), Energie Onderzoek Strategie (EOS), Unieke Kansen Regeling (UKR), EU-financiering vanuit kaderprogramma's, LNV-subsidies (rol landbouw, communicatie), biotechnologiefondsen (onder andere via Kluiverinstituut, B-Basic). Daarnaast zijn er onderzoeksprogramma's bij de industrie (daarover is geen informatie beschikbaar). De subsidies richten zich met name op technologische aspecten en minder op implementatie en marktontwikkeling.

2.7 Relatie met andere systeemopties

De systeemoptie biograndstoffen voor de chemische industrie kent geen concurrerende opties in de zin van alternatieve ontwikkelingen binnen de chemie die het zelfde resultaat beogen (biobrandstoffen buiten beschouwing gelaten). Door sterk rekening te houden met de

inzichten die de thermodynamica geeft, zijn er weinig alternatieven om chemicaliën te produceren anders dan via de petrochemische of de hier beschreven bio-based route. In de evaluatie wordt geen vergelijking gemaakt tussen de systeemopties die in het kader van de transitie-evaluatie worden uitgewerkt (Ros et al., 2006a). Dat neemt niet weg dat de informatie van zowel deze systeemoptie als die van de systeemoptie 'biobrandstoffen' in elkaars perspectief geplaatst behoren te worden (Ros en Montfoort, 2006). Dit hangt samen met enerzijds het gebruik van biomassa als basisgrondstof en anderzijds met de overeenkomsten in technologie. De ontwikkeling rondom de biobrandstoffen heeft invloed op de ontwikkelingen rondom het gebruik van biograndstoffen voor de bulkchemie, maar kan zowel belemmerend als stimulerend werken. Het feit dat zowel voor de productie van biobrandstoffen, bio-energie en biograndstoffen gebruik wordt gemaakt van dezelfde voorraad beschikbare biomassa (concurrentie) en er ook synergie bestaat tussen de opties (gebruik reststromen) geeft al aan dat deze activiteiten in hun geheel beschouwd dienen te worden.



















Een relatie met de systeemoptie 'Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad' lijkt minder voor de hand te liggen (Rood et al., 2006). Toch is er een relatie. Voor de viskwekerijen wordt gekeken naar algenkweek als alternatief voer voor vismeel en visolie. Deze algen kunnen ook specifieke stoffen maken, zoals de bij vis belangrijke omega3-vetzuren, maar ook andere stoffen, zoals farmaca die voor de fijnchemie interessant kunnen zijn.





3 Beoordeling van de potentiële effecten van biograndstoffen voor de chemie

















3.1 Duurzaamheidstoets






Op basis van de huidige kennis van de technologie kan een inschatting worden gemaakt van het resultaat in geval de systeemoptie daadwerkelijk gerealiseerd zou zijn. De huidige situatie wordt daarbij als referentie genomen. Het levert een eerste ruwe duurzaamheidstoets (zie Tabel 3.1). Bij de beoordeling is onderscheid gemaakt tussen bulkchemie en fijnchemie. Waar dat relevant is, zal in de toelichting ingegaan worden op de motivatie voor een bepaalde beoordeling. De beoordeling heeft plaatsgevonden op basis van 'expert judgement'. Bij de beschrijving van de indicatorenset voor de bulkchemie en commodities is er veel overeenkomst met de beoordeling van biobrandstoffen (Ros en Montfoort, 2006). In die rapportage wordt ook onderscheid gemaakt naar energieteelt en toepassing van rest- en afvalstromen. In onderstaande tabel is uitgegaan van teelt voor biograndstoffen.

Tabel 3.1 Beoordeling aan de hand van een duurzaamheidsindicatorenset van de systeemoptie (uitgesplits naar bulkchemie/commodities en fijnchemie/specialties)

Bulkchemie en commodities								
	Sociaal		Economisch		Ecologisch			
In Nederland	Gezondheid ²		Werkgelegenheid ¹		Verzurende emissie ⁸			
				BBP ¹			Vermesting ⁵	
				Koopkracht ¹			Waterkwaliteit ⁸	
				Leveringszekerheid ³			GGO ⁹	
Buiten Nederland	Voedselproductie ⁴		Werk in ontwikkelingslanden ¹		Natuurwaarde terrestrisch ⁴			
	Armoedebestrijding ⁶			Kennisontwikkeling ⁷			GGO-effecten ⁹	
				Bodemuitputting ⁵			Vermesting ⁵	
					Broeikasgasemissies ¹⁰			

Legenda:  slechter  iets slechter  neutraal  iets beter  beter

Fijnchemie en specialties						
	Sociaal		Economisch		Ecologisch	
In Nederland	Gezondheid ²		Werkgelegenheid ¹		Verzurende emissie ⁸	
			BBP ¹		GGO ^{9,13}	
			Koopkracht ¹			
			Landbouwsector ¹¹			
Buiten Nederland	Voedselproductie ¹²		Werk in ontwikkelings landen ¹		Natuurwaarde terrestrisch ⁴	
	Armoedebestrijding ⁶		Kennisontwikkeling ¹⁴		Broeikasgasemissies ^{10,15}	
	Gezondheid ¹⁶				GGO-effecten ^{9,13}	
					Vermesting ⁵	

Legenda:  slechter  iets slechter  neutraal  iets beter  beter

Toelichting op de scores:

- Energie- en grondstoffenteelt kan een impuls voor de Europese landbouw geven, hoewel er op lange termijn rekening mee moet worden gehouden dat ook hiervoor WTO-regels worden aangepast. Voor Nederland speelt energie- en grondstoffenteelt voor de landbouwontwikkeling nauwelijks een rol (WUR, 2006). Er kan wel meerwaarde voor landbouwreststromen ontstaan. De invloed op het BBP hangt samen met de mate waarin nieuwe activiteiten in Nederland komen ter compensatie van minder activiteiten bij raffinaderijen (waarschijnlijk meer met reststromen). Uitgaande van hogere productieprijzen van biograndstoffen ten opzichte van het petro-chemisch alternatief wordt de koopkracht aangetast. Naar verwachting zal import uit ontwikkelingslanden een grote rol gaan spelen, waardoor veel werkgelegenheid aldaar ontstaat.
- Relatie met gezondheid is niet eenvoudig te beoordelen. De invloed op de gezondheid kan lopen via verschillende mechanismen. Bijvoorbeeld via lagere milieubelasting (bijvoorbeeld minder toxische stoffen, lagere emissies) of via de kwaliteit voedingsproducten (bijvoorbeeld verzadigde of onverzadigde vetzuren). Het is denkbaar dat als gevolg van de toegenomen marktvrage de plantaardige oliën duurder worden, waardoor de consument uiteindelijk vaker de goedkopere dierlijke vetten gaat consumeren.
- Leveringszekerheid is gediend met diversiteit in het aanbod van grondstoffen en die wordt groter met de inzet van biomassa. Daarnaast neemt de zelfvoorzieningsgraad toe in Europa. In Nederland zelf geldt dat vooral bij de inzet van reststromen. Verbetering op dit aspect vormt een belangrijk element in het proces.
- De teelt van biomassa vraagt net als voedselproductie en natuur ruimte (land). Meer land voor energie- en grondstoffenteelt betekent dat dat land niet voor andere functies kan worden ingezet. Voor de invloed op de voedselproductie hangt het er in sterke mate van af hoe de landbouwproductiviteit zich gaat ontwikkelen in relatie tot de bevolkingsomvang en consumptiepatronen. Potentieel is technologisch nog flinke winst te boeken, ook door overdracht van kennis. Mocht het effect hiervan tegenvallen, dan kan de ontwikkeling bijdragen aan spanningen rond inzet van land voor voedselproductie en land voor natuur (biodiversiteit) versus land voor energie en grondstoffen. Als het om reststromen gaat, is verondersteld dat deze geen extra landgebruik vragen (zie ook Ten Brink et al., 2006)
- Energie- en grondstoffenteelt betekent ook een toename van voor de landbouw gebruikelijke vormen van milieubelasting, waaronder vermisting. De mate waarin varieert enigszins met de teelt, de technologie en de omstandigheden. In Nederland speelt dit geen grote rol, omdat er niet of nauwelijks sprake kan zijn van extra landbouwactiviteiten, maar om het vervangen van een gangbaar landbouwgewas door energie- en grondstoffenteelt. In het buitenland is dit wel het geval. Zeker in gebieden, waar zoet water niet in ruime mate beschikbaar is, kan de onttrekking van water voor energieteelt ten koste gaan van water voor

- natuursystemen of van de beschikbaarheid van drinkwater voor de lokale bevolking. Daarnaast kan bij onvoldoende duurzaam bodembeheer de intensieve teelt of het zoveel mogelijk oogsten van alle reststromen tot uitputting van de bodem leiden.
6. Het integrale effect op armoede kan moeilijk worden ingeschat. Het hangt samen met eerder genoemde factoren zoals beschikbaarheid van banen, voedsel en drinkwater. Het is ook afhankelijk van de toekomstige institutionele vormgeving van het systeem (handelsregels, 'eerlijke' prijzen, etc.).
 7. Het effect op kennis is gezien de R&D-ontwikkelingen als positief ingeschat, ook voor ontwikkelingslanden, mede door kennisoverdracht. De inschatting is dat er in de chemie en de biotechnologie een forse impuls kan ontstaan. Nederland is op dit vlak een speler van betekenis en zou dat mede dankzij ontwikkeling die bij deze systeemoptie horen, kunnen behouden of verstevigen.
 8. Voor de invloed op de luchtkwaliteit worden vooral positieve signalen geregistreerd. De winst zit daarbij onder andere in de soms forse efficiëntieverbetering in de processen waardoor procesemissies beduidend lager liggen en het gebruik van agressieve en/of toxische stoffen beduidend lager kan zijn. Dit laatste speelt met name een rol bij de fijnchemie, al is daar de absolute bijdrage geringer dan bij de bulkchemie. Bij extra landbouwactiviteiten elders kunnen ammoniakemissies toenemen.
 9. Genetische modificatie (GM) kan een belangrijke rol gaan spelen bij de verhoging van de productiviteit van energie- en grondstoffenteelt, maar de mate waarin is niet duidelijk. Dit speelt niet zozeer in Nederland, vanwege een andere kijk op of gevoel bij de risico's, maar vooral in andere werelddelen, waar men minder terughoudend is met toepassing van GGO (bijvoorbeeld de Verenigde Staten, China). In Nederland wordt GM wel toegepast in sommige industriële verwerkingsprocessen (zoals fermentatie van C₅-suikers tot ethanol).
 10. Door de inzet van groene grondstoffen wordt over de gehele keten heen in meer of mindere mate een reductie in broeikasgasemissies bereikt. Bij energie- en grondstoffenteelten kan dit positieve effect ten dele teniet worden gedaan als bij verandering van landgebruiksfunctie de hoeveelheid koolstof in de bodem sterk afneemt.
 11. De landbouwsector (primaire sector en onderzoekswereld) in Nederland zou een rol kunnen spelen bij het telen van gewassen die beantwoorden aan de specifieke vraag vanuit de fijnchemie/specialties (eisen betreffende bepaalde gehalten van voor de fijnchemie/specialties relevante stoffen).
 12. De omvang van de teelt van biomassa voor de fijnchemie is, zeker vergeleken met de bulkchemie, beperkt. De veronderstelling is dat er geen of zeer beperkte invloed is op de voedselproductie.
 13. In de fijnchemie/specialties speelt het gebruik van genetisch gemodificeerde organismen een grotere rol dan in de bulkchemie.
 14. Ontwikkelingen rondom fijnchemie/specialties vinden voornamelijk plaats in landen met een hoog kennisniveau. De invloed op de kennisontwikkeling in landen met een laag kennisniveau is ingeschat op neutraal, maar kan wellicht op termijn groeien naar positief.
 15. Door de beperkte omvang van de fijnchemie/specialties zal de invloed op de broeikasgasemissie per saldo beperkt zijn, maar per eenheid product kan deze behoorlijk zijn,
 16. In de fijnchemie/specialties is veel aandacht voor de productie van voedingsupplementen en farmaceutische producten op basis van plantaardig materiaal. Goedkopere productielijnen dragen bij aan goedkopere productie van deze voor de gezondheid belangrijke supplementen en medicijnen.

3.2 Nadere uitwerking van enkele milieu-aspecten

Broeikasgasemissies

De effecten op broeikasgasemissies verschillen aanzienlijk (zie tabel 3.3), afhankelijk van de gebruikte biomassa, het proces en het eindproduct. Zo vraagt de productie van polymelkzuur (PLA) uit rogge 62 GJ/ton aan procesenergie, de productie uit wei slechts 40 GJ/ton en uit maïs 54 GJ/ton. Ter vergelijking: de productie van polyetheen (PE) of polypropyleen (PP), waarvan PLA de vervanger kan zijn, vraagt 77-85 GJ/ton (inclusief de energie-inhoud van de fossiele grondstof zelf).

Tabel 3.3 *Ramingen van de reductie van broeikasgasemissies bij inzet biograndstoffen*

Product	Proceskenmerken	Vervanging voor	Reductie in broeikasgasemissies
Smeermiddelen		Smeermiddelen op fossiele basis	Circa 50%
Oplosmiddelen			10 tot 50%
Bioplastics	Via bioraffinage voor zetmeel		50 tot 65%
	Via fermentatie polymelkzuur (PLA)	Polyetheen (PE) / Polypropyleen (PP)	Van negatief tot 60%
	Polyhydroxyalkanoate (PHA)	Polyetheen (PE) / Polypropyleen (PP)	- 60% (dus geen reductie)
Etheen	Productie van bio-ethanol uit suikerriet en dehydratatie over een katalysator bij 170 °C	Productie uit nafta	10 tot 15%

Over de gehele keten, zeker als er meer processtappen volgen en oplosmiddelen nodig zijn, kan de benodigde procesenergie groter zijn, vergeleken bij het product gebaseerd op fossiele grondstoffen. Een rekenvoorbeeld, PLA van NatureWorks, laat zien dat de procesenergie 54 GJ/ton PLA is. Daarvan is 5,3 GJ/ton voor de maïsteelt en het malen van maïs, 9,4 GJ/ton voor de omzetting in dextrose middels hydrolyse, 26,3 GJ/ton voor de omzetting in melkzuur via fermentatie en de resterende 13,2 GJ/ton voor de omzetting in lactide en de polymerisatie. De productie van het concurrerende PE ligt tussen de 35-45 GJ/ton, gerekend zonder de energie-inhoud van de fossiele grondstof (inclusief is het 77-85 GJ/ton). Dus er kan maar een deel van de CO₂-winst door opname in het gewas daadwerkelijk worden ‘geogst’. Voor PHA geldt dat er juist sprake is van meer CO₂-emissie vergeleken met polyethyleen.

Ter illustratie van mogelijke besparing is in tekstbox 2 een rekenvoorbeeld van de vervanging van petrochemisch vervaardigde plastics door bioplastics uitgewerkt. De conclusie daaruit is dat door vervanging van een deel van de in Europa gebruikte verpakkingsplastic er aanzienlijke emissiebesparingen haalbaar zijn, maar dat daarvoor ook aanzienlijk inspanningen nodig zijn aan de landbouwkant.

Voor bulkchemicaliën is weinig vergelijkingsmateriaal gevonden. Uit een voorbeeld van de vergelijking tussen de productie van etheen via bio-ethanol (uit suikerriet) en etheen uit nafta blijkt dat de verschillen in broeikasgasemissies gering zijn (Croezen et al., 2006).

Bij het ontbreken van eenduidige ketenanalyses voor stikstofverbindingen als biograndstof blijken de meningen uiteen te lopen van hoge verwachtingen op basis van de hoge energie-intensiteit van de chemische synthese van stikstofgroepen aan organische verbindingen (pers. mededeling prof. Sanders, zie Croezen et al., 2006) tot een voorkeur om eerst de stikstofketen in de landbouw te sluiten om minder gebruik te hoeven maken van de energie-intensieve (anorganische) stikstofkunstmestproductie (persoonlijke mededeling prof. van der Wielen, zie Croezen, 2006).

De huidige CO₂-emissies, afkomstig van procesemissies, die kunnen worden gerelateerd aan fossiele grondstoffen in de chemische industrie in Nederland, ligt in de orde van 4 – 4,5 Mton CO₂/jaar (Klein Goldewijk et al., 2004; Kroon, 2006). In een eerste zeer ruwe inschatting van de grootteorde van de potentiële reductie van deze systeemoptie gaan we uit van een gemiddeld rendement van relatief gunstige vervangingsvoorbeelden van 30-50%, waarbij deze zo’n 30-50% van het totaal zouden kunnen betreffen. Dit levert een potentiële reductie in de orde van 0,4 – 1,1 Mton per jaar. Als rekening gehouden wordt met de CO₂-emissie die

bij de afvalverbranding van kunststof vrijkomt (schatting is 50% van de jaarlijkse 0,4 Mton CO₂) is de totale emissiereductie 0,6 - 1,3 Mton CO₂.

Tekstbox 2

Rekenvoorbeeld van vervanging verpakkingsplastics door bioplastics:

Ter illustratie van de besparingen op grondstoffen-, energie- en broeikasgasemissie bij vervanging van petrochemisch geproduceerd plastic door bioplastics is onderstaand voorbeeld doorgerekend.

Uitgangspunt is de vervanging van een deel van de verpakkingsplastics in Europa. Deze toepassing is met name interessant, omdat voor deze sector inmiddels meerder bioplastics zijn ontwikkeld die in de praktijk goed blijken te voldoen. In het rekenvoorbeeld gaan we uit van cijfers voor West-Europa. Bijna 40% van de plasticconsumptie in de wereld vindt plaats in West-Europa. Daarvan neemt de verpakkingssector 42% voor zijn rekening. Uitgaande van de wereldconsumptie (100 miljoen ton plastics) is de consumptie in West-Europa 16,6 miljoen ton verpakkingsplastic. Voor die productie is ongeveer 30 miljoen ton ruwe olie nodig met een energie-inhoud van 1,25 EJ.

Voor de productie van verpakkingsplastic (PE/PP, PS) is per kilo plastic ongeveer 80 MJ nodig (daarvan is 35 MJ procesenergie en rest grondstof). De hoeveelheid CO₂ die daarbij aan het einde van de cyclus van het product (na verbranding) vrijkomt is 4,8-5,5 kg CO₂/kg plastic. Voor de totale hoeveelheid verpakkingsplastic in Europa (16,6 Mton) betekent dit een totale emissie van 80-90 Mton CO₂ per jaar. Voor de productie van bioplastics is eveneens een hoeveelheid energie nodig. Om een range te kunnen berekenen gaan we uit van PLA en TPS, twee bioplastics met een relatief gunstige 'Life Cycle Analysis'. Voor de productie van PLA is 3,3 kg CO₂ per kilo plastic nodig (NatureWorks) en voor de productie van TPS is dat ruim 1,1 kg CO₂ per kilo plastic granulaat (Patel et al., 2004). Omgerekend geeft dit een range van 20-55 Mton CO₂. De nettobesparing bij vervanging van de totale productie van verpakkingsplastic in West-Europa ligt daarmee in de range van 25-70 Mton CO₂. Gaan we uit van een jaarlijkse groei in de vraag naar verpakkingsplastics in West-Europa van ongeveer 3% en een vervangingspercentage van 30% in 2020, dan is de emissiereductie in dat jaar ongeveer 12-33 Mton CO₂ per jaar.

Om bovenstaande besparing te kunnen realiseren, is landbouwgrond nodig. Bij de berekening van het benodigde areaal gaan we uit van TPS een bioplastic die gemaakt kan worden van aardappelzetmeel. Om de hoeveelheid bioplastics te kunnen produceren die nodig is in dit voorbeeld is ruim 300.000 ha aardappels nodig (uitgangspunten: opbrengst van 37,7 ton aardappels/ha, en een zetmeelgehalte van 30%). Bij het telen van gewassen is ook energie nodig (bewerking, transport) en komen er emissies vrij (relevant is in dit verband N₂O- en CO₂-emissie als gevolg van de kunstmestproductie). Een schatting levert op dat de jaarlijkse lachgasemissie per ha gelijk is aan 1 ton CO₂-eq. De hoeveelheid energie die in de primaire landbouwsector wordt gebruikt, is gemiddeld 25GJ per ha. Uitgaande van een hoger energieverbruik voor aardappels (2 maal het gemiddelde), is de emissie ongeveer 3,6 ton CO₂/ha. De energie nodig voor de kunstmestproductie is ongeveer 0,6 ton CO₂/ha. Bij elkaar genomen dus ruim 5 ton CO₂/ha.

Het vervangen van 30% van de verpakkingsplastics in Europa, levert een emissiereductie op van 12-33 Mton CO₂-eq. Gecorrigeerd voor de CO₂-productie bij de teler, 5 ton CO₂-eq./ha, een totaal areaal van 300.000 ha is de emissiereductie 35-100 ton CO₂/ha. Deze range komt overeen met de berekening van Dornburg (Dornburg et al., 2004) die voor TPS uitkomt op een emissiereductie van 50 ton CO₂/ha per jaar (ten opzichte van het petrochemisch alternatief). Dit is een voorbeeld van een gunstige situatie en geldt niet zonder meer voor andere voorbeelden van bioplastics. Per saldo heeft dit ook een positief effect op de natuurwaarde (zie ook Ros en Montfoort, 2006).

Landgebruik

Voor biograndstoffen die niet vervaardigd worden uit afval- en reststromen, maar uit speciaal daarvoor geteelde gewassen is grond nodig. De aan de teelt gebonden inzet van bijvoorbeeld kunstmeststoffen of energie en de milieubelasting die het gevolg is van de teelt maakt onderdeel uit van de LCA van het beoordeelde product. In onderzoek naar biopolymeren door Dinkel et al., (in Patel et al., 2003) blijkt dat de indicator voor zowel eutrofiëring als voor biodiversiteit ongunstig is. Bij de beoordeling van de laatste indicator is het uitgangspunt dat voormalige natuurgebieden worden gebruikt voor de teelten. Daar tegenover staan gunstige

cijfers als gevolg van lager energiegebruik, reducties in broeikasgassen en verzurende stoffen. Naast de reducties in energiegebruik en broeikasgasemissie speelt ook de competitie met andere vormen van landgebruik, waaronder voedselproductie en natuur, een belangrijke rol. Door een toenemende vraag naar biomassa voor energie, biobrandstoffen en biograndstoffen zal de vraag naar landbouwgrond toenemen. De mate waarin is afhankelijk van teeltechnische ontwikkelingen, maar evenzeer van keuzes over het al dan niet gebruiken van verlaten gebieden of braakland (OECD, 2006). Het effect op de voedselproductie zal waarschijnlijk verlopen via het economisch domein. Zo zal een sterke stijging naar de vraag van met name suiker en oliehoudende gewassen vertalen in hogere grondstofprijzen en van invloed zijn op de teelt van voedselgewassen. De recente stijging van de suikerprijzen en van plantaardige oliën zijn een goed voorbeeld van het effect van een sterk gestegen vraag. Prijsstijgingen kunnen grote gevolgen hebben voor de consumptie. Alan Jope, een topman van Unilever, heeft recent gezegd dat de stijgende voedselprijzen kunnen leiden tot tekorten aan basisproducten en een lagere volksgezondheid. Een procent stijging van de prijs leidt tot 1% daling in consumptie. Daarnaast zal het overstappen van gezondere plantaardige olie naar dierlijke vetten of boter zorgen voor meer hart- en vaatziekten (The Times, 7 augustus 2006). Per saldo zal, indien er naast het gebruik van reststromen ook sprake is van energie- en grondstofteelten, de druk op de natuur toenemen en er een marktwerking ontstaan die leidt tot hogere prijzen van voedselproducten (zie ook de beschouwingen over biobrandstoffen, Ros en Montfoort, 2006)

Gedetailleerd onderzoek naar effecten voor landgebruik is beperkt beschikbaar. Wel is onderzoek gedaan naar de efficiëntie van landgebruik, waarbij de verschillen in efficiëntie tussen de aanwending van biomassa voor biopolymeren en voor bio-energie nader zijn geanalyseerd (Dornburg et al., 2004). In deze studie is gekeken naar de reductie in broeikasgasemissie en energie per eenheid land. Daarbij is gebruik gemaakt van bestaande LCA's. Uit het onderzoek komt naar voren dat per eenheid land de vezelcomposieten en op zetmeel gebaseerde thermoplastics (TPS) beter scoren dan de toepassing als bio-energie. PLA scoort even goed en PHA minder goed. Als daarbij ook nog de residuen worden ingezet voor energie dan verbetert dat de milieuefficiëntie van biopolymeren significant. Als daarbij rekening wordt gehouden met de mogelijkheden die er zijn om de productie van polymeren nog efficiënter te maken, dan is deze toepassing een interessante optie om het gebruik van non-renewable bronnen te reduceren in het licht van het feit dat land een schaarse hulpbron is. Uit het onderzoek van Dornburg et al. (2004) blijkt dat voor PLA de energiereductie per hectare 100 GJ is (35% besparing ten opzichte van het petrochemische alternatief) en dat de broeikasgasemissiereductie ongeveer 5 ton CO₂ is (25% besparing ten opzichte van het petrochemische alternatief). Als de inzet van de reststromen wordt meegenomen (als bron voor energie) neemt de reductie van zowel het energiegebruik als de broeikasgasemissie fors toe (minimaal factor 2).

Genetische manipulatie

Het wel of niet gebruiken van genetische gemanipuleerde organismen speelt een rol in de discussies over de wenselijkheid van sommige ontwikkelingen binnen de biotechnologie. Het gebruik van deze technieken is met name een issue wanneer het producten aangaat die worden vervaardigd voor menselijke of dierlijke consumptie. Bij het produceren en bij de bioraffinage van biograndstoffen naar hoogwaardiger tussen- of eindproducten speelt dit aspect ook, zij het in mindere mate dan bij voedselproductie. De beeldvorming rond genetische manipulatie is negatief.

Het gaat te ver om in dit verband een uitgebreide risicobeoordeling te geven rondom deze technologie. De belangrijkste voordelen zijn minder bestrijdingsmiddelen (toegenomen resistentie tegen bepaalde ziektes), hogere opbrengsten (betere aanpassing lokale condities). Nadelen zijn de onduidelijke effecten op de natuurlijke populatie en op de biodiversiteit. De chemische industrie heeft van de witte biotechnologie hoge verwachtingen en hamert er bij de Europese overheden op dat het onderwerp genetische manipulatie met de juiste argumenten wordt besproken en dat de angst voor het gebruik van deze technologie er niet toe mag leiden dat de Europese chemische industriële sector in een ongelijke positie komt ten opzichte van landen waar het gebruik van genetische gemanipuleerde gewassen wel toegestaan is (Verenigde Staten, China en Brazilië). In deze landen gaat het met name om katoen, maïs en soja. Sinds 2004 is het in de EU toegestaan genetische gemanipuleerde aardappels, suikerbieten en maïs te telen. Op dit moment wordt er in Nederland aan een overeenkomst hierover gewerkt.

3.3 Systemoptie versus andere gebruikers van biomassa

Biomassa wordt op dit moment ingezet in energiecentrales (bijgestookt in kolencentrales of ingezet in centrales die voor 100% op biomassa draaien), omgezet naar transportbrandstoffen (diesel, benzine) en beperkt gebruikt voor het produceren van groene grondstoffen voor de chemie.

Op dit moment wordt in Nederland een deel van de beschikbare biomassa uit rest- en afvalstromen gebruikt voor het bijstoken in energiecentrales en draagt daarmee substantieel bij aan de doelstelling voor het verduurzamen van het energiegebruik in Nederland. Deze toepassing van biomassa is mede mogelijk door de subsidie van de overheid (zgn. MEP-gelden, waardoor (een deel van de) extrakosten wordt gecompenseerd door de overheid). Speciale teelten van energiegewassen vinden plaats, maar met een zeer bescheiden omvang.

Ook wordt biomassa ingezet op de productie van biobrandstoffen (in Nederland nog zeer bescheiden, en veelal afkomstig van import). Voor 2010 is door het kabinet een verplichting aangekondigd van 5,75% biobrandstof in de transportbrandstof (via bijmenging met benzine en diesel).

De inzet van biomassa voor biograndstoffen voor de chemie kent (nog) geen beleid en de stimulans vind nog louter in de onderzoeksfase plaats. In historisch perspectief geplaatst is de chemische industrie ontstaan uit de petrochemische industrie. In de actuele situatie is de opkomst van de biobrandstoffen in zekere zin vergelijkbaar met de opkomst van de petrochemie en het gebruik van biograndstoffen door de chemie vergelijkbaar met de opkomst van de chemische sector.

Door de toename in de vraag naar biomassa door de verschillende partijen zal er meer concurrentie gaan ontstaan, zullen zeer waarschijnlijk de prijzen van biomassa oplopen en er nieuwe afwegingen worden gemaakt over welke biomassa en hoeveel biomassa aangewend zal worden. De visie is dat er verschillende sporen (energie, biobrandstoffen en producten) naast elkaar zullen gaan ontstaan, waarbij zowel biomassa wordt gebruikt voor energie, biobrandstoffen als voor het produceren van hernieuwbare platformchemicaliën en meer exclusieve chemische grondstoffen. Ook het aanbod van biomassa zal daarin een rol spelen (nat of droog, specifieke samenstelling). Daarnaast zijn er de traditionele toepassingen van dezelfde biomassa in sectoren van de veevoer-, de papier- en voedingsindustrie. Daarbij zal echter ook meespelen welke toepassing uiteindelijk de meeste economisch toegevoegde waarde kan realiseren en de laagste milieudruk.

De energietransitie lijkt op dit moment een van de belangrijkste redenen te zijn om biomassa in te zetten. Daarnaast speelt in vele afwegingen de economische rentabiliteit, gegeven de actuele technologie, de belangrijkste rol. De ecologische dimensie lijkt daarbij niet de bepalende factor of wordt onvolledig meegenomen. Bij een betere waardering van de milieuvoordelen zullen mogelijk wijzigingen plaatsvinden in het gebruik van biomassa en de wijze van aanwenden door de verschillende partijen.

4 Voorontwikkelingsfase

4.1 Probleemperceptie in het licht van huidige ontwikkelingen

Er is een scala aan problemen binnen het bestaande systeem dat de 'sense of urgency' voedt om aan vernieuwing met de systeemoptie 'biograndstoffen voor de chemische industrie' te werken. Daarnaast zijn er ook ontwikkelingen die de mogelijkheden voor ontwikkelingen richting een alternatief vergroten. De belangrijkste worden hier kort besproken.

Klimaat. Dit is de belangrijkste aanleiding in het NMP4 om aan de energietransitie te werken. Het draagvlak voor klimaatbeleid is groeiende (EZ, 2005) en er is een toegenomen consensus om de emissies van broeikasgassen te reduceren. Biomassa wordt gezien als klimaatneutraal door de opname van CO₂ bij de groei van het gewas. Opgemerkt moet worden dat neveneffecten soms kunnen leiden tot behoorlijke emissies van broeikasgassen (bijvoorbeeld vanuit de landbouw), waardoor een deel van de klimaatwinst tenietgedaan wordt.

(Zwerf)Afvval. De negatieve invloed van (zwerf)afval op de omgevingskwaliteit staat dicht bij de burgers. Onderzoeken laten dit als een van de ergernissen van de Nederlander zien. Deze ergernis heeft al in de jaren tachtig een impuls gegeven aan afbreekbare plastics. Bioplastics worden overigens niet gezien als een goede oplossing tegen zwerfvuil. De eigenschap van afbreekbaarheid van een product is alleen interessant als het ook een functie heeft. De laatste jaren wordt de discussie gedomineerd door de vraag, of bioplastics bij het GFT-afval mogen en of de consument het onderscheid kan maken met het niet-afbreekbare plastic. Composteren van bioplastics lijkt geen voordeel te hebben boven het verbranden in AVI's.

Diffuse bodem- en watervervuiling. De chemische industrie produceert jaarlijks grote afvalstromen en maakt hoge kosten om deze te zuiveren. Een deel van de productieprocessen van biograndstoffen, met name in de fijnchemie, leidt tot een geringere inzet van hulpgrondstoffen en substantieel kleinere afvalstromen en draagt bij aan de verlaging van de zuiveringskosten, lagere emissies (met name diffuse) en lagere risico's voor milieu-incidenten.

Genetische Modificatie (GM). GM wordt door de chemische industrie gezien als een veelbelovende (bio)-technologische toepassing die mogelijkheden biedt om op een efficiënte manier grondstoffen te produceren (bijvoorbeeld met behulp van genetische gemodificeerde enzymen). Verschillen in benadering van het gebruik van gemodificeerde gewassen tussen bijvoorbeeld Amerika (niet tegen) en Europa (tegen) wordt gezien als een bedreiging voor de ontwikkeling van de chemische industrie in Europa. NGO's zoals Greenpeace zijn fel gekant tegen het gebruik van genetische gemodificeerde organismen (GGO) en daarmee staan zij qua standpunt tegenover de biochemie. Overigens blijken volgens de Eurobarometer binnen Europa Nederlanders de minste risico's te zien van GM, al is een ruime meerderheid nog steeds tegen.

Leveringszekerheid van basis grondstoffen. Het overgrote deel van de door de chemische industrie gebruikte grondstoffen is afkomstig van aardolie. Daarmee is er een link met de

motieven die gebruikt worden voor biobrandstoffen, zoals een trend om minder afhankelijk te zijn van olieproducerende wereldregio's, al speelt de zorg om olie als grondstof voor de chemie iets minder door de beperkte inzet van olie daarvoor. In hoeverre er in de toekomst vergelijkbare afhankelijkheden ontstaan voor de import van biomassa is niet duidelijk.

Voorraden. Voor uitputbare grondstoffen zoals de fossiele voorraden is er sprake van eindigheid. Het concept 'eindigheid' is echter sterk gestuurd door de economische kant ervan: de kosten om de grondstoffen te winnen. De voorraden of vervangende voorraden lijken vooralsnog de komende generaties niet echt beperkend (MNP-CBS, 2006)

Ontwikkelingen in de landbouw. Ontwikkelingen in de wereldhandel, waaronder het afbouwen van importtarieven en subsidies voor landbouwproducten en milieuwetgeving leggen druk op de landbouw in Nederland en Europa en leidt tot verdere marginalisatie van de sector. Het produceren van gewassen, zowel reguliere als specialistische, voor de chemische industrie wordt gezien als een nieuwe kans voor een deel van de landbouwsector. Daarnaast zijn er ook mogelijkheden reststromen beter af te zetten en mogelijkheden voor het uitoefenen van neventaken binnen de landbouwsector (bijvoorbeeld ten behoeve van energie, raffinage).

4.2 Visies op de langetermijnontwikkeling

De aandacht voor biomassa als energiebron is al in 1995 geadresseerd in de 'Derde Energienota' (EZ, 1995) middels doelen voor duurzame energie. De inzet van biograndstoffen door de chemische industrie gebeurt minder opvallend dan de toepassing als biobrandstof, maar het lift wel mee op de stimulansen voor meer toepassing van biomassa.

In de jaren negentig heeft de overheid het initiatief genomen tot het interdepartementaal onderzoeksprogramma Duurzame technologie-ontwikkeling (DTO). In 1997 is een DTO-rapport over de chemie verschenen met als subtitel 'Zon en Biomassa: Bronnen van de Toekomst' (DTO, 1997). Biomassa maakte een belangrijk onderdeel uit van de in dat rapport gegeven toekomstschets met in de samenvatting de opmerking dat veel routes via methanol gaan lopen. Back-casting is in die benadering centraal geplaatst, in feite een pleidooi om tot een visie voor de lange termijn te komen en op basis daarvan acties op de korte termijn te kiezen.

Het kwam terug in het NMP4. Het opzetten van transitiegerichte acties bij de overheid heeft in 2003 geleid tot een visie op het gebruik van biomassa (EZ, 2003). Daarin werden alle toepassingen, ook de toepassing als biograndstof meegenomen. De algemene doelstelling die daarin werd genoemd en ondersteund door diverse partijen was 30% in 2040. Voor 'producten en chemie' werd gestreefd naar 20-45%. In die visie werd toen gepleit voor een duurzaamheidsafhankelijke sturing en een 'level playing field' voor alle biomassatoepassingen en het ontwikkelen van duurzaamheidscriteria. Dit pleidooi heeft wel de aandacht, maar is niet op alle punten concreet gemaakt.

Het Platform Groene Grondstoffen, geïnitieerd door de overheid in het kader van het energietransitiebeleid, maar vooral een platform van een aantal ondernemers, heeft als doel het bevorderen van een omschakeling van het gebruik van fossiele grondstoffen naar hernieuwbare of groene grondstoffen. In haar visie gaat het platform voor de subcategorie 'grondstoffen van chemicaliën en materialen' uit van een vermindering van de energetische inhoud van de grondstoffen met 25% in 2030. Deze ambities zijn nader onderzocht door ECN

en WUR en daaruit is naar voren gekomen dat voor de categorie 'grondstoffen van chemicaliën en materialen' zelfs een iets hogere doelstelling haalbaar is, maar daarvoor is dan wel veel ontwikkeling vereist (ECN-WUR, 2006). Voor het halen van deze ambitie moet Nederland wel op grote schaal biomassa importeren (minimaal de helft).

In de Toekomstagenda Milieu (2006) toont het kabinet-Balkenende 2 zich voorzichtiger en wordt geschreven: 'Het kabinet onderzoekt de haalbaarheid van de ambitie van het platform Groene Grondstoffen om in 2030 vijftientig procent van de fossiele grondstoffen voor de productie van materialen en chemicaliën te vervangen door groene grondstoffen.'

In de Verenigde Staten, waar voor dit onderwerp al een omvangrijk onderzoeksprogramma is gestart voor de periode 2004-2008, wordt een vergelijkbare doelstelling gehanteerd (25% in 2030). Het programma wordt uitgevoerd door het US Department of Energy en US Department of Agriculture en kent vier aandachtsgebieden: groene biotechnologie, het suikerplatform (suikers isoleren uit lignocelulosebiomassa), het thermochemische platform (gasvormige en vloeibare intermediaire stoffen) en bioraffinage (VS, 2002).

In de EU is er wel een 'biomass action plan,' maar dat gaat feitelijk over de aanwending van biomassa voor energietoepassing (transport, elektriciteit en warmte) (Commission of the European Communities, 2005).

De grote internationaal georiënteerde Europese chemische bedrijven (onder andere DSM, Du Pont, BASF, Cargill) hebben zich verenigd in EuropaBio. Deze belangenvereniging heeft tot doel om aandacht te vragen bij overheden en burgers voor de potentie van op biomassa gebaseerde productie (EuropaBio/ESAB 2005). Uit verkennende studies over de ontwikkeling van biotechnologie blijkt dat de markt voor met name de fijnchemie in toenemende mate gebruik zal maken van biotechnologie. In een McKinsey-studie (McKinsey & Company, 2003) staat dat waarschijnlijk in 2010 15-20% van de productie in de chemie vervaardigd is op basis van biotechnologie (actueel 5%). Voor de fijnchemie ligt het gemiddeld hoger (30-60%) en voor de bulk- en polymeersector ligt deze verwachting gemiddeld lager (6-12%). Verwachting is verder dat de groei na 2010 doorgaat. In geld uitgedrukt gaat het om een toename van \$ 50 miljard naar \$ 160 miljard in 2010.

In het jaarverslag 2005 stelt DSM dat zij een toename in divergentie ziet in de kosten van basisgrondstoffen. Op aardolie gebaseerde grondstoffen zullen hoog geprijsd blijven, terwijl de biograndstoffen (suikers, melasse) verondersteld worden te zullen dalen (DSM, 2006) met als gevolg een mogelijke toename van de op fermentatie gebaseerde productie. Dat deze verwachting achteraf minder valide is, blijkt uit de recente ontwikkelingen in de suikerprijs. De suikerprijs is nog nooit zo hoog geweest als nu (medio 2006). Een belangrijke verklarende factor daarvoor is dat al vier jaar achtereen het aanbod geringer is dan de vraag (OECD-FAO 2006). Naast de tekorten in de Verenigde Staten en India wordt onder andere ook genoemd de vraag naar ethanol in Brazilië (notitie Foreign Agricultural Services, USDA, januari 2006).

Uit de toekomstvisie van de Europese associatie voor biotechnologie en ESAB (EuropaBio/ESAB 2005) valt op te maken dat er verondersteld wordt dat in 2025 een toenemend aantal chemische stoffen en materialen zal worden vervaardigd in een procesomgeving waarbij biotechnologie een essentiële rol speelt. Biotechnologie maakt het mogelijk dat de producten vervaardigd worden met behulp van hernieuwbare grondstoffen en met lager energieverbruik. De ontwikkelingen zullen gepaard gaan met nieuwe allianties tussen bedrijven in de landbouw en industrie en op nieuwe locaties. Er zijn ook individuele bedrijven die uitspraken doen over de ontwikkeling van het gebruik van hernieuwbare grondstoffen. BASF verwacht in de komende vijf jaar dat de wereldmarkt voor afbreekbare

plastics jaarlijks zal groeien met gemiddeld 20% (Baumgartner, website BASF, 21 april 2006).

In het Achtergronddocument biotechnologie (COGEM 2004) wordt aangegeven dat biotechnologie gezien wordt als een belangrijke speerpunt in het streven van Nederland om een kenniseconomie te worden, maar dat het opstarten van nieuwe biotechnologiebedrijven in Nederland achterblijft bij andere landen, zelfs binnen de EU, en dat bedrijven hun biotechafdelingen verplaatsen naar het buitenland. De concurrentie met de Verenigde Staten en Aziatische landen is zodanig dat sommigen van mening zijn dat Europa al naar een derde plaats is verwezen.

Er wordt door diverse bronnen een aantal karakteristieken van Nederland genoemd, die het geschikt maken voor het realiseren van de systeemoptie. Nederland heeft ondanks de beperkte ruimte een krachtige landbouw, die een groot exporteur is. Er zijn zeer goede havens met prima infrastructuur en een goede veevoerindustrie, die een belangrijke rol speelt bij de eerste verwerking van biomassa. De chemie in Nederland is energie-intensief. Bovendien is er hoogstaande kennis, zowel in de landbouw qua teelt en verwaarding als op het gebied van biotechnologie.

In de recent gepubliceerde 'Agricultural outlook 2006-2015' (OECD-FAO, 2006) wordt ingegaan op de verwachte groei in de productie van bio-energie, met name het toepassen van granen en maïs voor de productie van biodiesel. Hier wordt geen aandacht besteed aan de toepassing als grondstof voor de chemie.

In het rapport 'Nieuwe Landbouw, inventarisatie van kansen' (Langeveld et al., 2005) worden vele mogelijkheden voor biograndstoffen geschetst, maar wordt nauwelijks ingegaan op product vernieuwing in de landbouw zelf. In 'Kiezen voor Landbouw, een visie op de toekomst van de agrarische sector' (LNV, 2005) worden biograndstoffen slechts aangestipt. De visie pakt het begrip innovatie vooral op in de zin van optimalisatie van bestaande productieprocessen en gaat veel minder in op nieuwe producten. In een recent door LNV geïnitieerde dialoog met akkerbouwers over duurzame ontwikkeling, waarin ook toekomstbeelden werden bediscussieerd, kwamen biograndstoffen en nieuwe producten nauwelijks aan de orde. Een belangrijk aandachtspunt is leveringszekerheid (aan de industrie) en afzetzekerheid (aan de kant van de agrarische ondernemer).

In de rapportage van CE (Croezen et al., 2006) is ook gekeken naar de potentie op de lange termijn (20-30 jaar). Daarbij is in grote lijnen gekeken naar de drie belangrijkste conversies (bioraffinage, biologische conversie en thermochemische conversie). Via bioraffinage en volgende processen kan het huidige aandeel van 80 kton/jr aan oplosmiddelen, smeermiddelen en inkten, gemakkelijk met een factor 10 worden vergroot (cijfers voor Europa). De huidige markt van producten die via biologische conversie zijn geproduceerd (platformchemicaliën en bioplastics) is ongeveer 250 kton/jr (mondiaal cijfer). De potentie is enorm en een eerste schatting door CE is dat de productie gemakkelijk met een factor 60-80 kan worden vergroot. De potentie van biograndstoffen die via de thermochemische conversie zijn geproduceerd, is groot en bestrijkt zo'n beetje het gehele petrochemische veld.

4.3 Research & Development

4.3.1 Technologische elementen van het onderzoek

In de keten van biomassa tot hernieuwbaar eindproduct spelen in allerlei stadia zowel oude als moderne technologieën een rol van betekenis. Aan het begin van de keten, de primaire productie, gaat het vooral om het verhogen van de opbrengst of het verhogen van de concentratie van een bepaalde component. De landbouw kan daarbij terugvallen op klassieke veredelings technieken of GM-technologieën zoals transgenese (overbrengen van eigenschappen van de ene soort op de andere) en cisgenese (met soorteigen DNA). In de bioraffinage, het proces waarin de biomassa een fysisch-chemische bewerking ondergaat, speelt de biotechnologie een belangrijke rol. Zo kunnen door het ontwikkelen van nieuwe enzymen de beoogde chemische stoffen sneller en/of via een andere route geïsoleerd of opgewerkt worden, hetgeen kan bijdrage aan de reductie van de kosten. Onderstaand wordt ingegaan op de bioraffinage, industriële biotechnologie en GM.

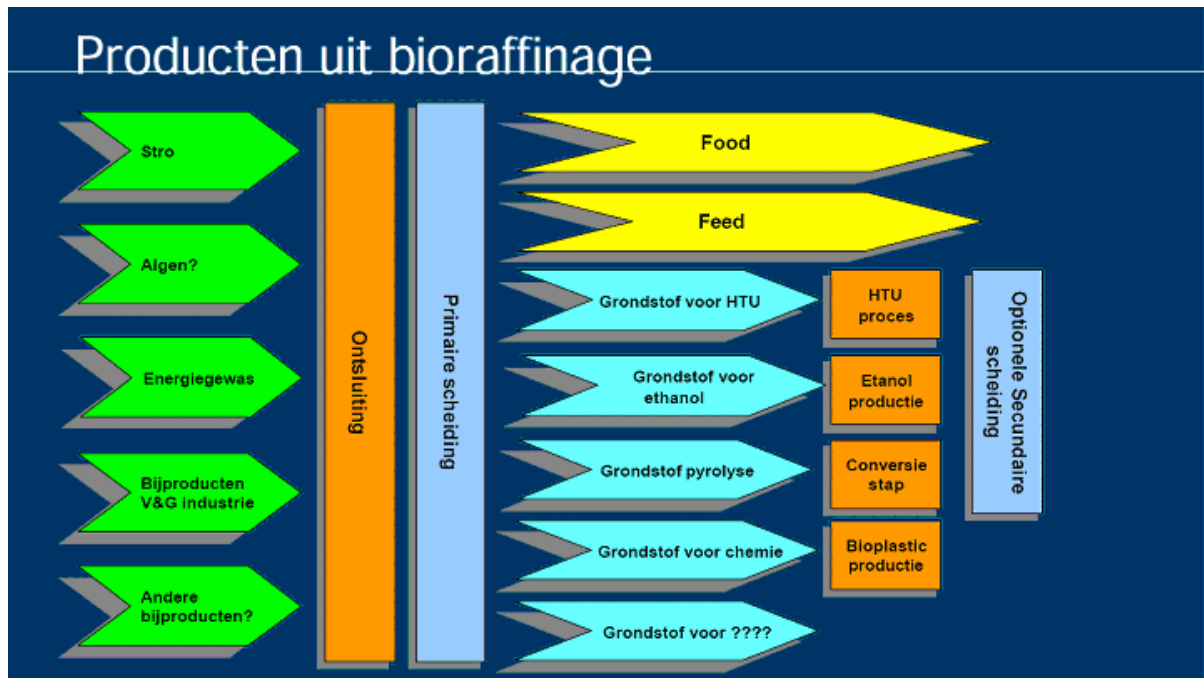
Bioraffinage

Onder bio-raffinage wordt verstaan het fractioneren van biomassa in verschillende componenten die – na eventuele verdere bewerking – afzonderlijk afgezet kunnen worden. In Figuur 4.1 is een schema opgenomen met verschillende opties met producten uit de bioraffinage. Bioraffinage is geen nieuw concept: het raffineren van suiker valt hier bijvoorbeeld ook al onder. In de meeste gevallen worden de bijproducten echter niet meer nuttig toegepast. De sleutel bij bioraffinage is het koppelen van diverse technologieën op het gebied van scheiding en conversie. Uitdagingen van bioraffinage zijn (SenterNovem, NEO brainstormdag biotechnologie & energie):

- raffineren van bulkchemicaliën als gefunctionaliseerde chemicaliën, maar ook fermentatiegrondstoffen als suiker en zetmeel;
- bruikbaar maken van stoffen als lignine als grondstof voor fermentatie de afgelopen jaren zijn de enzymkosten aanzienlijk teruggebracht (zie ook Ros en Montfoort, 2006);
- verwerken van heterogene biomassastromen;
- het isoleren van de gewenste stoffen uit verdunde oplossingen met behulp van thermodynamische scheidingstechnologie.

Bioraffinage is een van de speerpunten van het lange-termijn EOS-onderzoeksprogramma (SenterNovem, 2004) en heeft de aandacht van wetenschap en industrie (Annevelink et al., 2006).

Een belangrijk aandachtspunt is de kwaliteit van geïsoleerde grondstoffen, die vaak meer dan vanuit de behoefte van de chemische industrie wenselijk is, varieert (persoonlijk commentaar. Van der Wielen, 2006).

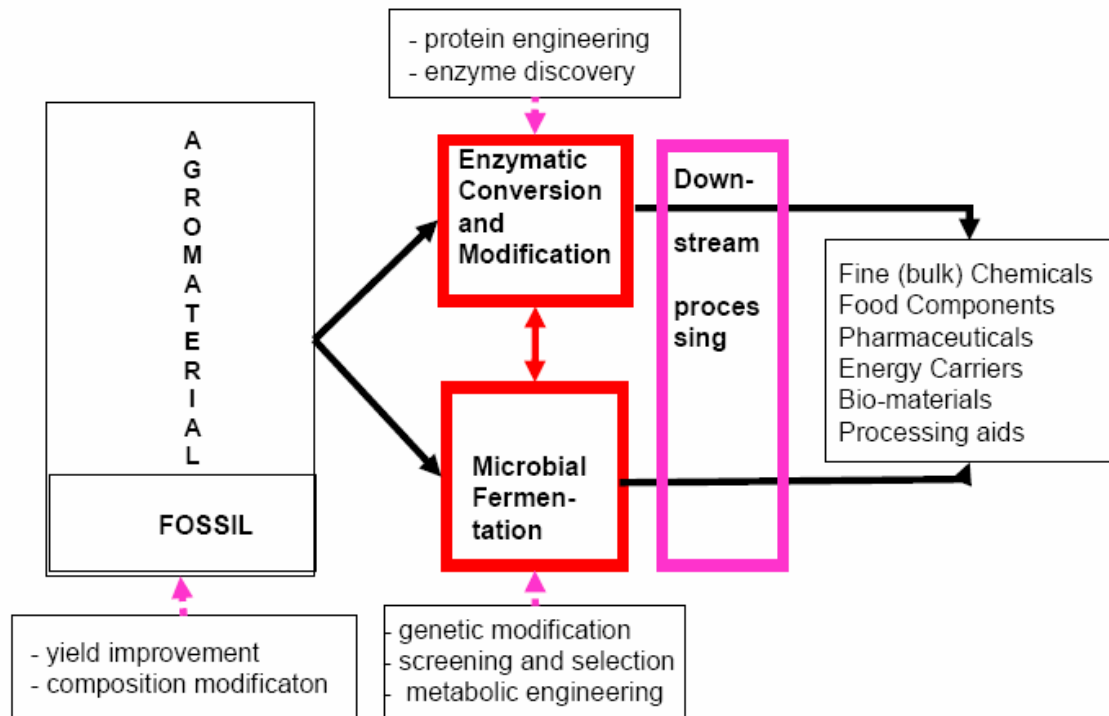


Figuur 4.1 De verschillende opties met producten uit de bioraffinage (Elbersen, 2004)

Biotechnologie

Industriële biotechnologie, ook wel witte biotechnologie genoemd, is de toepassing van moderne biotechnologie voor de industriële productie en bewerking van een grote variëteit aan chemische verbindingen en materialen. Industriële biotechnologie is vooral gebaseerd op fermentatietechnologie en biokatalyse (zie Figuur 4.2). De processen vinden plaats in een afgesloten omgeving, waar met behulp van al dan niet genetisch gemodificeerde micro-organismen (gist, schimmels en bacteriën) of cellijnen van dierlijk of plantaardig materiaal van biomassa een verscheidenheid aan stoffen wordt geproduceerd. Voorbeelden van stoffen die op deze wijze worden gemaakt zijn enzymen, vitaminen, smaakstoffen, melkzuur (grondstof voor bio-plastics) en ethanol en hydrogen (biobrandstoffen).

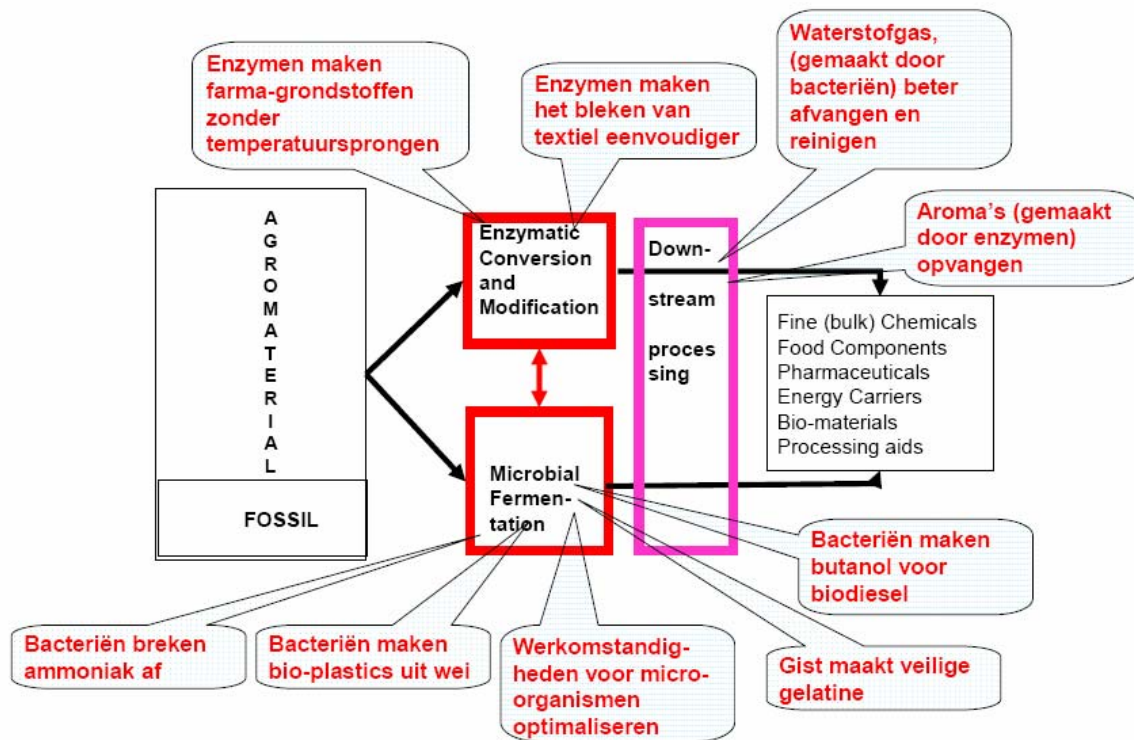
De industriële biotechnologie wordt gezien als een belangrijke drijfveer voor de transitie van chemische sectoren naar een duurzame productie, vanwege de vervanging van fossiele grondstoffen door grondstoffen van plantaardige oorsprong, lager energiegebruik en minder gebruik van agressieve chemicaliën (VerLoren van Themaat et al., 2004). In Figuur 4.2 is een overzicht gegeven van de technologieën (onder andere enzymatisch omzetting en fermentatie door middel van microben). In Figuur 4.3 zijn aan dezelfde figuur enkele voorbeelden van onderzoeksprojecten toegevoegd.



Figuur 4.2 *Technologieën betreffende witte biotechnologie (bron SenterNovem uit VerLoren van Themaat et al., 2004)*

De ontwikkelingen binnen de industriële biotechnologie worden het meest beïnvloed door doorbraken op het gebied van genomics, biologische disciplines (moleculaire genetica, biochemie, microbiologie) en proces- en materiaaltechnologie.

Bij genomics worden micro-organismen aangepast aan de gewenste functie of worden geheel nieuwe enzymen gevormd met geheel nieuwe functies. Door deze aanpassing kunnen chemicaliën op een efficiënte en goedkope manier worden geproduceerd. Momenteel nog onbruikbare afvalstromen zouden op deze manier geschikt gemaakt kunnen worden als grondstof voor de chemische industrie. Naast genomics speelt de integratie van de biologische disciplines (onder andere biochemie, microbiologie, moleculaire genetica) met procestechnologie een belangrijke rol (kan bijvoorbeeld leiden tot minder processtappen en meer eindproduct). Ook de convergentie met materiaal- en microsysteemtechnologie en nanotechnologie zullen invloed hebben op de ontwikkelingen binnen de industriële biotechnologie.



Figuur 4.3 Technologieschema met voorbeelden van onderzoeksprojecten (Bron SenterNovem uit VerLoren van Themaat et al., 2004)

Genetische Modificatie

Biowetenschappen en biotechnologie bevinden zich al enige tijd in een fase van exponentiële groei met een enorm potentieel tot duurzame ontwikkeling van de economieën van Europa en de rest van de wereld (Europese Commissie, 2001). In haar rapportage schetsen de onderzoekers dat het potentieel slechts met brede steun van het brede publiek kan worden verwezenlijkt. Er is groeiende behoefte aan bewustzijn en rationele beleidsbeslissingen betreffende maatschappelijke prioriteiten, en in het bijzonder het maatschappelijk kader en de ethische grondslag voor de ontwikkeling en toepassing van de nieuwe wetenschappen en technologieën. Het ontbreken van wet- en regelgeving wordt gezien als een hindernis in de ontwikkeling van de moderne biotechnologie, wat ook weer effecten heeft op de inzet van biotechnologie voor ontwikkeling van processen waarbij biomassa als basisgrondstof wordt gebruikt voor de chemische industrie.

Biochemische of thermische routes

De verwerking van biomassa tot het bulkproduct ethanol gebeurt via de hydrolyse van de biomassa in allerlei vormen van suikers, waarbij ook enzymen worden ingezet, en vervolgens de omzetting van de suikers door middel van fermentatie tot ethanol. Er is de laatste tijd veel geïnvesteerd om deze route te verbeteren en de inzet van biomassa met veel cellulose en de omzetting van C₅-suikers in ethanol mogelijk te maken, vooral gericht op uitbreiding van het potentieel aan biomassa voor de productie van ethanol als biobrandstof. In het MNP-rapport over die systeemoptie (Ros en Montfoort, 2006) worden de ontwikkelingen nader beschreven.

Er kunnen ook andere stoffen langs deze route worden geproduceerd. Een belangrijk voorbeeld hiervan is het ABE-proces, waarin suikers worden omgezet in aceton, butanol en

ethanol, met de nadruk op de eerste twee. Voor de oorlog was dit proces de belangrijkste productieroute voor aceton en butanol, maar de petrochemische route bleek veel goedkoper. Momenteel wordt geprobeerd dit proces nieuw leven in te blazen, onder meer in Frankrijk. Op labschaal wordt er bij Agrotechnology and Food Sciences (A&F) ook aan gewerkt (Croezen et al., 2006). Andere nieuwe ontwikkelingen met fermentatie richten zich op de productie van isorbitol, een mogelijk nieuw platformchemicalie voor polyesters en stikstofverbindingen, met name polyamiden (bijvoorbeeld cyanophycine, dat in polyasparaginezuur kan worden omgezet).

Een belangrijke thermisch-chemische route is vergassing. Uit het geproduceerde synthese gas kunnen tal van verbindingen worden gesynthetiseerd (Fischer-Tropsch-synthese). Synthesegas (voornamelijk CO en H₂) wordt al ingezet als grondstof voor de productie van chemicaliën als ammoniak, methanol, oxo-chemicaliën en koolwaterstoffen. Wat syngas uit biomassa betreft, geldt dat de synthese van biodiesel momenteel veel aandacht krijgt, al is de eerste fabriek waar een dergelijke productie is gepland op basis van hout als grondstof pas in aanbouw in Duitsland (met Shell als een van de partners). Ook de ontwikkelingen met betrekking tot de vergassingsroute worden nader toegelicht in het rapport over vloeibare biobrandstoffen (Ros en Montfoort, 2006).

Pyrolyse is een andere route, waarbij polymere ketens in biomassa worden afgebroken tot teer en kleinere condenseerbare en gasvormige verbindingen. De samenstelling van het product is afhankelijk van de biomassa en de procesomstandigheden. Deze techniek biedt mogelijkheden voor de productie van bijvoorbeeld etheen en benzeen.

4.3.2 Onderzoeksnetwerken

Naast aandacht voor de inhoud speelt ook de institutionele kant een rol in de transitie. Ingegaan zal worden op de belangrijkste spelers, subsidies, onderzoeksprogramma's bij universiteiten en kenniscentra en aanpalende activiteiten, zoals aandacht via workshops en symposia. Uit de informatie blijkt overigens dat er geen scherpe scheiding is tussen gebruik van biomassa voor energie, biobrandstoffen en groene grondstoffen voor de chemie.

Biotechnologie

Op het gebied van de biotechnologie is er sprake van intensieve samenwerking tussen chemische bedrijven en specialistische biotechnologiebedrijven en universiteiten (nationaal en internationaal). Tabel 4.1 geeft al een illustratie van enkele samenwerkingsverbanden. Er bestaat een intensief netwerk en er lijkt sprake te zijn van strategische allianties. Patenten en octrooien spelen een belangrijke rol. In Nederland is het Kluyverinstituut het meest toonaangevende onderzoekscentrum voor genomics en industriële fermentatie. Dit instituut is een consortium van de TU Delft, WUR, Universiteit Leiden, Universiteit van Nijmegen, A&F en NIZO. Het onderzoekscentrum richt zich met name op fermentatie (onder andere gist-, schimmel- en melkzuurfermentatie, biokatalyse en bio-informatica).

Voor het biotechnologisch onderzoek in Nederland is het programma B-Basic (Biobased Sustainable Industrial Chemistry) een belangrijke motor. Dit programma is gestart in 2004 als onderdeel van een innovatie-initiatief, waarbij publiek-private samenwerking centraal staat. Het onderzoeksgeld (jaarlijks ongeveer 10 miljoen euro) komt zowel van de overheid als het bedrijfsleven (onder andere AKZO Nobel, DSM, Paques, Shell). Het programma focust zich op onderwerpen als metabolisme en grondstoffen en (bio-)procestechnologie. Op dit moment

wordt gewerkt aan een samenvoeging van het B-basic programma en het programma van het Kluyverinstituut.

Tabel 4.1 Voorbeelden van R&D-trajecten

Bedrijf	Productnaam /groep	toepassing	grondstof	opmerkingen
AVEBE (NL)	Progras-initiatief	- eiwitrijke koek - persvezel - restsap (met veel suiker en mineralen)	(afval)gras	Raffineren van (afval)gras van wegbermen
TNO, RU groningen, UU, diverse bedrijven (NL)	Anti-corrossie-coating	Anticorrossieven voor waterdragende heavy duty coatings		
A&F en Ursa paint (NL)	Oplosmiddelen voor alkydverven		Plantaardige oliën	
UvA, WUR, ECN, IVAM, TUD, A&F, Techno Invent, Essent, Numico, CSK, Kon. Sanders	N ₃ -vetzuren en kleurstoffen	Voedingssupplementen, visvoer, cosmetica	Afvalwater CO ₂	Algenkweek met extractie van bepaalde stoffen en inzet biomassa voor energie
	Oplosmiddel voor alkyverf		Goudsbloem	
A&F en PVC-industrie (NL)	Weekmakers uit suikers			Gaat om omzetting van glucose in isosorbide esters
Onderzoek/bedrijven: A&F, TU Delft, Purac, AVEBE (NL)	Omzetten van vetzuren in PHA	grondstof voor: - afbreekbaar rubber - latex - kaascoatings		
	Melkzuur		Bio-ethanol	Lab-schaal
A&F	Gecombineerde productie aceton, butanol en ethanol		Biomassa	ABE-proces

Bioraffinage

De mogelijkheden van bioraffinage heeft recentelijk opnieuw de aandacht gekregen van kennisinstellingen en bedrijfsleven. Zo heeft de constatering dat de expertise op het gebied van bioraffinage nogal versnipperd is en dat er onvoldoende wordt samengewerkt, geleid tot de oprichting van het Nationaal Kennisnetwerk Bioraffinage – Biorefinery.nl – door ECN en WUR. Dit initiatief wordt gezien als een belangrijke verdere versterking van de marktpositie van Nederland op het gebied van de duurzame biomassaketens. Een van de voorstellen betreft het opstellen van een ‘roadmap’ voor bioraffinage (Annevelink et al., 2006).

Industrie

De chemische industrie werkt intensief samen met universiteiten, kenniscentra en gespecialiseerde biotechnologiebedrijven. Die samenwerking is niet gebonden aan landsgrenzen. Over de exacte ontwikkeling binnen R&D binnen het bedrijfsleven is weinig bekend. Het zijn veelal strategische onderzoeken, waarover het algemeen weinig wordt gepubliceerd. Duidelijk is wel dat het bedrijfsleven betrokken is bij de ontwikkeling van biograndstoffen, hetgeen onder andere af te lezen valt aan de vertegenwoordiging in

bijvoorbeeld het Platform Groene Grondstoffen en haar betrokkenheid bij symposia en workshops.

Enkele voorbeelden: A&F doet in opdracht van het bedrijfsleven onderzoek aan biograndstoffen voor de chemie. Naast puur chemische en technologische onderzoeken zijn er ook opdrachten van stakeholders, zoals het havenbedrijf waar interesse is voor de ontwikkelingen rondom biomassa, of wordt er onderzoek gedaan naar marketing van en communicatie over biograndstoffen. De Europese chemische industrie, verenigd in EuropaBio, laat ook duidelijk haar standpunt horen over groene grondstoffen. Zo wordt onder andere aandacht gevraagd voor de belemmeringen in Europa rondom het gebruik van genetisch gemanipuleerde organismen. Een ander voorbeeld van kennisuitwisseling tussen bedrijfsleven en onderzoek betreft de oprichting van de Biomassa Upstream Stuurgroep. Een uitwisselingsplatform, op initiatief van Shell, waar ideeën en kennis over biomassa-toepassing worden gedeeld (betrokken instituten zijn Shell, WUR, ECN, Copernicusinstituut, Probos). Waardevolle voorstellen krijgen de kans verder te worden uitgediept.

Grote en middelgrote (petro-)chemische bedrijven, universiteiten en kenniscentra werken intensief samen aan nieuwe efficiënte conversieroutes, waarbij hernieuwbare grondstoffen worden gebruikt voor het produceren van (platform)chemicaliën en specialistische chemische stoffen. De samenwerking betreft veelal strategische allianties waarbij afspraken worden gemaakt over het gebruik van gepatenteerde (proces-)technologieën. De informatie is om strategische redenen vaak niet beschikbaar.

4.3.3 Rol overheid en belangrijkste subsidieprogramma's

In Nederland zijn meerdere ministeries actief met het thema groene grondstoffen. De centrale invalshoek is de ambitie het energie- en grondstoffengebruik te reduceren. Daarnaast spelen ook andere belangen een rol van betekenis, zij het soms ondergeschikt (bijvoorbeeld. synergie met landbouwbeleid, of reductiedoelstellingen van milieubelasting).

Het Ministerie van EZ is in 2001 gestart met energietransitie. In dat kader is onder andere het Platform Groene Grondstoffen opgericht. Invalshoek is de energiebesparing via groene grondstoffen (waar onder energie uit biomassa, biobrandstoffen en biograndstoffen). Sinds 2005 is er een aparte interdepartementale programmadirectie waar zes ministeries aan bijdragen (EZ, VenW, LNV, Ontwikkelingssamenwerking, Financiën en VROM).

Begin 2003 is door het Ministerie van LNV het programma Groene Grondstoffen gestart. Het programma wordt uitgevoerd door de Agrotechnology & Food Sciences Group, in samenwerking met andere onderzoeksinstituten en een groot aantal bedrijven. De projecten die in dat kader worden uitgevoerd, worden vaak vanuit verschillende subsidiegelden gefinancierd (gefinancierd voor 100% door LNV, of een combinatie van LNV en EU-kaderprogrammageden of LNV- en E.E.T- gelden). Het onderzoek richt zich op zowel puur chemisch-technologische-processen als op consortiumvorming en marketing. Het draagvlak blijkt uit het feit dat de minister en de ambtelijke top het belang van biobased economy voor Nederland en voor de agrosector nadrukkelijk hebben genoemd. In 2006 is gestart met een pilot van een nieuwe regeling om innovatie bij het MKB te stimuleren ('biobased producten').

Het Ministerie van VROM richt zich op de duurzaamheidsaspecten van de energievoorziening en stimuleert op verschillende wijzen de aandacht voor duurzaamheid. VROM speelt ook een rol bij het verpakkingsbeleid. Concreet zijn er geen programma's die

zich richten op biograndstoffen. Het gebruik van bioplastics als verpakkingsmateriaal is geen onderdeel van het verpakkingsbeleid. VROM is ook verantwoordelijk voor het beleid ten aanzien van activiteiten met genetisch gemodificeerde organismen. Als zodanig is VROM betrokken bij de beoordeling en goedkeuring van werkzaamheden met genetisch gemodificeerde organismen. Daarbij wordt getoetst op de mogelijke risico's voor mens en dier. Dit gebeurt via het Bureau GGO (geplaatst bij het RIVM). Daarnaast bestaat de commissie COGEM (onderdeel van VROM). Deze commissie adviseert de regering over mogelijke risico's van productie en handelingen met genetisch gemodificeerde organismen (GGO) voor mens en milieu. Het werkveld van de COGEM omvat alle gebieden in de biotechnologie, van landbouw tot medische toepassingen en van laboratoria tot commerciële introductie. De COGEM heeft geen rol als subsidieverstrekker voor VROM.

Subsidieprogramma's

E.E.T.: Een belangrijke subsidietraject voor ontwikkeling op het gebied van onder andere groene grondstoffen gaat via het programma Economie, Ecologie, Technologie (E.E.T.). Dit programma, in beheer bij SenterNovem, ondersteunt innovatieve instellingen en bedrijven om samen te werken aan technologische innovatie. Een aantal projecten heeft betrekking op energie (productie van 'groene aardgas' op basis van hydrovergassing van biomassa, nieuwe werkwijze productie bio-ethanol, biologische waterstofproductie) of op hernieuwbare grondstoffen voor de chemie (lichtgewicht halffabrikaten en onderdelen voor de transportsector op basis van hernieuwbare grondstoffen, Cell Factory voor volledige biologische productie van antibiotica uit hernieuwbare grondstoffen, ftalaatvervangende weekmakers uit hernieuwbare grondstoffen, inuline en inulinederivaten voor industriële toepassingen, hydro-thermal upgrading proces voor biomassaliquefactie, maatwerk in plantaardige oliën ter vervanging van synthetische harsen in verf, waardevolle componenten uit hernieuwbare grondstoffen) of heeft betrekking op de verbetering van de samenwerking in de keten (agroproductietechnologie van de toekomst). Genoemde projecten kunnen zowel afgesloten als lopend projecten zijn. Een van de kenmerken van dit programma is dat het ondersteunt bij samenwerking en bij het vinden van marktpartijen.

UKR: De Unieke Kansen Regeling stimuleert projecten waarin Nederlandse marktpartijen samenwerken aan de overgang naar een duurzame energiehuishouding. De regeling subsidieert de onrendabele top van projecten, tot een maximum van 40% van de extra investeringen. Twee van de vijf onderwerpen die gesubsidieerd worden zijn ketenefficiency en groene grondstoffen. Onder ketenefficiency valt onder andere de duurzame agroketen. Daartoe behoort ook het gebruik van hernieuwbare grondstoffen. Onder het onderwerp groene grondstoffen vallen alle projecten waarbij de inzet is fossiele grondstoffen te vervangen door hernieuwbare grondstoffen voor energie en grondstoffen. Een voorbeeld van een UKR-project is het "transitieproject bioplastics."

4.4 Praktijkexperimenten en niches

In tabel 4.2. wordt een opsomming gegeven van bedrijven, die bezig zijn met biograndstoffen voor de chemie, deze grondstoffen produceren of toepassen in eindproducten. Daarbij is zowel gekeken naar belangrijke internationaal opererende producenten (met vaak hoge volumes) als naar producenten die op nationale schaal opereren. In sommige gevallen zijn deze laatste bedrijven geaffilieerd met grote buitenlandse bedrijven. Naast de bedrijven wordt informatie gegeven over de producten, de toepassing en de grondstof die vervaardigd wordt. Niet in alle gevallen zijn de productievolumes bekend, waar ze beschikbaar waren, zijn deze cijfers vermeld.

Tabel 4.2 Voorbeelden van toepassingen van biograndstoffen (vooral in niches)

<i>Bedrijf</i>	<i>Productnaam /groep</i>	<i>toepassing</i>	<i>grondstof</i>	<i>opmerkingen</i>
DSM	Onder andere Cefalexine	Antibiotica	suikers	Omvang niet bekend
BASF	Ecovio®	Verpakkingsmateriaal (yoghurtcups), mobiele telefoon	ongeveer 45% PLA uit maïs	Inkoop grondstof bij NatureWorks
Dupont	Sorona™	Tapijten	Bio-PDO (1,3 propaandiol) uit maïs	productie 90 kton
NatureWorks (onderdeel Cargill)	Bioplastic-granulaat, fibers	Verpakkingen, bestek, bekers, stoffen.	PLA uit melkzuur (basis maïs), capaciteit 140 kton/ jaar.	Levert granulaat onder andere aan BASF
Cargill	Oliën Smeermiddelen		Plantaardige oliën (lijnzaad, canola, soja, zonnebloem) / vetten	
Purac (dochter van CSM, onder andere in NL)	Fermentatie en melkzuur-polymerisatie	Diverse toepassingen; onder andere in polyurethane foams	PLA, enkele honderden tonnen per jaar	Purac levert grondstoffen, geen toepassingen
CP Kelco (affiliate in NL: Noviant)	Cellulosegum	Tandpasta, in melkproducten, soepen, sauzen, dressings	CMC (carboxymethyl cellulose) uit hout en katoen	
Rodenburg (NL)	Solanyl® bio-plastic	Diverse eindtoepassingen (onder andere tuinbouw)	PLA (40 kton/jaar) uit aardappelschillen	Bedrijf verwerkt bijproducten van voedselindustrie
Hycail (NL)	Plastics, bindmiddelen, lijmen, flexilisers, coatings, emulsies	Onder andere verpakking	PLA uit maïs/wei (capaciteit nu enkele honderden tonnen; plannen tot 150 kton in Europa).	- Bedrijf is onderdeel van DPA (Dairy Farmers of America)
Uniqema (NL)	- Diverse smeermiddelen. - coatings	- Hydraulische systemen, kettingzagen, motorolie - automobielen, telefoons	Plantaardige oliën / dierlijke vetten	
Desch (NL)	Bloempotten en plantcontainers van bioplastic	Tuinbouwsector	- Folies gemaakt van PLA - Afkomstig van maïs.	Desch werkt aan experimenten op grotere schaal (onder andere voor intratuin)
Deleco (NL)	Bio-clips (plantbinders)	Tuinbouwsector (onder andere tomatenteelt)		Mag onderdeel uitmaken van GFT-afval van tuinbouwbedrijven
NNZ verpakkingen (NL)	Okopack® film en net	Agrarische en industriële verpakkingen	- PLA, - maïs, graan en aardappelen	
Cosun	Inuline	Oliewinning en mogelijk waterbehandeling	suiker	

Fermentatie is al een veel toegepaste techniek met de productie van ethanol als absolute koploper, maar er worden al meer stoffen langs deze route geproduceerd. Tabel 4.3 geeft een overzicht van chemicaliën waarvan een substantieel deel via fermentatie geproduceerd wordt. Experimenten met vernieuwde bioraffinageprocessen zijn er eigenlijk niet (of niet bekend). Datzelfde geldt voor vernieuwingen in de landbouw. De landbouw levert weliswaar de biomassa voor genoemde praktijkvoorbeelden, maar vernieuwing binnen de landbouw gericht op specifieke biograndstoffen, lijkt nauwelijks aan de orde. AVEBE en Cosun zijn wel betrokken bij de ontwikkelingen, maar dat heeft tot nu toe nog niet geleid tot vernieuwingen op het gebied van biograndstoffen.

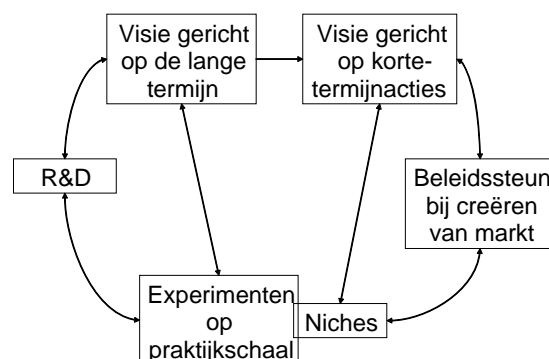
Het geven van een nadere kwantificering van de huidige productie-omvang van de verschillende sectoren is lastig gebleken. De omvang is, indien vergeleken met de op petrochemie gebaseerde grondstoffen, relatief gering (procenten). Voor een aantal bedrijven gaat het om producten die al duidelijk een plaats op de markt hebben veroverd. Voor andere zijn het beginnende activiteiten en wordt intensief gekeken naar de reactie van markt en consument.

Tabel 4.3 Wereldwijde productie in 2000 van enkele chemicaliën, met het aandeel via fermentatie

Chemische verbinding	Totale productie (in 1000 ton/jaar)	Productie op basis van biograndstof (in 1000 ton/jaar)
Ethanol	25.000	23.026
Acrylamide	500	85
Melkzuur	80	72
Xanthaan	20	20
Itaconzuur	13	13
Pullulaan	10	10
PHA	1	1
1,3-propaandiol	100	50

4.5 Samenhang in de activiteiten

De samenhang van de genoemde activiteiten wordt geanalyseerd aan de hand van Figuur 4.1. Aan de linkerkant van het schema is de koppeling tussen visievorming, R&D en experimenten weergegeven, sterk gericht op de lange termijn. Een versterkend effect op de ontwikkeling kan worden bereikt als de visie richting geeft aan R&D, waarvan de resultaten leiden tot praktijkexperimenten. De leerervaringen van die experimenten leiden weer tot bijstelling, vaak concretisering van de visie, et cetera. Aan de rechterkant van het schema is de visie meer gericht op concrete acties op de korte termijn. Er is dikwijls sprake van een lobby van enkele



Figuur 4.1 Samenhang in activiteiten

partijen om beleidssteun te verkrijgen en met die steun een gunstige marktsituatie gecreëerd te krijgen om niches in te richten. Het succes van een niche kan meer partijen ertoe brengen mee te gaan in de vernieuwing. Idealiter zijn deze twee 'innovatiemotoren' gelinkt. Praktijkexperimenten en niches kunnen hetzelfde zijn. De visie voor de lange termijn zou de basis moeten zijn voor de kortetermijnacties. Tot zover de theoretische achtergrond. Hoe werkt dit dynamische spel uit in de situatie van biograndstoffen voor de chemie?

Bij biograndstoffen gaat het om een breed scala aan grondstoffen, processen en producten. Het is daarom te verwachten dat de boven beschreven cycli voor elk van die toepassingen herkenbaar zijn of worden in de praktijk. Dat is ook het geval en ze bevinden zich allemaal in verschillende stadia. Toch is er ook een algemene ontwikkeling in te herkennen.

In de jaren negentig is de vrij algemeen gedeelde visie op de lange termijn ontstaan dat biomassa een veel groter aandeel zou gaan krijgen in het grondstoffenpakket van de chemie. Door de veelheid van mogelijkheden in de praktijk heeft dit mede geleid tot diverse initiatieven in de praktijk. Goedkopere productielijnen, soms een beter imago van het product (afbreekbare bioplastics) en in enkele gevallen het beter kunnen voldoen aan lozingseisen waren belangrijke drijfveren. Er was afgezien van het indirecte effect van lozingseisen geen ondersteuning van de overheid bij het creëren van de markt.

De overheid was wel, en is dat nog steeds, een speler in het onderzoekstraject. Er kwamen diverse subsidieregelingen, waarvan ook gebruik werd gemaakt voor onderzoekstrajecten naar biograndstoffen. Zodra er kansen werden gezien, vulden bedrijven niches in. Dit past bij de grote diversiteit van processen en producten binnen de systeemoptie. Alleen in de bulkchemie en in zekere mate bij de commodities zou sprake kunnen zijn van eerste experimenten op praktijkschaal en leerervaringen met vervolgens vervanging van een groot deel van het bestaande systeem.

Door de grote diversiteit was het evenmin te verwachten, dat de visie specifiek zou worden op het punt van producten en processen. Tussen 2003 en 2006 was er wel sprake van een bekrachtiging van de visie met het noemen van ambitieuze kwantitatieve doelstellingen voor de lange termijn. Deze kwantitatieve doelstellingen hadden betrekking op het aandeel biomassa in de grondstoffen, waardoor bulkchemie en commodities hierin een grotere rol spelen. Aandachtspunt daarbij was vooral de beschikbaarheid van voldoende biomassa, ook al gezien de doelstellingen voor bio-energie en biobrandstoffen. De bekrachtiging van de algemene visie kreeg nog meer gestalte door visies in de Verenigde Staten en de EU in dezelfde richting.

De visie had echter geen betrekking op de rol van biotechnologie en bijvoorbeeld van GM. De betekenis van de visie voor de ontwikkelingen richting de fijnchemie moet daarom als minder krachtig worden beschouwd. Overigens heeft de fijnchemie al een voorsprong als het gaat om het aandeel biograndstoffen. De verwachting bestaat dat deze voorsprong voorlopig blijft. Beschikbaarheid van biomassa is niet belemmerend, wel de beschikbaarheid van specifieke biomassa met bepaalde kwaliteit.

R&D-trajecten lopen nog steeds met tal van nieuwe ideeën. Er ontstaan ook telkens nieuwe niches, maar de omvang blijft toch beperkt. De Nederlandse overheid hanteert nog steeds geen specifieke instrumenten die het creëren van marktkansen voor veel meer niches met biograndstoffen moet ondersteunen. Daarmee blijft het een kwestie van bedrijfseconomische afweging.

5 Motivatie voor systeemverandering

Bulkchemie

In de bulkchemie beginnen de opties voor nieuwe procesroutes op basis van biograndstoffen veelal met fermentatie of vergassing. De praktijk rond deze routes is volop in beweging, maar dan vooral gericht op de uiteindelijke toepassing als vloeibare biobrandstoffen. Daarvoor geldt immers in Nederland een verplichting van 2% in 2007 en is ook een verplichting van 5,75% voor 2010 aangekondigd, dit laatste in lijn met de EU-richtlijn. Er is dan ook sprake van flinke uitbreiding van de productie van bio-ethanol als vervanger van benzine. Voor diesel wordt de komende jaren vooral vervanging door biodiesel op basis van plantaardige oliën voorzien, maar de visie is meer gericht op nieuwe technologie, waarmee dan vooral de vergassing en omzetting tot Fischer-Tropschdiesel wordt bedoeld. Juist in Europa met een tekort aan (bio-)diesel wordt de druk om alle synthesegas uit biomassa hiervoor te benutten groot. Het beleid in steeds meer Europese landen gaat in de richting van verplichting.

Het is in de praktijk een spannende race om aan de genoemde biobrandstoffendoelstellingen voor 2010 te voldoen, zowel qua opbouw van productiecapaciteit als qua beschikbaarheid van biomassa. Wat dit laatste punt betreft zijn er al zorgen dat biomassa wordt onttrokken aan sectoren die daar traditioneel gebruik van maakten. Uniqema, een bestaande producent van producten als zeep en smeermiddelen op basis van biograndstoffen, heeft gemeld dat de prijsstijging van de grondstoffen de concurrentiepositie verzwakt. Recente stijgingen in de prijs van suiker zijn ook een reflectie van de wereldwijd sterk toenemende vraag naar ethanol. Daarnaast geldt ook nog de inzet van biomassa voor elektriciteits- en warmteproductie, die door het beleid wordt gestimuleerd met de MEP-regeling. Die toepassing gebruikt eveneens een groot deel van de biomassa. In die omstandigheden zijn er voorlopig bij de chemische bulkindustrie niet of nauwelijks investeringen te verwachten in de richting van meer biograndstoffen..

De onzekerheid over continuïteit in de aanvoer van biograndstoffen wordt nog versterkt door de huidige beperkte overlap tussen de agrosector en de chemie. De agrosector heeft geen verkoopkanalen in de richting van de chemie en weinig inzicht in de markt voor platformchemicaliën en chemische eindproducten. Een biograndstof heeft toch al de nodige weerstand te overwinnen bij chemische bedrijven vanwege het andere type grondstof, die toch aanpassingen vraagt. De voordelen moeten dan heel duidelijk zijn. Bovendien maakt de coöperatiestructuur bij grote agrobedrijven ze minder flexibel en minder gericht op nieuwe afzetmarkten (mededeling Van den Heuvel, zie Croezen et al., 2006).

Het klimaatneutrale karakter van biograndstoffen is een belangrijk argument om toepassing positief te beoordelen. De belangrijkste CO₂-winst in de keten zit bij de opname van CO₂ bij de groei van de biomassa in de land- en bosbouw. Daar wordt deze winst evenwel niet geteld. De emissiereductie wordt eventueel (in de huidige emissieregistratie staat deze nog op nul) deels (komt het afbreekbare afval daar wel?) 'verrekend' bij de afvalverwerking, waar wordt gecompenseerd voor het aandeel biomassa. Bij elektriciteitsopwekking door afvalverbrandingsbedrijven kan dan het aandeel duurzame energie worden verhoogd en daarvoor hebben die bedrijven doelstellingen. Die winst kunnen chemische bedrijven bij een eventuele keuze voor biograndstoffen niet op hun conto schrijven. De beschikbare praktijkvoorbeelden geven bovendien nog geen eenduidig beeld van verschillen in broeikasgasemissies bij de processen in de chemische industrie zelf. Daarmee is de prikkel uit

het emissiereductiebeleid voor de chemische bedrijven gering of zelfs soms negatief, terwijl dat de bedrijven zijn die uiteindelijk de cruciale stap moeten zetten.

Commodities

Zoals in het voorgaande hoofdstuk al is aangegeven, is de diversiteit in processen en producten bij de commodities en in de fijnchemie zo groot dat niet één of zelfs enkele concrete stappen cruciaal zijn voor het veranderingsproces als geheel.

Voorbeeld daarvan is de toepassing van bioplastics als verpakkingsmateriaal. Dat gebeurt al voor enkele niches in de praktijk. Daarbij gaat het om een breed scala van producten. Bijvoorbeeld: transparant verpakkingsmateriaal (voor groenten en fruit), gecertificeerde bioclips voor het opbinden van gewassen zoals tomaat (producent: Deleco), kunststof plantpotten (product: Solanyl; producent: Rodenburg), transparante drinkbekers (Hycail). In veel gevallen geldt tevens dat deze producten ook biologisch gemakkelijk afbreekbaar zijn. Deze producten zijn de afgelopen jaren op de markt gekomen. Het succes is af te meten aan de omvang (Rodenburg), de unieke toepassingsmogelijkheden (afbreekbare bioclip, plantpotten, drinkbekers), waardoor er belangrijke kostenbesparingen zijn (lagere storkosten GFT).

Kenmerkend is dat de producten in de loop van de tijd de benodigde kwaliteit hebben gekregen, waardoor ze in specifieke omstandigheden het meest optimale product zijn (afbreekbare wegwerpbekers en plantpotten, composteerbare clips en verpakkingsplastic). Eventuele meerkosten lijken te worden gecompenseerd door besparing op afval. Deze ontwikkelingen zijn door onderzoek en markt gestuurd en niet door subsidies gestimuleerd. Wel heeft de regelgeving een kaderstellende rol gespeeld, waardoor marktpartijen naar alternatieven zijn gaan zoeken. De inzet door de markt lijkt los te staan van de ambities op het gebied van energie- en grondstofbesparing.

Drie instituties stimuleren en ondersteunen de overgang nadrukkelijk:

- Innovatiecentrum biopolymeren (Federatie Ned. Rubber en Kunststofindustrie in samenwerking met A&F);
- Business Unit Biobased Products (WUR): doel is het faciliteren van de transitie;
- Platform Groene Grondstoffen.

Voor de afweging van een producent van kunststof om al dan niet over te stappen op een variant op basis van biograndstoffen en daartoe te investeren in een nieuwe productielijn kan een krachtenveldanalyse worden opgesteld (zie Tabel 5.1). Deze geldt voor de huidige situatie. Vanaf 2000 is dit krachtenveld nauwelijks gewijzigd. Qua technologie zijn er geen grote doorbraken geweest. Het beleid heeft geen extra impulsen gegeven. De algemene visie is iets krachtiger geworden.

Uit de krachtenveldanalyse volgt dat in veel gevallen de prijs-prestatieverhouding slecht scoort ten opzichte van het huidige product op basis van fossiele grondstof (zie Figuur 5.1). De andere krachten zijn in veel gevallen te zwak om de weerstand te breken. Hieronder volgen enkele toelichtingen op het overzicht van belangrijke factoren die een rol lijken te spelen bij bedrijven om biograndstoffen in het proces in te zetten.

Prijs-prestatieverhouding

Producten vervaardigd op basis van groene grondstoffen zijn bijna gelijk, duurder of soms veel duurder in prijs vergeleken met producten van petrochemische oorsprong. Dat de penetratie toch lukt, bescheiden in omvang, maar toch succesvol, heeft onder andere te maken

met de mate waarin het product andere kosten weet te vermijden (afval, verontreiniging, minder arbeid). Milieu- en afvalregels spelen daarbij een belangrijke rol. Er is dus een markt voor een wat duurder product als de afnemer ervan op een of andere manier kan worden gecompenseerd voor de extra kosten.

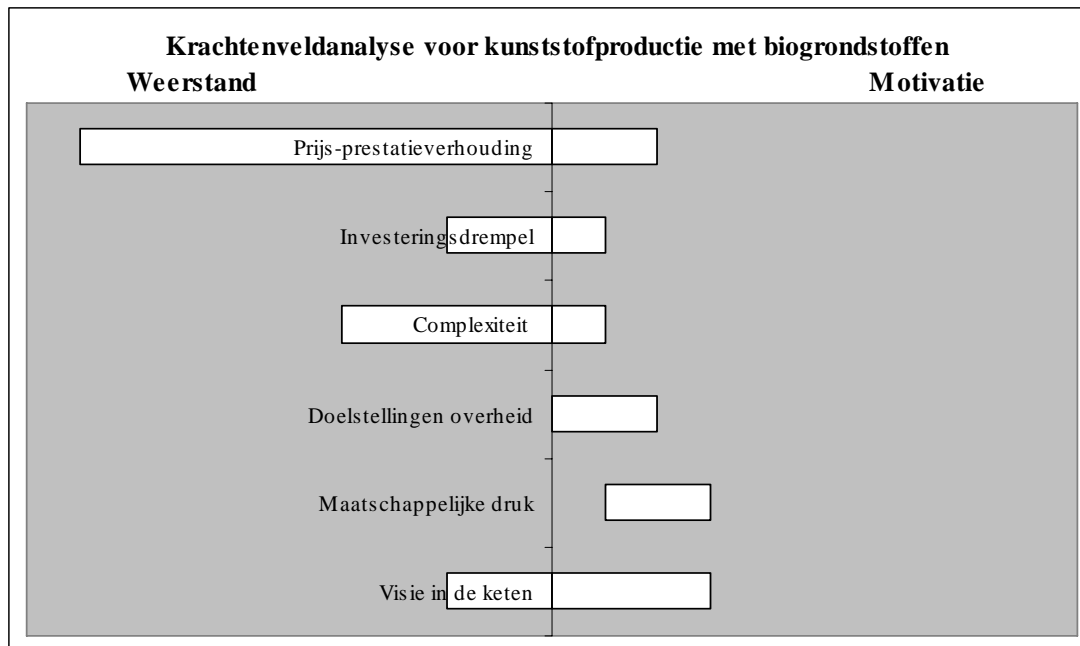
Tabel 5.1 *Krachtenveldanalyse rond investering in fabriek voor bioplastics*

<i>Kracht</i>	<i>Kenmerken en ontwikkeling tot nu toe</i>	<i>Beleid, beleidsprikkel</i>
Prijs-prestatieverhouding	Bioplastics technisch goed alternatief voor deel van de plastictoepassingen. Prijs is meestal (nog) hoger, maar dit varieert; in sommige gevallen lagere afvalkosten (bijvoorbeeld bioclips) of lagere kosten afvalwaterzuivering. Stijging olieprijsen	Geen.
Investeringsdrempel	Voor grote chemiebedrijven waarschijnlijk nauwelijks belemmerend (als het uitbreiding of niet-vervroegde vervanging betreft); kan bij kleine nichespelers wel van belang zijn.	UKR-gelden: ondersteuning voor experimenten in de praktijk, weinig betekenis voor grote investeringen, wel voor steun aan kleine bedrijven.
Complexiteit	Inmiddels wordt techniek goed beheerst, maar beperkte bekendheid. Onzekerheid over beschikbaarheid biograndstof op lange termijn.	
Doelstelling overheid	Inzicht in daadwerkelijke winst in broeikasgasemissies over de gehele keten is nog beperkt.	Algemene doelstelling voor % biograndstoffen geldt niet voor individueel bedrijf. CO ₂ -beleid (emissierechten) kan stimulerend werken (als nieuwe proces minder emissies kent); de CO ₂ -winst van het gebruik van een biograndstof telt niet mee voor bedrijf (noch voor directe klant). Incidenteel kunnen emissie- of lozingsnormen een prikkel geven.
Maatschappelijke houding	Probleemperceptie klimaat is toegenomen. Bioplastics hebben bij het publiek een goede naam. Landgebruik negatief voor natuur; andere milieu-aspecten positief.	Voorlichtingscampagnes van de overheid op het aspect bio-afbreekbaarheid van consumentenproducten zijn er niet.
Visie in de keten	Algemene beeld van een groeiemarkt NL en EU, maar (door diversiteit) geen groot concurrentiegevoel. Doelen van de afvalverwerker (voorbeeld afbreekbaarheid voor composteerbedrijven of minder CO ₂ -rechten nodig bij afvalverbrandingsinstallaties); de kracht hangt af van de samenwerking in keten. In kader van MVO goed. Beperkt samenspel tussen agroketen en chemie.	Overheid deelt de visie naar meer inzet van biograndstoffen, maar is terughoudend bij een kwantitatieve doelstelling MVO-beleid.

Imago, maatschappelijk druk en visie in de keten

Het imago van de (petro-)chemische industrie heeft in de loop van haar bestaan een aantal forse deuken opgelopen als gevolg van haar aandeel in de bodem-, water- en luchtverontreiniging. Om dit imago te verbeteren heeft de sector, mede onder maatschappelijke druk, initiatieven ontwikkeld om duurzaam ondernemen onderdeel te laten zijn van de bedrijfsvoering. Bij een aantal bedrijven heeft dit zich vertaald in doelstelling om

hoog uit te komen op de lijst van bedrijven die duurzaam produceren (onder andere in termen van energie-efficiëntie en emissies naar lucht en water). Het gebruik van biograndstoffen past goed in deze strategie.



Figuur 5.1. Indicatief kwantitatieve schets van het krachtenveld rond investeringen in kunststofproductie op basis van biograndstoffen (op basis van Tabel 5.1); spreiding heeft vooral te maken met de diversiteit in de opties voor bioplastics.

Technologische complexiteit

De technologische kennis (biotechnologie, chemisch-technologie, logistiek) die nodig is in een transitie naar op biomassa gebaseerde producten is complex en kent meerdere invalshoeken en vele routes (suikers versus ligno-cellulose, fermentatie versus vergassing of pyrolyse, kleinschalig versus grootschalig, lokaal versus import). Voor ieder product, bulk- of fijnchemie, zal een eigen route moeten worden ontwikkeld en worden geoptimaliseerd. Een en ander zal sterk afhangen van de (bio-)technologische innovaties en aanpalende ontwikkelingen (bijvoorbeeld rondom bioraffinage). De petrochemie heeft vele tientallen jaren nodig gehad om de aardolie op de meest optimale manier te kunnen raffineren en er is veel research nodig geweest om de toen 'nieuwe' chemische grondstoffen via allerlei chemische routes om te zetten in eindproducten. De transitie naar biograndstoffen zal zeer waarschijnlijk een vergelijkbaar traject en mogelijk met gelijke duur doormaken als de petrochemie. Dat zal verschillen van product tot product. De ervaring leert dat vele hindernissen neembaar zijn gebleken, mede doordat kennis wordt gedeeld tussen de agrosector, biotechnologie en chemische industrie.

Milieu in relatie tot de biomassa grondstof

De mate waarin het toepassen van biomassa gevolgen heeft voor milieu en natuur hangt af van de bron. Biomassa afkomstig van rest- en afvalstromen heeft andere gevolgen voor milieu en natuur dan biomassa afkomstig van bestaande landbouwgronden/braakliggende gronden of van nieuwe arealen die onttrokken zijn aan natuurlijke ecosystemen. Duurzaamheid sluit het beste aan bij de eerste bron en het minst bij de laatste bron. Voor de biomassa afkomstig van de verschillende bronnen zullen sets van criteria nodig zijn (impact

op bodemkwaliteit, nutriëntenbelasting van bodem en grondwater, impact op lokale voedselproductie, impact op natuur). Als er duidelijkheid is over criteria en gewenste grondstoffen zal de agrarische markt gemotiveerd zijn bijdragen te leveren.

Milieu in relatie tot het chemische proces

Bij een behoorlijk aantal processen is aangetoond dat het gebruik van groene grondstoffen de belasting van het milieu (vooral broeikasgasemissies, maar ook sommige overige emissies) substantieel tot enigszins vermindert. De voorbeelden vinden we met name in de fijnchemie, vezels, oliën en vetten, en in beperkte mate in de bulkchemie. Dit geldt zeker nog niet voor alle processen, maar in potentie lijkt een dergelijk reductie op termijn wel aanwezig. Dit kan voor bedrijven zowel positieve economische als positieve ecologische consequenties hebben (win-win) hetgeen motiverend kan werken om onderzoek in deze richting uit te bouwen.

Milieu in relatie tot het eindproduct

Een deel van de met groene grondstoffen gemaakte producten heeft de eigenschap dat ze veel beter afbreekbaar zijn (afbreekbare motorolie, afbreekbaar plastic). Daarmee is dit product qua impact op het milieu substantieel beter dan een petrochemisch alternatief. Dit motief kan dan wel niet direct van economisch belang zijn voor de producenten, maar de overheid kan er als het gaat om afval een motief in zien de voordelen te waarderen richting de producenten (vergelijkbaar met de 0% verpakkingsbelasting in Duitsland voor verpakkingen van afbreekbare plastic).

Doelen overheid

Hoewel klimaatverandering een belangrijke factor is achter het beleid om meer gebruik van biomassa te stimuleren, stimuleert het overheidsbeleid de reductie in CO₂-emissies bij productie van hernieuwbare grondstoffen niet of nauwelijks (zie ook de beschouwing bij de bulkchemie).

In Duitsland en Frankrijk zijn wel impulsen gegeven aan de markt. In Duitsland is er geen ecotax voor bioplastics en in Frankrijk bestaat een verplichting op draagtassen van bioplastic en een financiële impuls voor de chemische industrie.

Fijnchemie

Bij de processen op fossiele basis kunnen bepaalde emissies en lozingen aan de orde zijn, waarvoor normen bestaan en dure maatregelen nodig zijn. Met de alternatieve processen zijn soms reducties mogelijk in het gebruik van toxische en agressieve stoffen en daarmee van de potentiële verliezen naar het milieu. Dit geldt wellicht nog het meest voor de fijnchemie.

Belangrijke aanvullende factoren voor de fijnchemie kunnen te maken hebben met het maatschappelijke draagvlak voor de toegepaste biotechnologie. Niet eens zozeer de technieken in kleine, goed controleerbare reactoren van chemische bedrijven zijn de eerste bron van zorg. Het gaat vooral spelen, als de landbouw biotechnologieën, zoals GM, zou moeten inzetten om de gewenste productkwaliteit te verkrijgen, bijvoorbeeld voor de aanmaak van bepaalde stoffen.

6 Conclusies

De basis voor meer aandacht voor biograndstoffen ('groene chemie') bij het bedrijfsleven en overheid is gelegd in het DTO-programma 'Sleutel Chemie' (1993-1997). Daarbij is voor het eerst geprobeerd duurzaamheid en economische groei met elkaar te rijmen. De ontwikkeling sindsdien op het gebied van biograndstoffen is enerzijds een gevolg van innovatie door de chemische industrie, gebruikmakend van eigen biotechnologisch onderzoek, kennis van universiteiten en contractonderzoek, en anderzijds een gevolg van op biograndstoffen gerichte subsidies of onderzoekprogramma's. Qua kennis staat Nederland er goed voor in dit veld. De laatste jaren draagt de overheid bij aan afstemming en samenwerking (Platform Groene Grondstoffen), maar ook aan onderzoek via subsidies (B-Basic en UKR, specifieke programma's). De inzet van de overheid is daarnaast ook gericht op communicatie en het met elkaar in verbinding brengen van stakeholders.

In de praktijk is er van een echte transitie nog geen sprake en zet de overheid ook geen instrumenten in om zo'n ontwikkeling met meer kracht op gang te brengen. Op dit moment lijkt de aandacht vooral uit te gaan naar het gebruik van biomassa als grondstof voor energie en biobrandstoffen. Via overheidsprogramma's en wetgeving wordt de markt gestimuleerd aan die toepassingen te werken. Het Platform Groene Grondstoffen stimuleert, behalve de eerder genoemde toepassingen, ook de inzet van biograndstoffen door de chemische industrie. De invalshoek daarbij is primair de reductie van het gebruik van fossiele energiedragers. In de Toekomstagenda Milieu worden de doelstellingen van dit platform niet bekrachtigd. Aangekondigd is dat ze op haalbaarheid worden getoetst.

Marktpenetratie van biograndstoffen tot nu toe lijkt meer het gevolg van wetgeving op het gebied van afvalstoffen en bodemverontreiniging (afbreekbaarheid, composteerbaarheid, reductie reststromen in chemie) dan energie- en grondstofbesparing. In andere landen zijn er voorbeelden dat de beschikbaarheid van goedkope biomassa of reststromen (maïsoverschotten in Nebraska (VS), verouderde rijstvoorraden in Japan) ook aanleiding kan zijn tot verwerking tot biograndstoffen. In Nederland is een aantal grote chemische internationale concerns actief op deze markt of hebben recent investeringen gedaan of aangekondigd. Het MKB lijkt daarbij wat achter te blijven. Op dit moment overstijgt het gebruik van biograndstoffen in Nederland het niveau van nichemarkten niet. De potentie is vele malen groter dan de huidige toepassing.

De Nederlandse landbouw speelt in de ontwikkeling een bescheiden rol. Deze is in de praktijk meer gericht op het zoeken naar alternatieve toepassingen voor bestaande producten dan op het produceren van nieuwe producten voor biograndstoffen, ook voor de fijnchemie. De terughoudendheid in het toepassen van genetische modificatie speelt hierin een rol. Ook de zwakke relatie tussen de agroketen en de chemie is een belangrijke factor.

Vergeleken met het aanwenden van biomassa voor energie en biobrandstoffen is de ontwikkeling rondom biograndstoffen relevant, omdat het gebruik van biomassa voor de productie van sommige commodities, bulk- en fijnchemicaliën per eenheid biomassa meer milieuvordelen kunnen opleveren dan bij de toepassing voor energie en er bovendien sprake kan zijn van het realiseren van een veel hogere toegevoegde waarde. Biomassa simpelweg verbranden wordt door velen niet gezien als de meest effectieve toepassing van dit product. Biograndstoffen en daarvan gemaakte eindproducten leveren met name reductie van broeikasgassen op wanneer ze worden geproduceerd uit afval of uit meerjarige

olieproducerende en suikerproducerende gewassen. In Nederland is de teelt van gewassen voor biograndstoffen voor bulk dusdanig duur dat het logischer is deze grondstoffen (of de eindproducten) te importeren. Dit dient wel te worden beoordeeld in het licht van de neveneffecten die eventueel extra landgebruik voor biomassa met zich meebrengt.

De ontwikkelingen op het gebied van de biobrandstoffen kunnen effecten hebben die de ontwikkeling rondom biograndstoffen beïnvloeden. Qua technologie-ontwikkeling is er sprake van een win-win-situatie. De omvangrijke stroom van bijproducten van bio-ethanol en biodieselproductie kan bovendien dienen als goedkope grondstof voor platformchemicaliën. De vraag naar biomassa en de daarmee gepaard gaande prijsstijging kan echter ten koste gaan van de penetratiegraad van biomassa in de chemische industrie, zeker in de context van het huidige beleid, waarin andere toepassingen van biomassa veel krachtiger worden ondersteund of afgedwongen.

Lijst met afkortingen

A&F	Agrotechnology and Food Sciences
B-Basic	Bio-based Sustainable Industrial Chemistry
BBP	Bruto Binnenlands Product
CO	Koolmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide
COGEM	Commissie Genetische Modificatie
DCO	Stichting Duurzaam Chemie Ontwikkeling
DTO	Duurzame Technologische Ontwikkeling
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
E.E.T.	Economie, Ecologie en Technologie
EOS	Energie Onderzoek Strategie
EU	Europese Unie
EZ	(Ministerie van) Economische Zaken
GFT	Groente, Fruit en Tuinafval
GGO	genetische gemodificeerde organismen
GM	genetische modificatie
H ₂	Waterstof
LCA	Life-Cycle Analyses
LNV	(Ministerie van) Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
MEP	Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie
MKB	Midden- en Klein Bedrijf
MNP	Milieu- en Natuurplanbureau
MVO	Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen
NEO	Nieuw Energie Onderzoek
NH ₃	ammoniak
NIZO	Nederlands Instituut voor Zuivel Onderzoek
NMP4	Vierde Nationaal Milieubeleidsplan
NVCI	Nederlandse Vereniging Chemische Industrie
PDO	1,3-propaandiol
PE	Poly-ethyleen
PGG	Platform Groene Grondstoffen
PHG	Platform Hernieuwbare Grondstoffen
PHA	Polyhydroxyalkanoate
PLA	Poly Lactic Acid
PP	Polypropyleen
R&D	Research and Development
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
TPS	Thermoplastische starch
TUD	Technische Universiteit Delft
UKR	Unieke Kansen Regeling
UL	Universiteit Leiden
UT	Universiteit Twente
UU	Universiteit Utrecht
VROM	(Ministerie van) Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
VenW	(Ministerie van) Verkeer en Waterstaat
WUR	Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Literatuur

Annevelink, E. E. de Jong, R. van Ree en R.W.R. Zwart (2006) First workshop on the possibilities of biorefinery concepts for the industry, Official minutes, ECN, WUR.

Bos, H. en M. van den Heuvel (2005). Technologische innovatie in de keten, groene grondstoffen in ontwikkeling. Wageningen, Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Brink, B. ten, R. Alkemade, M. Bakkenes, B. Eickhout, M. de Heer, T. Kram, T. Manders, M. van Oorschot, F. Smout, J. Clement, D. van Vuuren, H. Westhoek, L. Miles, I. Lysenko, L. Fish, C. Nellemann, H. van Meijl, A. Tabeau (2006) Cross-roads of Planet Earth's Life, exploring means to meet the 2010-biodiversity target. MNP report 555050001, Bilthoven.

COGEM (2004). Trendanalyse Biotechnologie 2004, Achtergrondstudies: ontwikkelingen in de biotechnologie & een internationale expertvisie op biotechnologie, COGEM/ Schuttelaar & Partners.

Commission of the European Communities (2005). 'Biomass action plan' SEC(2005) 1573.

Croezen, H.J. G.C. Bergsma, M.C.M. Koot (2006) Is er een vruchtbare toekomst voor groene grondstoffen in Nederland?: Een evaluatie ten behoeve van het transitie management, Publicatie nr 06.9218.43, Delft, CE.

Dornburg, V. I. Lewandowski en M. Patel (2004). Comparing the Land Requirements, Energy Savings, and Greenhouse Gas Emissions Reduction of Biobased Polymers and Bioenergy. An Analysis and System Extension of Life-Cycle Assessment Studies. Journal of Industrial Ecology, Special Issue on Biobased Products, Vol. 7, Issue 3-4, 2004, pp. 93–116.

DSM (2006). Industrial (White) Biotechnology. An Effective Route to Increase EU Innovation and Sustainable Growth.

DTO (1997). DTO Sleutel Chemie; zon en biomassa: bronnen van de Toekomst, Ten Hagen & Stam, Den Haag.

ECN-WUR (2006) Long term potential for biomass in the Dutch economy. Studie in opdracht van Platform Groene Grondstoffen. Resultaten gepresenteerd tijdens de 'First Dutch workshop on biorefinery for the industry' zie www.biorefinery.nl.

EEA (2006) How much bioenergy can Europe produce without harming the environment, European Environmental Agency, Kopenhagen, EEA report 7/2006

Ehrenberg, J. (2002). Current situation and future prospects of EU industry using renewable raw materials. Prepared by the working group 'renewable raw materials'. Brussel, EU.

Elbersen, H.W. (2004) De verschillende bio-energie opties als perspectief voor de landbouw, Presentatie bioenergy at Wageningen UR.

EuropaBio/ESAB (2005). Industrial of white biotechnology, a driver of sustainable growth in Europe.

Europese Commissie (2001). Naar een strategische visie op biowetenschappen en biotechnologie: consultatiedocument. Brussel.

EZ (1995) Derde Energienota. Tweede Kamer, vergaderjaar 1995–1996, 24525, nrs 1-2, SDU, Den Haag.

- EZ (2005) Nu voor later, energierapport 2005, juli 2005, Ministerie van Economische Zaken
- EZ (2003) Visie biomassa: De rol van biomassa in de Nederlands energievoorziening 2040, Opgesteld door de werkgroep Visie Biomassa. Augustus 2003 Ministerie van Economische Zaken.
- James, K. en T. Grant (2004) LCA of degradable Plastic Bags, Centre for design at RMIT University.
- Kasteren, van J. (2001). ExpertVisie, Moderne Biotechnologie, mogelijkheden en gevolgen, Stichting C3, Communicatie Centrum Chemie.
- Klein Goldewijk, K., J.G.J. Olivier, J.A.H.W. Peters, P.W.H.G. Coenen en H.H.J. Vreuls (2004) Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands, 1990-2002. National Inventory Report 2004, RIVM report 773201008, RIVM, Bilthoven
- Kroon, P. (2006) Allocatieomvang CAP, ECN rapportnr. ECN-C-06-030, ECN.
- Langeveld, H., A. Koops, J. Ketelaars, L. Marcelis, J. Hassink, G. Blom en P. van de Sanden (2005) Nieuwe Landbouw, inventarisatie van kansen, WUR-PRI Wageningen, Nota 220, april 2005.
- LNV (2005) Kiezen voor Landbouw, een visie op de toekomst van de Nederlandse agrarische sector. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- McKinsey & Company (2003). 'Industrial Biotech – New Value-Creation Opportunities'; R. Bachmann; Presentation at the Bio-Conference; New York; 2003.
- MNP-CBS (2006) MilieuCompendium, zie www.mnp.nl/mc , trefwoord 'mondiale voorraden energie'.
- Murphy, R. (2004). Biodegradable Polymers and Sustainability: insights from Life Cycle Assessment.
- OECD (2006) Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels. Working Party on Agricultural Policies and Markets, OECD report no. AGR/CA/APM(2005)24/FINAL.
- OECD-FAO (2006). OECD-FAO Agricultural Outlook 2006-2015. OECD, Parijs, Frankrijk.
- Ogletree, A. (2004). The Sustainability of the biobased production of Polylactic Acid.
- Patel, M., C. Bastioli, L. Marini, en E. Würdinger (2003) Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres. In: General aspects and special applications. Biopolymers, Vol. 10, edited by A. Steinbüchel, Weinheim, Wiley Duitsland.
- Patel, M., M. Crank en V. Dornburg (2004) Overview of results from LCA studies and insights into new research projects. Presented at ICS-UNIDO international conference: renewable resources and renewable energy: A global challenge, 10-12 juni, Triest, Italië.
- Rabou, L. P. L. M., E. P. Deurwaarder, et al. (2006). Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR.
- Rood, G.A., D. Nagelhout, J.P.M. Ros, H.C. Wilting (2006) Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad, MNP rapport 500083006, MNP, Bilthoven.
- Ros, J.P.M., G.J. van den Born, H.E. Elzenga, J. Montfoort, D. Nagelhout, M. Reudink en G.A. Rood (2006a) Transitieprocessen en de rol van het beleid, MNP rapport 500083008, MNP, Bilthoven.

Ros J.P.M., J.C.M. Farla, J.A. Montfoort, D. Nagelhout, M.A. Reudink, G.A. Rood en H. van Zeijts (2006b) Evaluatiemethodiek voor NMP-4 transitie, Rapport 500083001, MNP, Bilthoven.

Ros, J. en J. A. Montfoort (2006). Evaluatie van transitie: Systeemoptie vloeibare biobrandstoffen. Bilthoven, Milieu- en Natuur Planbureau. MNP rapport 500083004, MNP, Bilthoven.

Sanders, J., C. Boeriu en J. van Dam (2004) Milieu heeft chemie nodig. Chemisch weekblad, nr 5, 13 maart 2004, p16-18.

SenterNovem, NEO brainstormdag biotechnologie & energie.

SenterNovem (2004). Lange termijn EOS-onderzoeksprogramma's. Utrecht, SenterNovem.

VerLoren van Themaat, P., M. van Valkenhoef en T. de Vries (2004). Innovatieverkenningen: Witte Biotechnologie, December 2004, Ministerie van Economische Zaken.

VROM (2006) Toekomstagenda Milieu: schoon, slim, sterk, Ministerie van VROM.

VS (2002) Roadmap for Biomass Technologies in the United States, Biomass Research and Development Technical Advisory Committee (study on behalf of the US Department of Energy and US Department of Agriculture). December 2002.