



Technology Assessment

Naar de kern van de bio-economie:

De duurzame beloftes van biomassa in
perspectief

L. Asveld, Est, R. van & Stermerding, D. (red.)

Rathenau Instituut

dr. v. kennis
veranderend
interactief
debat
technology
te 32

Het **Rathenau Instituut** laat de invloed van wetenschap en technologie op ons dagelijks leven zien en brengt de dynamiek ervan in kaart; door onafhankelijk onderzoek en debat.

Naar de kern van de bio-economie: De duurzame beloftes van biomassa
in perspectief

© Rathenau Instituut, Den Haag, 2011

Rathenau Instituut
Anna van Saksenlaan 51

Postadres:
Postbus 95366
2509 CJ Den Haag

Telefoon: 070-342 15 42
Telefax: 070-363 34 88
E-mail: info@rathenau.nl
Website: www.rathenau.nl

Uitgever: Rathenau Instituut
Redactie: Gaston Dorren
Ontwerp en opmaak: Mary Ann Smit, Amsterdam
Ontwerp cover en illustraties: Moker, Amsterdam
Drukkerij: Drukkerij Groen, Hoofddorp

Dit boek is gedrukt op FSC gecertificeerd papier.

Eerste druk: februari 2011

ISBN: 978-90-77364-37-6

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald/ Preferred citation:
Asveld L., R. van Est & D. Stemerding (red.), Naar de kern van de bio-economie:
De duurzame beloftes van biomassa in perspectief. Den Haag, Rathenau
Instituut 2011

Verveelvoudigen en/of openbaarmaking van (delen van) dit werk voor creatieve, persoonlijke of educatieve doeleinden is toegestaan, mits kopieën niet gemaakt of gebruikt worden voor commerciële doeleinden en onder voorwaarde dat de kopieën de volledige bovenstaande referentie bevatten. In alle andere gevallen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Rathenau Instituut.

Naar de kern van de bio-economie: De duurzame beloftes van biomassa in perspectief

Redactie:

Lotte Asveld

Rinie van Est

Dirk Stemerding

Bestuur Rathenau Instituut

mw. prof. dr. C.D. Dijkstra (waarnemend voorzitter)

mw. dr. A. Esmeijer

prof. dr. H.W. Lintsen

mw. prof. dr. H. Maassen van den Brink

mw. prof. mr. J.E.J. Prins

prof. dr. A. Zuurmond

prof. dr. ir. W.E. Bijker

prof. dr. E.H.L. Aarts

mr. drs. J. Staman (secretaris)

Voorwoord

Plantaardig materiaal dient steeds vaker als vervanging voor fossiele grondstoffen zoals aardolie. Niet alleen voor energiedoelen, maar ook als grondstof voor materialen en medicijnen. Deze ontwikkeling zou een grote verschuiving kunnen aankondigen: de overgang naar een *bio-based economy* of *bio-economie*.

Er zijn hoge verwachtingen van de bio-economie. Niet alleen de Nederlandse overheid, maar ook de Amerikaanse, de Braziliaanse, de Chinese en de Maleisische overheid, evenals de OECD en de Europese Commissie zien veel heil in een bio-economie. De hardnekkige tegenstelling tussen economische belangen en duurzaamheid lijkt met het gebruik van biomassa eindelijk van tafel. Het gebruik van biomassa heeft de potentie om de totale CO₂-uitstoot te verminderen. De Rotterdamse haven zou een sleutelrol kunnen vervullen als distributie- en verwerkingscentrum voor klimaatvriendelijke biomassa.

De overgang naar een bio-economie is ingrijpend. Het gaat om veel meer dan het vervangen van fossiele grondstoffen en het introduceren van nieuwe technologieën. Het gaat om een maatschappelijk proces dat hier en daar zal wringen met de bestaande orde. Mondiale economische verhoudingen zullen veranderen. Er kunnen nieuwe afhankelijkheden ontstaan, zoals in eigen land tussen de chemische sector en de landbouw. Internationaal kunnen landen met veel landbouwpotentieel een stevigere machtsbasis krijgen ten opzichte van olieproducerende landen.

Deze studie gaat over de vraag hoe de overheid de overgang naar de bio-economie het beste kan begeleiden. Er speelt een aantal prangende maatschappelijke kwesties rond de bio-economie die aandacht behoeven. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van genetische gemodificeerde organismen, het ontstaan van nieuwe mondiale en nationale economische verhoudingen en aan de mogelijke negatieve effecten van de bio-economie zoals ontbossing.

Ons advies luidt: probeer de bio-economie niet aan de tekentafel uit te denken en ga er niet vanuit dat met nieuwe technologieën de problemen rond bestaande technologieën vanzelf wel zullen verdwijnen. De problemen met de eerste generatie biobrandstoffen werden ook pas duidelijk tijdens het gebruik ervan. Leer al doende welke toepassingen duurzaam, haalbaar en wenselijk zijn en welke niet. Negeer de afgeschreven toepassingen niet, maar kijk wat je kunt leren van hun mislukken. Ondersteun aanbieders van veelbelovende technologieën bij het verkrijgen van markttoegang, omdat de markt soms gedomineerd wordt door conservatieve krachten. Als aansprekende utopie heeft de bio-economie haar waarde al bewezen, alleen in het gebruik kan de bio-economie haar werkelijke potentieel laten zien.

Een deel van onze aanbevelingen zult u ook terug vinden in de Innovatie-agenda van de Interdepartementale werkgroep Bio-Based Economy. Dat berust niet op toeval. Het Rathenau Instituut heeft, met name wat betreft de maatschappelijke aspecten, input mogen leveren voor deze agenda.

Mr. drs. Jan Staman

directeur Rathenau Instituut

Inhoudsopgave

Voorwoord	7
Inhoudsopgave	9
1 Bio-based economy: een vruchtbare bodem voor beleidsdoelen	13
<i>Lotte Asveld, Rinie van Est, Dirk Stemerding</i>	
1.1 Visies op de bio-economie	14
1.1.1 Argumenten voor de bio-economie	15
1.1.2 Instrumenten	18
1.1.3 Beheersen van negatieve effecten	22
1.2 Leeswijzer	26
Referenties	27
2 Bio-economiebeleid: Inspirerend maar niet sturend	31
<i>Doenja Koppejan en Rinie van Est</i>	
2.1 Inleiding	31
2.2 Biomassabeleid voor elektriciteit en warmte	31
2.3 Biobrandstoffenbeleid	35
2.4 Bio-economie: Een integrerend beleidsconcept	39
2.5. Beleidslijn bio-economie is niet leidend	42
2.6. Conclusie	45
Referenties	46
3 Een vat vol controversen	51
<i>Doenja Koppejan en Lotte Asveld</i>	
3.1 Biomassa(productie)	52
3.1.1 Hoeveelheid beschikbare (duurzame) biomassa	52
3.1.2 Waarborgen van duurzaamheid	56
3.1.3 Rol ggo's	62
3.2. Bioraffinage	63
3.2.1 Vertrouwen in nieuwe generaties van technologie	63
3.2.2 Bioraffinage: waar?	66
3.3 Toepassing	67
3.4 Nieuwe reststromen: ketenefficiency	69
3.5 Innovatiestrategie	72
3.6 Natuurlijkheid	73
3.7 Conclusie	76
Referenties	78
4 Innovatie: op weg naar een bio-economie?	85
<i>Huib de Vriend en Dirk Stemerding</i>	
4.1 Bioraffinage	86
4.1.1 Mechanische scheiding en thermochemische conversietechnieken	87

4.1.2	Biochemische conversie	89
4.1.3	Farmaceutica en fijnchemicaliën	94
4.1.4	Biochemicaliën en biomaterialen	96
4.1.5	Energie	99
4.2	Coproductie en duurzaamheid als belangrijke uitdagingen	105
4.2.1	Coproductie: integratie in bestaande ketens en ontwikkeling van nieuwe ketens	105
4.2.2	Strategische keuzen en dilemma's	106
4.2.3	Duurzaamheidscriteria en genetische modificatie	107
4.3	Conclusie	109
	Referenties	110
5	Van arcadia naar utopia? Organische grondstoffen in Nederland in historisch perspectief 1800-2010	123
	<i>Frank Veraart, met medewerking van Giel van Hooff, Fred Lambert, Harry Lintsen en Hans Schippers</i>	
5.1	Inleiding	123
5.2	Arcadia? Nederland tot 1850	124
5.3	Transitie naar een geïndustrialiseerde samenleving	130
5.4	De fossiele economie	137
5.5	De industriële landbouw	144
5.6	De omstreden industrialisatie	147
5.7	Conclusie: van mythe naar uitdaging	154
	Referenties	159
6	Naar de kern van de bio-economie: beleidsaanbevelingen	167
	<i>Lotte Asveld, Rinie van Est en Dirk Stemerding</i>	
6.1	Meer sturende rol voor bio-based economy-beleid	168
6.1.1	Stel optimale waardebenutting van biomassa centraal	169
6.1.2	Optimale verwaarding behoeft beleidsafstemming	169
6.2	Werken aan een duurzame bio-economie	170
6.2.1	Brede uitdaging van duurzaamheid	171
6.2.2	Duurzaamheid leren operationaliseren	172
6.2.3	Certificering van biomassa als maatschappelijke trend	174
6.3	Geef de bio-economie een kans door al doende te leren	175
6.4	Tussen biologie en technologie	177
6.5	De tweeledige innovatie-uitdaging	180
6.6	Slotwoord: Naar een bio-economie met toekomst	180
	Referenties	184
	Over de auteurs	185
	Geïnterviewden	187
	Samenstelling adviescommissie	188

1



1 Bio-based economy: een vruchtbare bodem voor beleidsdoelen

Lotte Asveld, Rinie van Est, Dirk Stemerding

Staan we aan de vooravond van een omwenteling in ons economisch systeem? Volgens diverse visionaire wetenschappers en beleidsmakers wel. Die voorspellen de opkomst van een economie die gebaseerd is op biologische materialen, de zogenaamde *bio-based economy*. Op dit moment draait onze economie voornamelijk op aardolie. De vraag is echter hoe lang dat nog kan duren. Volgens sommigen zijn we zelfs al over de piek van de beschikbare olie heen (Hirsch, 2007). Ook levert het gebruik van fossiele brandstoffen zorgen op vanwege de uitstoot van CO₂, een gas dat ons klimaat verandert. Daarnaast is vanwege de sterke groei van onder meer China en India de vraag naar fossiele en andere grondstoffen enorm gestegen. Er is daarom op wereldschaal, Nederland niet uitgezonderd, een zoektocht gaande naar nieuwe bronnen van energie en materiaal. “Wat Duitsland is voor de ontwikkeling van zonne-energie en Denemarken voor de ontwikkeling van windenergie, moet Nederland worden voor de ontwikkeling van bio-based technieken”, zo schetste toenmalig minister Gerda Verburg van LNV de ambitie op dit gebied (Ebbers, 2010: 16).

In de visie die aan de bio-based economy ten grondslag ligt, is biomassa de centrale grondstof en fotosynthese het belangrijkste productiemechanisme. Daarbij valt te denken aan planten, hout en algen, maar ook aan slachtafval. Dergelijke grondstoffen worden in een proces van bioraffinage met behulp van bijvoorbeeld enzymen of bacteriën bewerkt tot suikers, vezels, eiwitten en synthetisch gas, waarna er producten als biobrandstoffen, biokunststoffen of medicijnen van gemaakt worden. Ze kunnen ook thermisch bewerkt worden om met behulp van warmte energie op te wekken.

De opkomst van de bio-based economy kan, zo wordt gehoopt, veel problemen van de huidige economie oplossen en tegelijkertijd nieuwe economische mogelijkheden scheppen. De Nederlandse overheid is niet de enige die daar zo over denkt. Zo zien ook de Amerikaanse en de Braziliaanse overheid veel kansen in het gebruik van biomassa.

Nederland lijkt uitermate geschikt om een centrale rol te spelen in een mondiale bio-based economy (LNV, 2007). Met Rotterdam hebben we een veelgebruikte aanvoerhaven met raffinagefaciliteiten die grote hoeveelheden biomassa kunnen verwerken. Naast een goed ontwikkelde chemische industrie beschikken we tevens over een rijke landbouwtraditie. Alle elementen voor een geslaagde bio-based economy zijn dus aanwezig.

Een dergelijke economische transitie is veelomvattend. De bio-based economy is voorlopig nog een wensbeeld. De praktische uitwerking ervan staat nog in de kinderschoenen. Het reorganiseren van een economie op basis van aardolie naar een bio-based economy is een grote klus. Daarvoor zijn nieuwe productielijnen en nieuwe bondgenootschappen nodig, waar gevestigde belangen zich tegen kunnen verzetten. Het is bij zulke ingrijpende ontwikkelingen ook steeds de vraag of de oorspronkelijke doelstellingen - duurzaamheid, innovatie, geringere afhankelijkheid - wel gehaald zullen worden, en ten koste waarvan. Deze studie verkent de maatschappelijke kwesties die de mogelijke overgang naar een bio-based economy met zich meebrengt.

In deze inleiding schetsen we eerst het ideaalbeeld van een bio-based economy zoals dat door diverse (inter)nationale wetenschappers en beleidsmakers gezien wordt. Daarmee wordt duidelijk waar de verschillende betrokkenen op hopen, maar ook welke veranderingen er allemaal nodig zijn om dit droombeeld te verwezenlijken. We gebruiken in eerste instantie de term bio-based economy om de aansluiting met het Nederlandse beleidsconcept zichtbaar te maken. In de rest van het rapport zullen we de term bio-economie gebruiken. Deze term wordt internationaal veel gebruikt en verwijst in principe naar hetzelfde idee. Aan het einde van de inleiding beschrijven we hoe dit rapport is opgebouwd.

1.1 Visies op de bio-economie

De afgelopen paar jaar zijn in binnen- en buitenland tal van documenten verschenen die het wensbeeld beschrijven - en daarmee promoten - van een economie die draait op biologische materialen. We bevinden ons duidelijk in een fase van visievorming. Deze paragraaf biedt zicht op de invulling die diverse actoren uit het beleidsveld, de wetenschap en het bedrijfsleven geven aan het concept van de bio-economie. We beschrijven ten eerste waarom de bio-economy als wensbeeld naar voren wordt geschoven en welke maatschappelijke problemen deze mogelijk zal oplossen. Ten tweede beschrijven we welke technische middelen voorzien worden om de overgang naar een bio-economie te verwezenlijken. Ten slotte blijkt er binnen de diverse visies ook aandacht te zijn voor de beheersing van mogelijke negatieve effecten die samen kunnen hangen met een dergelijke grootschalige economische structuurverandering.

Onze beschrijving van het concept van de bio-economie is gebaseerd op zes toonaangevende documenten van veelal belangwekkende nationale en internationale organisaties. Binnen Nederland gaat het om de *Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie*, opgesteld door het toenmalige ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV 2007) en het *Groenboek Energietransitie* van het Platform Groene Grondstoffen (2007), waarin actoren van zowel de overheid, de wetenschap als het bedrijfsleven samenkomen. Buiten Nederland gaat het om de documenten *En route to the knowledge-based bio-economy*, gepubliceerd door de Europese Commissie (2007); het beleidsplan *Biomass multi-year program plan* van het Amerikaanse

Department of Energy (DOE, 2010) en *The bioeconomy to 2030* van de OESO (OECD, 2009). Het zogeheten 'Cologne Paper' (Keulen-document) van de Europese Commissie uit 2007 weerspiegelt niet noodzakelijkerwijs de opvattingen van de Commissie, maar verwoordt de visie van een internationale groep wetenschappers, die als inspiratiebron geldt voor Europees beleid. Ten slotte hebben we gebruik gemaakt van de particuliere visie van de wetenschapper Robert H. Carlson (2010) zoals hij deze heeft neergelegd in zijn boek *Biology is technology: The promise, peril, and new business of engineering life*.

1.1.1 Argumenten voor de bio-economie

De eerste vraag die zich opdringt bij een visie is: waarom? Waarom streven zoveel partijen naar het gebruik van biomassa als grondstof? Wat zijn de problemen die door de bio-economie opgelost zouden kunnen worden? Uit de verschillende documenten komen steeds weer de volgende vijf argumenten naar voren om de overgang naar een bio-economie te stimuleren: duurzaamheid, klimaatverandering, energiezekerheid, zelfvoorziening en economische kansen. Een aantal actoren nemen in hun visie op de bio-economie ook ontwikkelingen op het gebied van gezondheid mee, met name de OESO, de auteurs van het Cologne-paper en Carlson. Aangezien de gezondheidszorg een eigen dynamiek heeft waar het Rathenau Instituut in andere publicaties aandacht aan besteedt¹, laten wij de ontwikkelingen op dit gebied hier buiten beschouwing.

Duurzaamheid

Als belangrijke gedeelde doelstelling in de visies op de bio-based economy springt duurzame ontwikkeling naar voren. Zoals de OESO (economische organisatie met voornamelijk westerse landen als leden) het verwoordt: "The emerging bioeconomy is likely to be global and guided by principles of sustainable development and environmental sustainability." (OECD, 2009: 22) Ook de auteurs van het Cologne-paper zien veel kansen voor een duurzame samenleving op plantaardige basis:

"The growing demand for a sustainable supply of food, raw materials and fuels is the major driving force behind the KBBE (Knowledge Based Bio-Economy, red.). A giant leap in agricultural production and yields - at least by a factor 2-3 - will be needed within the next two decades. This must be achieved in an ecologically sustainable way, e.g. by avoiding large losses." (Europese Commissie, 2010: 6)

"The expected rapid development in plant biosciences will greatly facilitate the transition to a renewable, resource-oriented economy in the areas of energy, chemicals and materials - especially when combined with microbial biotechnology." (Europese Commissie, 2010: 11)

1 O.a. 'Medische technologie: ook geschikt voor thuisgebruik' (2009) en 'Nader gebruik nader onderzocht. Zeggenschap over lichaamsmateriaal' (2009).

De Nederlandse overheid stelt duurzaamheid ook centraal en besteedt hierbij aandacht aan de drie bekende aspecten *people*, *planet* en *profit*. Bij *people* gaat het daarbij onder meer om behoud van de huidige welvaart (sgroei), *planet* verwijst voornamelijk naar het bestrijden van klimaatverandering en *profit* naar de economische kansen voor Nederlandse ondernemers (LNV, 2007: 15).

Klimaatverandering

Klimaatverandering wordt als de belangrijkste bedreiging van een duurzame samenleving gezien. "On a global scale, climate change is regarded as one of the most challenging issues to be addressed right now." (Europese Commissie, 2007: 4) Het Platform Groene Grondstoffen dat door de Nederlandse overheid is ingesteld om in samenwerking met vergelijkbare platforms de energietransitie te stimuleren, noemt klimaatverandering als eerste reden om biomassa te gebruiken:

"Groene grondstoffen kunnen een reële en zeer belangrijke bijdrage leveren aan het oplossen van de energieproblemen van onze wereld. De duurzame toepassingen van biomassa zijn groot: hun gebruik draagt niet bij aan de mondiale uitstoot van CO₂, want wat vandaag wordt uitgestoten wordt morgen weer opgeslagen in nieuwe biomassa (afgezien van energie-input bij geteelde biomassa)." (Platform Groene Grondstoffen, 2007: 9)

Energiezekerheid

Een andere doelstelling die veel genoemd wordt is energiezekerheid. De Amerikaanse overheid is daar het meest expliciet in. Het doel is met name om auto's bij slinkende olievoorraden toch op de weg te houden.

"Biomass is the single renewable resource that has the potential to supplant our use of liquid transportation fuels now and help create a more stable energy future. Using our indigenous biomass resources, we can potentially fuel our cars and provide new economic opportunities across the nation." (DOE, 2010: i)

Bij gebruik van biobrandstoffen kan de bestaande infrastructuur voor auto's gehandhaafd blijven. Biobrandstoffen zijn daarom aantrekkelijker dan waterstof en elektrische aandrijving, die allebei veel meer aanpassingen vereisen.

Zelfvoorziening

Alhoewel biobrandstoffen dus een manier bieden om de overgang naar een duurzame wereld in te zetten met behoud van bestaande systemen, kunnen ze óók juist leiden tot nieuwe economische structuren. Zo kan de productie van biobrandstoffen gedecentraliseerd worden als bijvoorbeeld afval de belangrijkste grondstof wordt.

"Conversion of municipal waste to liquid biofuels would provide a valuable and important commodity in areas of dense human population, exactly

where it is needed most. Thus microbial production of biofuels could very well be the first recognizable implementation of distributed biological manufacturing. Someday soon, there is a very real possibility of fueling up your car with biofuels produced within your own neighborhood.” (Carlson, 2010: 170)

Een dergelijke gedecentraliseerde brandstoffenproductie is de ultieme vorm van onafhankelijkheid van andere landen. We kunnen dus niet alleen gewoon in onze auto blijven rijden, maar we kunnen onze brandstof ook nog zelf produceren. Daarmee zijn we eindelijk verlost van de knellende banden met politiek problematische regimes in olieproducerende landen. En dat alles ook nog op een schone manier!

Economische kansen

In één adem met energiezekerheid worden vaak economische kansen voor het eigen land genoemd. De verschuiving naar lokale productie kan de nationale economie stimuleren. Dit is in ieder geval een belangrijk element in de Amerikaanse visie op de bio-economie, aangezien de VS over een aanzienlijk eigen landbouwareaal beschikken.

Ook de Nederlandse overheid, hoewel sterk internationaal gericht, ziet veel economische kansen voor het eigen land. Nederland beschikt slechts over weinig landbouwgrond en zal voor een bio-economie grotendeels afhankelijk zijn van biomassa-import. Nederland beschikt wel over andere, zelfs unieke, faciliteiten behorend bij een bio-economie. Daarom voorziet de overheid toch een belangrijke rol voor Nederland als spil in een internationale bio-economie.

“Zowel de overheid als het bedrijfsleven zelf zien bij de ontwikkeling naar een *bio-based economy* grote kansen voor het Nederlands bedrijfsleven en de regio's waar deze gevestigd zijn. Deze kansen komen voort uit de bestaande structuur van de Nederlandse economie, waarin precies die actoren actief zijn, die een sleutelrol spelen in deze ontwikkelingen: de landbouw en agro-industrie, die voor de grondstoffen zorgen, en ook nu al verschillende bioraffinagetechnieken toepassen, de chemische industrie voor de verwerking tot tussen- en eindproducten, de logistiek die zorgt voor de verbindingen, en de energieproductie die een stuwende rol heeft in het geheel. Geen ander land in de Europese Unie kent een dergelijke concentratie van deze bedrijvigheden.” (LNV, 2007: 15)

Het internationale karakter van de Nederlandse bio-economie houdt in dat er ook effecten zullen zijn op andere landen. In de Nederlandse visie zijn er met name voor ontwikkelingslanden veel economische kansen weggelegd in de biomassaproductie. Ook de OESO (OECD, 2010: 193) voorziet een centrale rol voor ontwikkelingslanden die op de wereldmarkt een steeds groter deel van energie en materialen zullen leveren.

1.1.2 Instrumenten

Met welke middelen wordt beoogd de bio-economie te verwezenlijken? Hieronder beschrijven we vijf centrale middelen die door de verschillende visievormende partijen als cruciaal worden gezien, te weten: bioraffinage, sluiting van ketens, ontsluiting van nieuw potentieel, genetische modificatie en een open innovatieve markt.

Bioraffinage

In een bio-economie doorlopen alle vormen van biomassa in principe een raffinageproces. Bioraffinage is vergelijkbaar met de conventionele raffinage waarbij aardolie verwerkt wordt tot een breed scala aan producten, zoals diverse brandstoffen van diesel tot kerosine, maar ook grondstoffen voor chemicaliën en plastics. Bij bioraffinage is de grondstof niet aardolie, maar biomassa. De beoogde grondstoffen zijn velerlei. Sommige daarvan maken ook nu al deel uit van de economie, zoals voedselproducten. Andere bestaan al wel, maar hebben nog weinig economische waarde, zoals afvalstromen. Nog weer andere bestaan alleen op dit moment enkel als concept, zoals producten van synthetisch gecreëerde bacteriën. De manieren om deze grondstoffen te produceren en te bewerken lopen, analoog hieraan, uiteen van veelvuldig toegepaste processen als verbranding en vergassing tot technologisch meer hoogstaande bewerkingen als industriële biotechnologie en het gebruik van synthetische biologie.

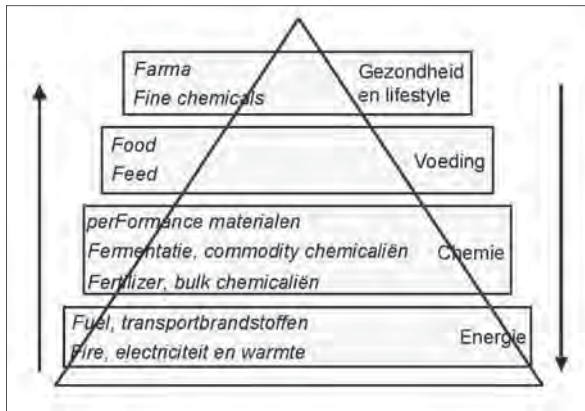
“Biorefineries of the future will be able to extract novel, value-added compounds, like fine chemicals, and convert the remaining biomass into energy or building blocks for chemical synthesis, leaving only small amounts of waste whose inorganic components could be recycled for use as fertilizer. Process technologies required for a zero-waste biorefinery will be available by 2020, at least at the level of semi-commercial demonstration plants.”
(Europese Commissie, 2007: 6)

Voor de Nederlandse overheid verbeeldt het concept van cascadering de essentie van wat bioraffinage zou moeten bewerkstelligen. Cascadering houdt in dat uit biomassa eerst de meest hoogwaardige producten worden gewonnen en dan pas wat meer laagwaardige producten, om de resten ten slotte in te zetten voor energieopwekking.

In aansluiting bij de visie verwoord in het Cologne-paper gaat het er dus om alle delen van planten om te zetten in een zo hoogwaardig mogelijke toepassing. Ieder deel van de plant kan gebruikt worden: het is een proces waarbij geen afval vrijkomt.

De Amerikaanse overheid daarentegen onderstreept niet dat eerst hoogwaardige producten uit biomassa gehaald moeten worden. Haar biomassa-programma is geboren uit de behoefte aan hernieuwbare transportbrandstoffen en die doelstelling wordt dan ook vaak als eerste genoemd. Desalniettemin ziet ook de Amerikaanse overheid dat bioraffinage alleen rendabel kan zijn als er een variëteit aan producten tegelijkertijd gemaakt wordt.

Figuur 1.1: 'Waardepiramide'



Bron: LNV, 2007:19

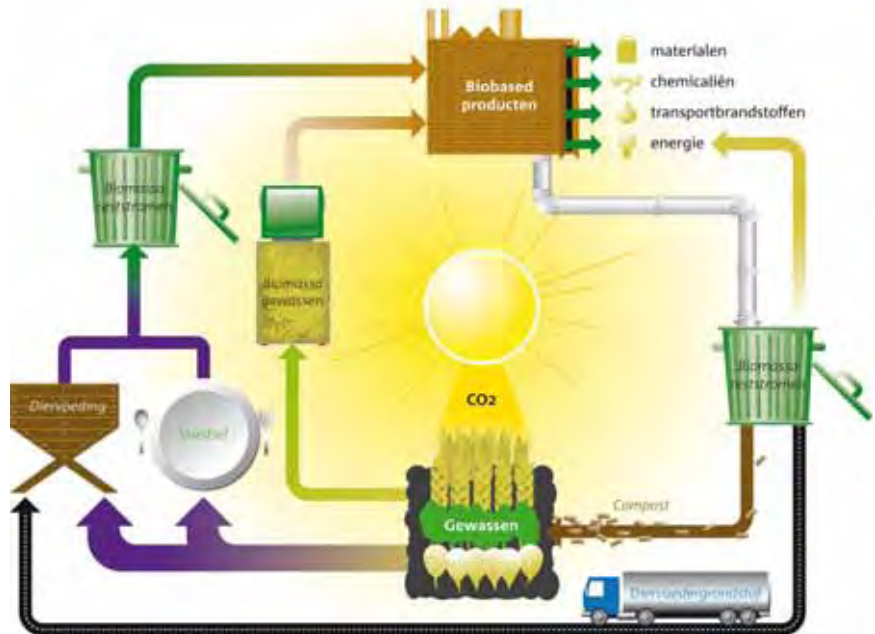
"Most bio-derived products are now produced in facilities dedicated to a single primary product, e.g. ethanol, biodiesel, plastics, paper, power (corn wet mills are an exception). (...) Ultimately the industry is expected to move toward large integrated biorefineries cost-effectively producing biofuels, high-value bioproducts and potentially cogenerating heat and/or power for onsite use." (DOE, 2010: 1-6)

Sluiten van de ketens

Voor de Nederlandse overheid is efficiëntie het bio-economische sleutelwoord. Daarbij hoort het ontsluiten van afvalstromen als mogelijke bron van bruikbaar materiaal. Aanzienlijke uitbreiding van het binnenlandse landbouwareaal is niet realistisch, maar de agro-industrie produceert nu wel veel bijproducten die beter benut kunnen worden. De uitbreiding van het biomassapotentieel wordt dus vooral daar gezocht:

"...een efficiëncyslag in de voedselketen kan een grote bijdrage leveren aan de toenemende vraag naar biomassa. Hierbij gaat het dan vooral om het gebruik van minder energie, het benutten van rest- en afvalstromen en met meer grondstoffen hetzelfde doen." (LNV, 2007) Deze visie is verbeeld in het volgende plaatje.

Figuur 1.2



Bron: LNV, 2007

De zon staat centraal als leverancier van energie en met handig logistiek denkwerk hoeft geen celletje biomassa verloren te gaan: de ketens zijn gesloten. Op deze manier kunnen materiaalstromen die nu nog niet of slechts marginaal onderdeel vormen van het economisch verkeer, nieuwe economische groeimogelijkheden bieden.

Ontsluiten van nieuw potentieel

Het idee is dus dat allerlei materiaal door middel van bioraffinage te verwerken is tot bruikbare (half)producten. Dat kan ook materiaal zijn dat we nu nog als afval beschouwen.

Als afvalstromen inderdaad efficiënt benut gaan worden, biedt dat een uitweg uit een belangrijk knelpunt waar de bio-economie nu nog mee kampt. Biobrandstoffen zijn op dit moment de belangrijkste bio-economische toepassing, naast het aloude verbranden van biomassa als warmtebron. Biobrandstoffen worden nu nog vaak geproduceerd uit voedselgewassen zoals mais, suikerriet en palmolie, de zogenaamde eerste generatie biobrandstoffen. Hiermee zijn echter nogal wat problemen. Deze generatie biobrandstoffen concurreert namelijk met voedsel, terwijl de vraag daarnaar de komende tijd alleen maar toe zal nemen. De meeste actoren zien deze manier van produceren dan ook als tijdelijk en verwachten vooral veel van toekomstige toepassingen die voornamelijk niet-eetbare biomassa als grondstof hebben.

Een geschikte vorm zou lignocellulose kunnen zijn, die zich vooral in de houtachtige delen van planten bevindt. De technologie die nodig is om lignocellulose te ontsluiten, lijkt nu binnen handbereik lijkt te liggen.

“It is anticipated that by 2020 or earlier the conversion of ligno-cellulosic biomass (straw, wood, etc) by enzymatic hydrolysis will have become standard technology and will open up access to large feedstock supplies, thus avoiding direct competition with food production.” (Europese Commissie, 2007: 8)

Ook de Amerikaanse overheid zet in op lignocellulose, omdat de benodigde technologie tamelijk ver ontwikkeld is en omdat er al een markt bestaat voor ethanol, dat uit lignocellulose gemaakt kan worden (DOE, 2010: 1-5)

Behalve het benutten van bestaande biomassastromen zoals voedsel en restproducten, wordt er ook gezocht naar nieuwe bronnen. Carlson (2010: 165-6) noemt als mogelijke bronnen onder meer olifantsgras en vingergras (*switchgrass*). Een ander relatief bekend voorbeeld is jatrofa (*Jatropha curcas* of purgeernoot), een plant met oliehoudende zaden waarvan de olie direct in een motor gebruikt kan worden. Omdat de plant gemakkelijk groeit op arme gronden, concurreert hij niet met voedsel. Ook algen gooien hoge ogen als potentiële biomassa. Het Platform Groene Grondstoffen (2007: 60) verwacht dat in 2030 20.000 hectare zal worden benut voor de teelt van algen.

Genetische modificatie

In het proces van zoeken naar de beste vormen van biomassa wordt veel verwacht van genetische modificatie. Ten eerste kan biomassa hiermee aangepast worden aan specifieke wensen.

“By 2030 energy crops that store more energy (in terms of GJ/ha) and can be used in their entirety will have become available from advanced breeding technologies, including genetic engineering. Varieties of energy crop plants adapted to different local conditions should achieve an additional increase of biomass. Plants considered as weeds in some regions could be cultivated and improved to deliver annual biomass yields above 30 odt/ha [odt: oven-dried tonne, red.]. The increased efficiency of nutrient uptake should reduce the use of fertilisers which partly have to be imported from outside Europe and are generally expensive and energy-consuming to produce and transport.” (Europese Commissie, 2007: 7)

Ook in het bewerken van biomassa tot bruikbare producten opent genetische modificatie nieuwe deuren, om maar niet te spreken van de mogelijkheden die synthetische biologie biedt.

“The fermentation of sugar to produce ethanol and butanol will be short-term solutions. The strategy of improving the biofuels production pathways in existing organisms will rapidly be supplanted by new organisms, modified via metabolic engineering and synthetic biology, that directly convert feedstocks into transportation fuels similar to gasoline. The application of these technologies is already well past academic exploration and into commercialization.” (Carlson, 2010: 168)

Er lijken dus nog veel ongekende mogelijkheden in het verschiet te liggen voor de bio-economie. Hoewel de eerste stappen gezet worden op basis van bestaande vormen van biomassa, zijn er al veel ogen gericht op nog te ontwikkelen opvolgers hiervan, zoals nieuwe gemodificeerde vormen van algen. Een ander voorbeeld zijn biozonnecellen, waarbij het proces van fotosynthese in planten en cellen versterkt wordt om direct vloeibare energiedragers te produceren. Er wordt kortom een ontwikkeling voorzien waarin niet langer de huidige (voedsel)gewassen worden gebruikt, maar gewassen die genetisch speciaal zijn aangepast aan de behoeften van de bio-economie.

Open innovatieve markt

Om de bio-economie te laten slagen noemen alle partijen de noodzaak om een competitieve markt te stimuleren waarop innovatie alle ruimte krijgt. Zowel de Nederlandse als de Amerikaanse overheid zien daarbij voor zichzelf een voortrekkersrol door als *launching customer* op te treden: met haar inkoopbeleid wil ze de markt voor producten op biologische basis stimuleren. Daarnaast zijn er subsidieregelingen om nieuwe technologieën te ondersteunen. Zowel Carlson als de auteurs van het Cologne-paper roepen op om regelgeving minimaal te houden en zoveel mogelijk internationaal te harmoniseren. De auteurs van het Cologne-paper bepleiten daarnaast een aantrekkelijk Europees investeringsklimaat met lage belastingen voor biotechnologiebedrijven. Zowel Carlson als de OESO roepen op om de toegang tot kennis te vergemakkelijken, zodat octrooien geen belemmering vormen voor het uitwisselen van informatie.

1.1.3 Beheersen van negatieve effecten

Zoals met veel technologische ontwikkelingen zijn negatieve effecten niet uitgesloten. De bio-economie kan voor sommige betrokkenen onwenselijke sociale gevolgen hebben. Diverse actoren hebben daar ook oog voor, evenals voor instrumenten om effecten binnen de perken te houden.

Voedsel en biodiversiteit

Eerder in deze tekst werd al de spanning tussen voedsel en brandstof aangestipt. Biomassa die voor energie of materiaal wordt ingezet, kan niet meer gegeten worden. Bovendien kan de biodiversiteit lijden onder dit gebruik van biomassa. De productie van biomassa vergt land, dat dan niet meer voor andere doeleinden gebruikt kan worden.

“...bij teelt van gewassen expliciet voor energie moet erop worden toegezien dat de biodiversiteit niet wordt aangetast en dat de voedselvoorziening niet in het gedrang komt.” (Platform Groene Grondstoffen, 2007: 13)

Met name voor ontwikkelingslanden hoeft de bio-economie in dit opzicht niet louter positief uit te pakken. De positie van ontwikkelingslanden is een expliciete zorg voor de Nederlandse overheid, die immers een internationaal perspectief kiest met ontwikkelingslanden in de rol van producent. “Uiteraard dient daarbij te worden gewaakt voor negatieve effecten op lokale omstandigheden, zoals de eigen voedselproductie en de betaalbaarheid van energiedragers.” (LNV, 2007: 15) Deze bezorgdheid over mogelijk negatieve effecten in andere landen ontbreekt in de Amerikaanse visie, die zich vooral op binnenlandse productie richt.

Internationale regulering

Er worden een aantal mogelijkheden naar voren geschoven om met deze mogelijke negatieve effecten om te gaan. De Nederlandse overheid zet bijvoorbeeld sterk in op certificering van biomassa. Ze vindt hierin bijval van de auteurs van het Cologne-paper. Een systeem van certificering kan de duurzaamheid van de biomassa waarborgen. Bedrijven weten dan ook waar ze aan moeten voldoen om zich maatschappelijk verantwoord te gedragen. Voorwaarde is wel dat een dergelijk systeem internationaal opgetuigd kan worden.

“Een goed functionerende internationale markt voor duurzame biomassa is daarom van groot belang voor de EU en Nederland in het bijzonder. Daartoe zal internationale samenwerking gezocht moeten worden in de daartoe meest geëigende internationale fora (o.a. EU, FAO, UNCTAD, OESO, ISO en UNEP) om te verzekeren dat de uitwerking van duurzaamheidscriteria kan rekenen op een breed draagvlak van belanghebbenden.” (LNV, 2007: 22)

In dit streven naar internationale raamwerken voor het reguleren en het stimuleren van de bio-economie vindt de Nederlandse overheid bijval van de OESO, al onderschrijft die niet expliciet het inzetten van duurzaamheidscriteria. De OESO richt zich in haar visie vooral op de inzet van biotechnologie, waarbij genetische modificatie een grote rol speelt. Ze voorziet veel mogelijkheden op dit gebied, maar noemt als voorwaarde dat de veiligheid internationaal gemonitord wordt. Dit temeer omdat ontwikkelingslanden waarschijnlijk een grote rol zullen spelen in de productie van biomassa. Deze landen beschikken vaak niet over de benodigde faciliteiten om veiligheid en duurzaamheid effectief te monitoren.

“International agreements to promote collaborative research, regulatory systems, and market incentives for the use of biotechnology will likely be essential to addressing many global problems. (...) Regulations should not be unduly burdensome, but they must also protect the public interest in safety and/or efficacy.” (OESO, 2009: 289)

De auteurs van het Cologne-paper maken zich vooral zorgen om de versnipperde Europese regelgeving.

“EU legislation needs to be fully and correctly transposed into national law. In addition, the implementation of EU legislation is not always harmonised across the member states, which leads to inconsistencies, such as diverging national requirements and guidelines. (...) Regulatory improvements should aim at simplified, transparent, science-based procedures, while at the same time maintaining a high level of safety.” (Europese Commissie, 2007: 16)

In de Amerikaanse overheidsvisie wordt niet gerept van internationale regelgeving. Wel wordt er gepleit voor meer onderzoek naar mogelijke negatieve effecten op het milieu en de voedselvoorziening dat kan leiden tot een consistente analyse van die effecten.

“A systematic evaluation of the impact of expanded biofuels production and use on the environment and food supply for humans and animals is lacking. Analytical tools to facilitate consistent evaluation of energy benefit and greenhouse gas emissions of all potential biofuels feedstocks and production processes are needed.” (DOE, 2010: 1-14)

In deze visie wordt ‘consistente analyse’ wel omarmd om inzicht te krijgen in negatieve effecten, maar niet vertaald in de noodzaak tot daadwerkelijke regelgeving. De Amerikaanse auteur Carlson uit zelfs grote twijfels bij regulering van biotechnologie.

“Those arguing for attempting to improve safety and security through regulation and restriction must demonstrate successful examples of such policies within market economies. Front-end regulation will hinder the development of a thriving industry driven and supported by entrepreneurs and thereby engender a world that is less safe.” (Carlson, 2010: 239)

Hoewel een aantal actoren succesvolle regelgeving alleen in een internationale context mogelijk achten, blijkt dat er juist internationaal nogal wat verschillen van inzicht zijn over het nut van regulering. Daarnaast zijn er ook in Nederland partijen die twijfelen aan het nut van een instrument als duurzaamheidscriteria, zoals verderop nog zal blijken.

Maatschappelijke acceptatie

Naast mogelijk negatieve effecten op mens, dier en milieu zijn er ook sociale aspecten die volgens verschillende actoren aandacht verdienen. Zo roepen de OESO en de auteurs van het Cologne-paper op tot een maatschappelijke dialoog met burgers en bedrijven om de overgang naar een bio-economie mogelijk te maken.

“Governments should create an active and sustained dialogue with society and industry on the socio-economic and ethical implications, benefits and requirements of biotechnologies.” (OESO, 2009: 292)

“...the following remedies still seem very relevant: intensify the dialogue with the public, address the problems, stick to the facts. The key persons are scientists, farmers, NGO experts, and opinion leaders who are essential to building trust. It should be accepted that in Europe there will always be two schools of thought about biotech: a more progressive one vs. a very cautious one. Too aggressive campaigns aimed at changing public opinion can be counterproductive.” (Europese Commissie, 2007: 13)

Opmerkelijk genoeg ontbreekt een dergelijk voornemen in de visie van de Nederlandse overheid terwijl toch juist hier beleid inzake gentechnologie vaak op maatschappelijk verzet is gestuit. Ook de Amerikaanse overheid zwijgt over een maatschappelijke dialoog. De maatschappelijke acceptatie van de bio-economie moet in de Amerikaanse visie voortvloeien uit kwaliteit, waarde en veiligheid van de producten (DOE, 2010: 1-14) In de visie van de Nederlandse overheid komt de term ‘maatschappelijke acceptatie’ helemaal niet voor. Mogelijk komt dit doordat het succes van de bio-economie vooral gezien wordt als afhankelijk van de acceptatie door industriële gebruikers, eerder dan van die door de eindgebruikers.

Bestaande structuren

Technologische ontwikkeling en verspreiding kunnen gehinderd worden door gebrek aan maatschappelijke acceptatie. Omgekeerd kunnen sociale verbanden ook hinder ondervinden van nieuwe technologieën.

“Biotechnological research is generating innovations that will disrupt current business models and economic structures. (...) Although a difficult challenge, policy makers will need to implement flexible policies that can adapt to and support socially and economically beneficial disruptive and radical biotechnologies.” (OESO, 2009: 290)

Als een samenleving waarin aardolie de belangrijkste grondstof is, overschakelt op plantaardige grondstoffen, zal dat waarschijnlijk veel veranderingen met zich meebrengen. De OESO is de enige actor die dit expliciet als aandachtspunt benoemt. De meeste andere actoren zien de benodigde maatschappelijke veranderingen vooral als hindernissen op weg naar een effectieve markt. Dit geldt met name voor de Amerikaanse overheid:

“Energy production from biomass on a large scale will require careful evaluation of U.S. agricultural resources and logistics, as these will likely require a series of major system changes that will take time to implement.” (DOE, 2010: 1-13)

De Amerikaanse overheid maakt zich daarnaast zorgen over het ontbreken van de juiste infrastructuur en van zekerheden voor eventuele investeerders. De Nederlandse overheid maakt zich ook enigszins zorgen over de bereidheid van de industrie om nieuwe wegen in te slaan.

“De industrie heeft veel niet-afgeschreven investeringen in productie en in kennis en is om kapitaalvernietiging te voorkomen niet genegen om in nieuwe kennis en technologie te investeren.” (LNV, 2007: 21)

Daadwerkelijke oplossingen voor deze problemen worden vooralsnog niet aangedragen. Het blijft bij signaleren.

1.2 Leeswijzer

De bovengenoemde visiedocumenten laten zien dat er veel wordt verwacht van de bio-economie. Tegelijkertijd vraagt de overgang daarnaartoe om veel politieke steun, technische en economische ontwikkelingen en sociale en organisatorische veranderingen. Tegelijk zijn de verschillende actoren die deze economische verandering als wenselijk beschouwen, niet blind voor mogelijke negatieve maatschappelijke gevolgen.

In dit rapport zullen we de maatschappelijke betekenis van de opkomst van een economie gebaseerd op biologische materialen als volgt verder verkennen.

Hoofdstuk 2 beschrijft de rol die het concept bio-based economy of bio-economie binnen de Nederlandse beleidscontext heeft. Zoals de genoemde documenten van LNV en Platform Groene Grondstoffen laten zien is het begrip van recente oorsprong. We gaan na wanneer en hoe dit concept opgepikt werd in Haagse kringen. Daarnaast laten we zien hoe het nieuwe concept interacteert met oudere politieke discussies en beleidslijnen, bijvoorbeeld rondom het gebruik van biobrandstoffen.

Hoofdstuk 3 biedt zicht op de maatschappelijke discussies die in Nederland worden gevoerd op het brede terrein dat het concept bio-economie behelst.

Hoofdstuk 4 neemt een technologisch perspectief in. Wat is de technologische stand van zaken en welke uitdagingen liggen er in het verschiet?

De bio-economie is niet louter een toekomstbeeld. Ook in negentiende eeuw kende Nederland een ‘volkshuishouding’ - zoals ‘economie’ toen heette - op biologische basis. Maar vergeleken met onze eigen tijd was dat een armzalige situatie, waar we niet naar terugverlangen. Het vijfde hoofdstuk biedt daarom een historisch perspectief: hoe heeft de overgang plaatsgevonden van die armoedige periode, met haar biologische grondslag, naar onze huidige, door fossiele brandstoffen aangedreven economie? Op deze wijze willen we beter zicht krijgen op de inspanningen waar onze samenleving voor komt te staan

als we naar een (nieuwe) bio-economie toe willen.

We sluiten deze studie af met een concluderend hoofdstuk. Daarin formuleren we een aantal aandachtspunten voor beleidsmakers.

Referenties

Carlson, R.H. (2010). *Biology is Technology. The Promise, Peril and New Business of Engineering Life*. Cambridge/Londen: Harvard University Press.

DOE. (2010). *Biomass Multi-Year Program Plan*. Washington: US Department of Energy.

Ebbers, R. (2010). 'Op naar een échte bio-industrie (interview met J.P.M. Sanders)'. In: Forum 12, pp. 13-16.

European Commission. (2007). *En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy*. Keulen: German Presidency of the Council of the European Union.

Hirsch, R.L. (2007). *Peaking of World Oil Production. Recent Forecasts*. Pittsburgh: National Energy Technology Laboratory & Department Of Energy.

LNV. (2007). *Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

OECD. (2009). *The Bioeconomy to 2030*. Parijs: Organisation for Economic Co-operation and Development.

PGG. (2007). *Groenboek EnergieTransitie*. Sittard: Platform Groene Grondstoffen.

2



2 Bio-economiebeleid: Inspirerend maar niet sturend

Doenja Koppejan en Rinie van Est

2.1 Inleiding

Biomassa heeft al decennialang de aandacht van beleidsmakers. In de jaren tachtig werd reeds onder de term 'agrificatie' gezocht naar nieuwe afzetmarkten voor landbouwproducten. Sinds de jaren negentig is er ook aandacht voor het gebruik van biomassa in de Nederlandse energievoorziening. Het beleid stimuleerde dat gebruik voor de opwekking van elektriciteit en warmte en als biobrandstof. Sinds 2007 is de noemer of de beleidslijn 'bio-based economy' ofwel bio-economie in opkomst. Zoals in de inleiding geschetst draagt de bio-economie grote beloftes op uiteenlopende velden in zich, zoals een welvarende economie, een gezonder milieu, energiezekerheid en kansen voor ontwikkelingslanden en plattelandsontwikkeling (zie o.a. Task Force on Bio-Based Products, 2007; LNV, 2008; Platform Groene Grondstoffen, 2009b).

Maar de ontwikkeling naar een bio-economie blijkt tevens een grote uitdaging. Al was het maar omdat dit relatief nieuwe beleidsconcept zeer breed is: het raakt aan vraagstukken rond klimaat, energie, handel, landbouw, voedselvoorziening, kennisontwikkeling, biodiversiteit en transport (LNV, 2007: 5). Het beslaat daarmee veel sectoren en beleidsterreinen en beoogt bovendien bestaand beleid rondom biomassa - gebruik voor elektriciteitopwekking en transport - te incorporeren. Dit hoofdstuk beschrijft op welke wijze de overheid met deze uitdaging omgaat.

Daartoe beschrijven we eerst de opkomst van het biomassabeleid voor elektriciteit en warmte en het biobrandstoffenbeleid. In paragraaf 2.4. gaan we specifiek in op de bio-economie beleidslijn die in 2007 expliciet op de beleidsagenda wordt geplaatst. Hier gaat het om het gebruik van biomassa voor energie (bijstook en bijmenging) maar ook voor chemische en andere toepassingen. Paragraaf 2.5. kijkt naar de interactie tussen de bovengenoemde drie beleidslijnen en in welke mate het nieuwe beleidsveld 'bio-economie' erin slaagt om de bestaande beleidsfragmenten te verbinden tot één nieuw, samenhangend verhaal. We eindigen met conclusies over de opgave waarvoor de overheid nu staat.

2.2 Biomassabeleid voor elektriciteit en warmte

In Nederland is het gebruik van biomassa voor elektriciteit en warmte de afgelopen jaren gestimuleerd. Het terugdringen van de uitstoot van kolen centrales vormde hiervoor een belangrijke reden, maar biomassa paste ook goed bij het bredere doel van een transitie naar een duurzame, zekere en

betaalbare energievoorziening. Deze paragraaf biedt een overzicht van enkele mijlpalen in het beleid (zie tabel 2.1.).

Tabel 2.1 Mijlpalen in het biomassabeleid voor elektriciteit en warmte

Jaar	Beleidsactie
1995	Derde Energienota: 5% duurzame energie in 2010 en 10% in 2020
1997	Ondertekening Kyoto-protocol
1999	Uitvoeringsnota Klimaatbeleid geeft bijstook een extra impuls
2000	Nota Duurzame energie in opmars: 4,4% duurzame energie in 2020 uit biomassa en afval
2001	EZ nota Lange termijn visie op de energievoorziening
2002	Invoering MEP-subsidies (MEP = Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie) Instelling Energietransitie Platforms
2006	MEP-regeling stopt
2007	Nota Schoon en Zuinig: Nieuwe energie voor het klimaat: 20% duurzaam in 2010 SDE (Stimulering Duurzame Energie) volgt MEP op Platform Groene Grondstoffen: Groenboek Energietransitie (doel: in 2030 30% fossiele grondstoffen vervangen door groene grondstoffen)
Eind 2008	Akkoord Europese richtlijn Duurzame Energie (RED): 20% duurzaam in 2020
2010	RED treedt in werking

Rathenau Instituut

Kolencentrales schoner door bijstook

Begin jaren negentig werd nog zeer weinig elektriciteit uit biomassastromen gehaald. Dit veranderde in de tweede helft van de jaren negentig, toen met name de bijstook van biomassa in kolencentrales snel toenam. Specifieke beleidsdoelstellingen van de toenmalige ministeries van Economische Zaken en VROM speelden hierbij een belangrijke rol. De *Derde Energienota* uit 1995 stelde het doel om in 2010 vijf procent en in 2020 tien procent van de Nederlandse energievoorziening uit duurzame bronnen te halen. Economische Zaken werkte deze doelstelling uit in de nota *Duurzame energie in opmars*, waarin biomassa en afval een belangrijke rol kregen: van het 10%-doel voor 2020 zou 4,4% uit deze twee stromen afkomstig moeten zijn (ECN, 2000: 2). Deze doelstelling is zeer bepalend geweest voor het opstarten van biomassa-projecten, met name voor bijstook in kolencentrales (De Jong et al., 2005: 151). Dit werd bovendien gestimuleerd vanuit het klimaatbeleid van VROM. De Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (deel 1, uit 1999) beschreef de door Nederland te nemen klimaatmaatregelen. Met name het terugbrengen van de uitstoot van kolencentrales was hierbij een belangrijk doel, waardoor in 1999 het onderzoek naar grootschalige bijstook een extra impuls kreeg (ECN, 2000: 2).

Subsidies

Subsidies vormden een belangrijk instrument om het gebruik van biomassa voor energie te stimuleren. Sinds 2002 gebeurde dit via de MEP (regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie). De MEP had specifiek tot doel om de

doelstellingen voor duurzame energie te behalen. De subsidie werd meerdere malen verlaagd omdat overstimulering dreigde. Zodra het ernaar uit zag dat de (tussentijdse) doelen behaald werden, werd de subsidie weer stopgezet (Energieverslag Nederland, 2010): de regeling ging aan haar eigen succes ten onder. Het subsidieregime heeft tot veel kritiek geleid vanuit milieuorganisaties en bedrijfsleven (zie kader 2.1.). De toepassing van biomassa verdubbelde ruimschoots tussen 1990 en 2002, maar onder meer door het veranderende subsidieregime daalde de biomassa-bijstook in 2003. In 2004 was er weer een sterke stijging (BTG, 2005: 10). De MEP werd in 2006 definitief stopgezet.

Kader 2.1 Kritiek op subsidiebeleid

Het subsidiebeleid is de afgelopen jaren veel bekritiseerd, vanwege de kortetermijnvisie en het gebrek aan continuïteit. Het gebrek aan continuïteit zou voortkomen uit het feit dat de politieke doelen voor duurzame energie niet wettelijk zijn vastgelegd (FD, 2009a). Zo heeft het grote energieconcern E.ON laten weten dat het in Nederland niet investeert in hernieuwbare energie, door 'te veel fluctuaties in het beleid en in subsidies' (Volkskrant, 2010a). Milieuorganisatie Natuur en Milieu verwijt de beleidsmakers gebrekkige aandacht voor doelen op de lange termijn, bijvoorbeeld het op gang brengen van innovatie of het rendabel helpen maken van een toepassing. "Bij bijstook kun je blijven bijstoken totdat je een ons weegt en dat blijven financieren. Maar zodra je die financiering stopt, stopt het bijstoken en is er niks gebeurd" (interview Natuur en Milieu 2009). Volgens Elbersen (WUR) leidde de kortetermijnfinanciering van bijstook er ook toe dat bedrijven niet investeerden in duurzamere toepassingen van biomassa: "Of die subsidie er het komende jaar nog zou zijn wist niemand. Dan is het het goedkoopst palmolie in de centrale te verbranden. Je bestelt een bootje met palmolie, volgende week is dat er. Is de subsidie weg, dan zeg je het bootje af" (Resource, 2009: 15). Daarnaast worden de subsidies voor bijstook beschouwd als 'weggegooid geld', omdat de kolencentrales binnen het emissiehandelssysteem toch al CO₂ moesten besparen (interview Natuur en Milieu, 2009). Dit geld had volgens de milieuorganisatie veel beter uitgegeven kunnen worden aan andere vormen van duurzame energie.

Klimaatdoelen

De afgelopen jaren hebben de steeds strengere klimaatdoelen het gebruik van biomassa nog verder verankerd. Op het stopzetten van de MEP volgde in 2007 de SDE (Stimulering Duurzame Energieproductie). Dit is een belangrijk instrument in het werkprogramma *Schoon en Zuinig, nieuwe energie voor het klimaat* uit 2007, waarin het kabinet zijn ambitie uitspreekt en aangeeft hoe Nederland in 2020 een aandeel van 20% hernieuwbare energie kan bereiken. Deze doelstelling komt overeen met die uit de Europese richtlijn hernieuwbare energie (op zijn

Engels afgekort als RED), die in juni 2009 werd vastgesteld en eind 2010 in werking is getreden.

Het klimaatbeleid heeft voor biomassa nog aan belang gewonnen nu er sterke twijfel bestaat of de klimaatdoelstellingen gehaald zullen worden. In 2009 verscheen een reeks rapporten die hier een kritisch licht op wierpen¹. Dit vergroot de behoefte aan een snelle oplossing. Biomassa wordt als zo'n snelle oplossing gezien. VROM kondigde eind 2009 dan ook aan aanvullende beleids-opties te onderzoeken als blijkt dat de doelstellingen uit *Schoon en Zuinig* niet gehaald worden. Een convenant of verplichting voor grootschalige biomassa bij- en meestook behoort tot de mogelijkheden (VROM, 2009). Eind 2010 kondigde minister Verhagen van het nieuwe ministerie voor Économische Zaken, Landbouw en Innovatie echter aan dat de subsidie voor de bijstook van biomassa weer stopgezet zal worden. Verhagen ziet bijstook wel als een aantrekkelijke optie om de energievoorziening te verduurzamen, maar hij vindt het tegelijkertijd te duur. De minister beraamt zich op andere opties om bijstook te stimuleren (Verhagen, 2010). Het bedrijfsleven riep al op tot een bijstookverplichting (Volkskrant, 2010b)

Groene grondstoffen in de energietransitie

Niet alleen vanwege de klimaatdoelen heeft de overheid duurzame energie gestimuleerd, maar ook om de voorzieningszekerheid te vergroten, de afhankelijkheid van olieleverende landen te verkleinen en uit kostenoverwegingen. Om die doelen te bereiken is een ware transitie nodig. EZ beschreef in de *Lange Termijn Visie op de Energievoorziening* (EZ, 2001) en in het *Energierapport 2002* hoe deze transitie vorm moest krijgen. Er was een nieuw 'contract' nodig tussen overheid en markt, dat moest ontstaan in een zoektocht naar een nieuwe vorm van beleid, met interactiviteit als leidraad (De Jong et al., 2005: 213). Het nieuwe project 'EnergieTransitie' moest deze uitdaging aangaan. EZ werkt hierin samen met VROM, LNV, Verkeer en Waterstaat, Financiën en Buitenlandse Zaken. (Door fusies is het aantal deelnemende ministeries sinds 2010 geslonken tot vier: Economische Zaken, Landbouw & Innovatie; Infrastructuur & Milieu, Financiën en Buitenlandse Zaken). Ook vertegenwoordigers van bedrijfsleven, wetenschap en maatschappelijke partijen nemen hieraan deel. De transitieaanpak was aanvankelijk gericht op de drie thema's gas, industriële efficiency en biomassa (EnergieTransitie, 2010). De hiervoor opgestelde transitiepaden zijn in 2004 opnieuw ingedeeld in zeven thema's. Deze hebben elk een eigen platform

1 Bijvoorbeeld: (1) *Verkenning Schoon en Zuinig* (ECN i.s.m. PBL, april 2009). Conclusie: de beoogde energiebesparing wordt niet gehaald. Convenanten met energie-intensieve sectoren moeten specifiek en ambitieuzer. Het aandeel duurzame energie komt in 2020 tot een maximum van 20%, maar daartoe moeten wel alle zeilen worden bijgezet. In geld uitgedrukt: een investering van ruim 18 miljard euro. (2) *Milieubalans 2009* (PBL, september 2009). Pessimistisch over de effecten van de recessie op de ontwikkeling van milieu-innovatie. (3) *Duurzame elektriciteitsmarkt?* (CE Delft, oktober 2009). Conclusie: overcapaciteit fossiele energiecentrales frustrert de ontwikkeling van duurzame energie.

dat innovatieve kansen moet creëren en knelpunten in beleid en regelgeving identificeren. De vier platforms die zich bezighouden met duurzame mobiliteit, nieuw gas, duurzame elektriciteitsvoorziening en groene grondstoffen, hebben oog voor de mogelijkheden van biomassa. Het Platform Groene Grondstoffen richt zich met name op de rol van biomassa in de energie- en chemische industrie. Volgens haar Groenboek EnergieTransitie uit 2007 is in 2030 30% van de fossiele grondstoffen te vervangen door groene grondstoffen.

2.3 Biobrandstoffenbeleid

De beleidslijn 'biomassa voor elektriciteit en warmte' kwam vanuit de Nederlandse beleidskoker. Het biobrandstoffenbeleid daarentegen is veeleer gestuurd vanuit het bedrijfsleven en het internationale speelveld. Op dit terrein maakte de Nederlandse overheid aanvankelijk weinig vaart. Met name de Europese biobrandstoffenrichtlijn uit 2003 zette druk op de ketel. Temeer omdat het Nederlandse bedrijfsleven biobrandstoffen als een belangrijke groeiemarkt zag waar andere landen duidelijk van profiteerden. Vanuit de maatschappij kwamen echter al snel veel ongeruste geluiden. De Nederlandse overheid heeft deze kritische geluiden serieus genomen. Hoewel VROM in dit dossier al langere tijd de leiding heeft, lijken zich geleidelijk meer ministeries met het onderwerp bezig te zijn gaan houden. Zo is Verkeer en Waterstaat (sinds eind 2010 met VROM gefuseerd) belast met de uitvoering van de doelstellingen in de transportsector. Ook LNV en EZ (eveneens gefuseerd) hebben hun rol op dit terrein gezocht, evenals Ontwikkelingssamenwerking (nu Buitenlandse Zaken). Dat biobrandstoffen een lastig bestuurlijk en politiek probleem is, is terug te zien in het beleidsproces. Deze paragraaf biedt een overzicht van enkele mijlpalen in dat proces (zie tabel 2.2).

Eerste prikkels, weinig resultaat

Als gevolg van de landbouwoverschotten ontstond in de jaren negentig in Nederland discussie over de functionaliteit van de agrosector. Onder de noemer 'agrificatie' werd gezocht naar nieuwe afzetmarkten (Bos, 2008). Agrificatie leidde echter, ondanks een aandringende EU, op dat moment nog niet tot een opkomst van biobrandstoffen. Wel werden biobrandstoffen steeds vaker genoemd als optie voor de langere termijn, wanneer een volgende generatie beschikbaar zou zijn (MNP, 2006: 31). De biomassadoelstellingen uit de Derde Energienota leidden, zoals gezegd, voornamelijk tot bijstook in kolencentrales. In de loop van de jaren negentig kwamen er steeds meer impulsen vanuit de EU om meer hernieuwbare energiebronnen te gebruiken, waar ook doelen voor biobrandstoffen aan verbonden werden. Dit had echter weinig consequenties voor de productie van biobrandstoffen, noch hier, noch elders (MNP, 2006: 37). In het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) uit 2001 nam het klimaat-probleem een belangrijke plaats in en werden biobrandstoffen naar voren geschoven als een belangrijke optie. Concrete doelstellingen bleven nochtans uit.

Tabel 2.2 Mijlpalen in het biobrandstoffenbeleid

Jaar	Beleidsactie
1995	Derde Energienota: 5% duurzame energie in 2010 en 10% in 2020
1997	Ondertekening Kyoto-protocol
2000	Europese Commissie begint te werken aan Biobrandstoffenrichtlijn
2001	NMP4 (Vierde Nationale Milieubeleidsplan) schuift biobrandstoffen als belangrijke duurzame optie naar voren
2003	Vaststelling Europese Biobrandstoffenrichtlijn (2003/30/EG): bijmengverplichting van 5,75% biobrandstoffen in 2010
2005	Europese Commissie geeft Nederland een reprimande vanwege trage implementatie Biobrandstoffenrichtlijn
2006	Projectgroep Duurzame productie van biomassa (zogenaamde commissie Cramer) krijgt opdracht duurzaamheidscriteria op te stellen
2007	Nota Schoon en Zuinig: Nieuwe energie voor het klimaat: 20% duurzaam in 2010 Eindrapport Commissie Cramer Besluit Biobrandstoffen: leveranciers van benzine en diesel moeten 2% biobrandstof bijmengen
2008	Aanpassing Nederlandse bijmengverplichting tot 4% in 2010
Eind 2008	Akkoord Europese richtlijn Duurzame Energie (RED): 10% van de transportbrandstoffen in 2020 te halen uit hernieuwbare bronnen (vervangt Europese Biobrandstoffenrichtlijn uit 2003) Europese Fuel Quality Directive (FQD)
2010	RED treedt in werking

Rathenau Instituut

Internationale ontwikkelingen

Kort na 2000 nam de belangstelling op internationaal niveau toe. Dit keer was niet agrificatie de drijfveer, maar vooral de onwenselijke afhankelijkheid van fossiele grondstoffen en het Kyoto-Protocol (ondertekend in 1997) (Wardenaar, 2008: 36). Vooral de Duitse en Franse overheden steunden de ontwikkeling van biobrandstoffen sterk, en de landbouwlobby in Nederland wilde graag op deze ontwikkelingen inspringen (MNP, 2006: 38). In deze jaren werkte de EU bovendien aan een biobrandstoffenrichtlijn (2003/30/EG), die heldere doelstellingen bevatte: in 2005 moest 2% van de energie-inhoud van fossiele brandstoffen uit biobrandstoffen bestaan, oplopend tot 5,75% in 2010. Er werd zelfs een perspectief geschetst van 20% in 2020 - een bevestiging van de grote economische potenties van de biobrandstoffenmarkt.

De Nederlandse overheid reageerde aanvankelijk niet erg voortvarend op de richtlijn. Het bedrijfsleven, dat bang was de boot te missen, voerde de druk echter steeds meer op. In een visiedocument (EZ, 2003) stonden wel ambitieuze langetermijndoelen voor biobrandstoffen in verkeer en vervoer, vergelijkbaar met die voor de elektriciteitsopwekking: in 2040 zou 30% van de energievoorziening uit biomassa afkomstig kunnen zijn. Maar tegenover deze grote woorden over de lange termijn stonden schamele acties voor de korte termijn, zodat de verplichtingen uit de biobrandstoffenrichtlijn buiten bereik bleven. In 2005 kreeg Nederland dan ook een waarschuwing van de Europese Commissie dat het niet op tijd was met de implementatie - samen met nog 19 andere

lidstaten overigens (Energieverslag Nederland, 2010; NRC, 2005). Nederland moest proberen om zo snel mogelijk alsnog de streefwaarde van 2% te behalen. Zowel de Tweede Kamer als de industrie vonden het biobrandstoffenbeleid van Nederland 'onvoldoende' en 'weinig ambitieus' (Energieverslag Nederland, 2010; Volkskrant, 2005).

Tussen doelen en discussies

Berichten over negatieve effecten temperden de ambities op het gebied van biobrandstoffen. Wat betekenden biobrandstoffen voor de landbouw elders in de wereld? Waren brandstoffen wel energie-efficiënt? Waren ze wel duurzaam? Verdrongen ze niet de voedselproductie? De complexiteit van het debat werd in deze periode steeds duidelijker. In 2006 constateerde het Milieu- en Natuurplanbureau dat "het Nederlandse beleid [heeft] gelaveerd in een krachtenveld, waarin het halen van Kyoto-doelstellingen (korte termijn), het meegaan met Europese ontwikkelingen en plannen van ondernemers, het rekening houden met mogelijke negatieve effecten en de resultaten van kosteneffectiviteitanalyses een rol speelden. Het beleid gericht op doelstellingen voor de lange termijn heeft daardoor helderheid en consistentie gemist" (MNP, 2006: 9). Uit bezorgdheid over de negatieve effecten werd in 2006 een nieuwe projectgroep *Duurzame productie van biomassa* (commissie-Cramer) belast met het opstellen van duurzaamheidscriteria (zie kader 2). Dit gebeurde in het kader van de Energie Transitie. Intussen gingen de internationale ontwikkelingen door. Een aantal grote bedrijven, zoals Virgin, kreeg veel aandacht in de media voor hun plannen met biobrandstoffen (NRC, 2006).

In 2007 kwamen verschillende gebeurtenissen bij elkaar. Het nieuwe kabinet-Balkenende IV legde in zijn regeerakkoord een grote nadruk op duurzaamheid, het klimaatprogramma *Schoon en Zuinig* werd opgesteld en de commissie-Cramer bood haar eindrapport aan. Het werkprogramma *Schoon en Zuinig: Nieuwe energie voor het klimaat* zette in op een terugdringing van broeikasgasemissies met 30% in 2020 (peiljaar 1990). *Schoon en Zuinig* noemde biomassa als een belangrijke optie voor hernieuwbare energie, met name voor toepassing in het verkeer (VROM, 2007). Net als zon, wind en waterkracht was biomassa hierbij een duurzaam alternatief voor fossiele grondstoffen. Het Besluit Biobrandstoffen 2007 verplichtte leveranciers van benzine en diesel op de Nederlandse markt om 2% van hun afzet in de vorm van biobrandstof te leveren ('bijmenging'). Eveneens in 2007 overhandigde de projectgroep *Duurzame Productie van Biomassa* haar bevindingen aan de ministers van Milieu en Ontwikkelingssamenwerking. Het rapport concludeerde dat biomassa onder bepaalde voorwaarden, de zogenaamde duurzaamheidscriteria (zie kader 2.2.) veel kansen kan opleveren. Desondanks heeft de negatieve berichtgeving over biobrandstoffen inmiddels de overhand gekregen (Sengers, 2009).

In 2008 besloot de regering de streefwaarden uit de biobrandstoffenrichtlijn bij te stellen. In 2010 moet in Nederland 4% van de brandstoffen voor het

wegtransport uit biobrandstoffen bestaan, in plaats van 5,75%. Belangrijkste reden voor deze bijstelling waren de zorgen over de energie-efficiëntie en duurzaamheid van de biobrandstoffen (VROM, 2008). Het is namelijk nog niet mogelijk herkomst en productieomstandigheden te achterhalen; een betrouwbaar certificeringssysteem ontbreekt nog grotendeels. Eind 2008 werd op Europees niveau besloten tot een pakket maatregelen ter bestrijding van klimaatverandering (Climate and Energy Package), met daarin een richtlijn voor hernieuwbare energie (de eerder genoemde RED of Renewable Energy Directive), en voor de kwaliteit van brandstoffen (de FQD of Fuel Quality Directive). De RED, in werking vanaf december 2010, vervangt de biobrandstoffenrichtlijn uit 2003 en verplicht elke lidstaat om in 2020 10% van zijn transportbrandstoffen te halen uit hernieuwbare bronnen, zoals biomassa, waterstof en (groene) stroom. De duurzaamheidscriteria die in deze richtlijn zijn opgenomen, zijn niet zo streng als de Cramer-criteria, maar wel een direct voortvloeisel van de Nederlandse inspanningen op dit punt.

Kader 2.2 Duurzaamheidscriteria in een notendop

Twee punten van zorg gaven de aanzet om duurzaamheidscriteria voor biomassa te ontwikkelen. Enerzijds werd betwijfeld of wel alle soorten biomassa daadwerkelijk de CO₂-uitstoot beperkten. Anderzijds dreigden biobrandstoffen de wereldwijde voedselvoorziening onder druk te zetten. Onder voorzitterschap van Jacqueline Cramer (toen nog geen minister) hebben daarom verschillende betrokken partijen de duurzaamheid van biomassa bestudeerd. De commissie presenteerde in 2007 een set van generieke duurzaamheidscriteria. De criteria zijn onderverdeeld in zes thema's: (1) broeikasgasbalans, (2) concurrentie met voedsel, lokale energievoorziening, medicijnen en bouwmaterialen, (3) biodiversiteit, (4) welvaart, (5) welzijn en (6) milieu. Deze 'Cramer-criteria' zijn in 2009 uitgewerkt in de Nederlandse norm NTA 8080 'Duurzaamheidscriteria voor biomassa ten behoeve van energiedoelinden', een vrijwillige certificatie waarmee een partij kan aantonen dat biomassa duurzaam geproduceerd is. Ook hebben deze criteria gediend als Nederlandse input in de Europese discussie over de nieuwe richtlijn hernieuwbare energie (RED). De oude richtlijn uit 2003 bevatte nog geen strikte criteria. De nieuwe stelt wel duurzaamheidseisen, hoewel een stuk minder uitgebreid dan de Cramer-criteria. Het belangrijkste criterium in de richtlijn is de verplichting dat de biobrandstoffen ten minste 35% CO₂-uitstoot besparen vergeleken met fossiele brandstoffen. Dit loopt op tot 50% in 2017 en 60% in 2018. Bovendien worden nu behalve biobrandstoffen ook hernieuwbare elektriciteit en waterstof tot hernieuwbare brandstof gerekend. Intussen wordt er op internationaal niveau doorgewerkt aan de ontwikkeling van wereldwijde duurzaamheidscriteria voor biobrandstoffen. Zo heeft de G8 het Global Bioenergy Partnership in het leven geroepen, waarin belangrijke politieke spelers vertegen-

woordigd zijn. Ook houden zowel de Europese (CEN) als de Internationale (ISO) standaardiseringsorganisaties zich met dit vraagstuk bezig. De criteria zijn vooralsnog alleen van toepassing op biobrandstoffen (de vloeibare biomassa). De Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (CDB), opvolger van de commissie-Cramer, adviseerde de duurzaamheidscriteria in de RED uit te breiden naar vaste biomassa voor energietoepassingen (elektriciteit, warmte of groen gas). De Europese Commissie heeft echter besloten dat dit niet wenselijk is. Europese Commissie heeft verder in eerste instantie besloten om de indirecte verdringingseffecten niet in de criteria op te nemen, omdat dit beter op internationaal niveau zou kunnen worden aangepakt (EurActiv, 2010). In het najaar van 2010 is de Europese Commissie echter wel een consultatieronde gestart om te onderzoeken of dit alsnog wenselijk zou zijn. In het volgende hoofdstuk gaan we dieper in op enkele vraagstukken rondom duurzaamheidscriteria en certificering.

2.4 Bio-economie: Een integrerend beleidsconcept

Rond 2005 werd op allerlei andere terreinen het gebruik van biomassa verder opgepakt. LNV wilde graag een belangrijke rol spelen in het biomassabeleid en besloot daartoe een overkoepelende visie te presenteren: de 'bio-based economy'. Interessant genoeg kende de wens tot een bredere inzet van groene grondstoffen een precedent in LNV's agrificatiebeleid van de jaren tachtig en negentig. Deze paragraaf biedt een overzicht van enkele mijlpalen in de totstandkoming van het bio-economiebeleid (zie tabel 2.3.).

Tabel 2.3 Mijlpalen in het bio-economiebeleid

Jaar	Beleidsactie
Jaren '80 en '90	Agrificatiebeleid van LNV
1997	Kyoto-protocol
2005	Energietransitie: Platform Groene Grondstoffen Brief aan de Kamer: aankondiging ontwikkeling overheidsvisie op het gebied van de bio-based economy (BBE)
2007	Nota Schoon en Zuinig: Nieuwe energie voor het klimaat: 20% duurzaam in 2010 Groenboek Energietransitie van Platform Groene Grondstoffen Overheidsvisie op de Bio-based Economy in het Kader van de Energietransitie EU Lead Market Initiative (LMI) ter promotie van biomaterialen
2009	Instelling Interdepartementaal Programma Bio-based Economy (BBE)

Aggrificatie, landbouwcrises en klimaatbeleid als opmaat

In de jaren tachtig vormden de overschotten in de landbouwsector de belangrijkste drijfveer om op zoek te gaan naar andere toepassingen van landbouwproducten. Door het beleid van garantieprijzen voor de boer kampte de EU met overschotten, die ze op nieuwe markten trachtte af te zetten. In de jaren

negentig werden de milieuvordelen van groene grondstoffen een steeds belangrijkere focus (Bos, 2008: 12). Hierdoor werden ook andere ministeries dan LNV actief op dit thema, onder meer resulterend in het hiervoor beschreven energiebeleid. Het agrificatiebeleid werd in deze periode nog vooral ingestoken vanuit landbouwdoelen. Aan het begin van de nieuwe eeuw bleek dat er maar weinig producten gemaakt van groene grondstoffen op de markt waren gekomen. De overheid beschouwde het agrificatiebeleid daarom als een mislukking (Bos, 2008: 14). De industrie was minder negatief, en verwachtte dat de ontwikkelingen nog op korte termijn tot goede toepassingen konden leiden.

Hoewel het (internationale) agrificatiebeleid niet tot een grote toename van nieuwe producten had geleid, legde het wel de basis voor verdere ontwikkelingen op het gebied dat nu bio-economie heet. De zoektocht naar nieuwe manieren om gebruik te maken van groene grondstoffen kreeg aan het begin van deze eeuw een aantal nieuwe impulsen. Als gevolg van diverse landbouwcrises, zoals BSE ('gekkedoeienziekte'), dioxinevervuiling en varkenspest, werd het gebruik van sommige restproducten in veevoer verboden. Dit was een belangrijke aanleiding om *non-food*-toepassingen te ontwikkelen uit bijproducten. Rond diezelfde tijd stimuleerden ook de internationale klimaatafspraken de wens om groene grondstoffen breder in te zetten. Het opstellen van het biobrandstoffenbeleid is daar een voorbeeld van en leidde tot innovatieve toepassingen van groene grondstoffen in sectoren buiten de landbouw (Bos, 2008: 15). Andere belangrijke drijfveren om over het brede concept van de bio-economie na te denken waren: (1) geopolitieke overwegingen, met name in de VS, die met behulp van biomassa minder afhankelijk wilden worden van andere landen; (2) de opkomst van industriële biotechnologie, waarbij uit groene grondstoffen chemicaliën kunnen worden geproduceerd; (3) de EU-ambitie om innovatieve technologieën te stimuleren; en (4) de toename van de olieprijs sinds 2004 (Bos, 2008: 15-17).

In de eerste helft van het afgelopen decennium trokken de ministeries van EZ en VROM het beleid voor groene grondstoffen, als onderdeel van de Energietransitie. LNV was niet direct betrokken. Dat had te maken met het feit dat LNV 'een beetje een trauma' overgehouden had aan het agrificatieavontuur (interview LNV, 2009). Eind 2004 raakte het ministerie toch weer geïnteresseerd, na signalen vanuit de Landbouwuniversiteit Wageningen dat de bio-economie een zeer belangrijk onderwerp zou kunnen worden (interview LNV, 2009). In 2005 maakte toenmalig landbouwminister Veerman dat duidelijk: "Ik ben normaliter niet zo geneigd tot dramatische uitspraken, maar in dit geval wil ik toch wel spreken over het voortbestaan van de planeet" (LNV, 2005).

Beleidsconcept bio-based economy breekt door in 2007

LNV pakte het onderwerp dan ook serieus op. In een brief aan de Kamer kondigde het aan dat het met een overheidsvisie op de bio-economie zou komen, om de discussie daar omtrent meer focus te geven. Die overheidsvisie

zou aansluiten bij de Innovatieagenda Energie en de Energietransitie, die immers al bezig waren met groene grondstoffen. In oktober 2007 werd de *Overheidsvisie op de Bio-based Economy in het Kader van de Energietransitie* (LNV, 2007) gepresenteerd door LNV, mede namens VROM, Ontwikkelings-samenwerking, Economische Zaken en Verkeer en Waterstaat.

De overheidsvisie is sterk gebaseerd op het *Groenboek* (2007) van het Platform Groene Grondstoffen (PGG), dat de ambitie had om in 2030 in Nederland 30% van de fossiele door groene grondstoffen te vervangen. Deze ambitie is echter niet overgenomen. Om de overheidsvisie te implementeren is in 2009 onder leiding van LNV een interdepartementaal programma *Bio-based Economy* (2009) opgestart. Dit zet de komende jaren in op een aantal *pilots* en demonstratieprojecten, zoals raffinage van binnenlandse biomassa, grootschalige raffinage van geïmporteerde biomassa nabij zeehavens, raffinage van reststromen en afval, aquatische biomassa en 'witte' (industriële) biotechnologie (LNV, 2009c: 5). Doel van de pilotprojecten is die elementen te identificeren die de beoogde systeeminnovatie kunnen versnellen of deze nu nog belemmeren. Dit in de verwachting dat de markt de belangrijkste stuwende kracht achter de bio-economie zal worden (interview Bol, 2009). Ook op Europees niveau wordt sinds enkele jaren middels het *EU Lead Market Initiative*² (LMI) de markt voor biomaterialen gestimuleerd, en wel door het onderzoeken van stimulerende maatregelen, zoals belastingverlaging op bio-based producten.

Overheidsvisie op de bio-based economy

De kern van de overheidsvisie uit 2007 is 'optimale waardebenutting van biomassa'. Door prioriteit te geven aan producten met een hoge toegevoegde waarde, zoals biomaterialen, en de reststroom in te zetten voor transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte, wordt de biomassa volledig benut. 'Coproductie' is hierbij een belangrijk begrip, met bioraffinage als sleuteltechnologie. Bioraffinage maakt het mogelijk eerst de onderdelen met de hoogst toegevoegde waarde te isoleren. De restproducten zijn vervolgens te gebruiken voor laagwaardigere toepassingen. Deze benadering heet 'cascadering'.

Het visiedocument geeft drie redenen waarom de overheid een actieve rol zou moeten spelen in de implementatie van biomassagebruik (LNV, 2007). Ten eerste, omdat dit bijdraagt aan duurzame ontwikkeling in het algemeen. De overheid dient zorg te dragen dat de ontwikkeling van biomassa inderdaad voldoet aan criteria van duurzaamheid. Het gaat daarbij om verheldering van wat 'duurzame biomassa' inhoudt en om de vraag of certificering uitkomst kan bieden. De overheid dient tevens een rol te spelen bij de ontwikkeling van de

2 Europees beleid voor zes belangrijke sectoren, gericht op het wegnemen van belemmeringen om nieuwe producten en diensten op de markt te brengen. De Commissie werkt samen met lidstaten en industrie om de bijbehorende acties uit te voeren. Twee van de geïdentificeerde sectoren betreffen bio-based producten en hernieuwbare energie. De beleidsinstrumenten omvatten regelgeving, publieke aanbesteding (public procurement), standaardisatie en ondersteuning.

benodigde technologieën. Aspecten als bioraffinage, biogas en hoogwaardige toepassingen van biomassa en duurzame productie moeten nu worden gestimuleerd, omdat (en voordat) zij een grote bijdrage aan de Nederlandse economie kunnen leveren. De overheid dient tevens te anticiperen op de vragen die de grootschalige inzet van biomassa oproept.

De overheidsvisie benoemt zowel kansen als risico's in de transitie naar een bio-economie. "De visie van de overheid is daarom gestoeld op een parallelle strategie: enerzijds een duidelijke ondersteuning van de ontwikkeling van de bio-based economy, anderzijds onderzoek, overleg en monitoring om de duurzaamheid van de inzet van biomassa te volgen, en waar nodig tot bijstelling van de aanpak te komen" (LNV, 2007: 16). De hieruit volgende beleidsagenda heeft als speerpunten: (1) efficiënter gebruik van biomassa met bioraffinage als sleuteltechnologie; (2) marktontwikkeling; (3) verduurzaming productie van biomassa wereldwijd; en (4) stimuleren van de productie van groen gas en duurzame elektriciteit. Als belangrijkste beleidsinstrument om tot innovatie en toepassing te komen gebruikt de overheid subsidies, middels de EnergieTransitie en de Innovatieagenda Energie. Het 'programma groene grondstoffen' (niet te verwarren met het Platform Groene Grondstoffen) in die Innovatieagenda vormt een gedeeltelijke praktische vertaling van de beleidsagenda die in de overheidsvisie staat.

2.5 Beleidslijn bio-economie is niet leidend

Bij haar aantreden in 2007 legde het kabinet Balkenende IV extra nadruk op het klimaatbeleid. Dit gaf de drie boven beschreven beleidslijnen - biomassabeleid voor elektriciteits- en warmteopwekking, biobrandstoffenbeleid en de geïntegreerde bio-economie - extra legitimatie. Het belang van het concept 'bio-based economy' kreeg in datzelfde jaar extra bevestiging door de presentatie van de overheidsvisie, ondertekend door alle betrokken ministeries. Hoe verhoudt dit nieuwe beleidsconcept zich tot de twee andere beleidsvelden? Deze paragraaf onderzoekt in hoeverre de bio-economie een integrerende en sturende werking heeft. We gaan eerst in op de verschillende beleidsverantwoordelijken van de betrokken ministeries met betrekking tot diverse beleidsdoelstellingen. Daarna bespreken we de invloed van internationale afspraken, met name op Europees niveau. Tenslotte gaan we in op de lastige conceptuele verhouding tussen de beleidslijn biobrandstof en de beleidskern van het bio-based economy concept, te weten 'optimale waardebenutting van biomassa'.

Uiteenlopende ministriële verantwoordelijkheden

Het beleidsprogramma BBE probeert allerlei beleidsvisies en instrumenten op het gebied van de inzet van biomassa te verbinden tot een gezamenlijk verhaal en daarmee de interdepartementale aansturing te verbeteren (VROM en LNV, 2009).

Dit programma raakt zodoende aan vele beleidsvraagstukken rond klimaat, energie, handel, landbouw, voedselvoorziening, kennis, biodiversiteit en

logistiek. “Bio-based economy is echt een *mer à boire* wat dat betreft” (interview Shell, 2009). Zonder de betrokkenheid van de Ministeries van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (EL&I), Infrastructuur & Milieu en Buitenlandse Zaken kan het bio-economiebeleid niet slagen omdat ze allen daarvoor relevante beleidsvelden vertegenwoordigen. Dat neemt niet weg dat iedere bewindspersoon vanuit de eigen verantwoordelijkheid een bijdrage levert (zie kader 2.3). Het beleidsprogramma BBE wordt zodoende vanuit diverse ministeries voor verschillende doelen ingezet.³ Buitenlandse Zaken kijkt vooral naar de kansen en bedreigingen van een bio-economie voor ontwikkelingslanden. Infrastructuur & Milieu let op de uitvoering van de Europese richtlijn voor biobrandstoffen (interview PGG, 2009). Het Ministerie van EL&I beziet onder meer de rol van de landbouwsector als hoofdleverancier van grondstoffen in de bio-economie. De landbouwsector heeft ook een essentiële rol in het sluiten van de ketens. Op dit moment heeft het BBE beleidsconcept nog geen duidelijke hegemonie. Per ministerie verschilt de focus, en daarmee het belang dat aan het beleidsconcept van de bio-based economy gehecht wordt.

Kader 2.3 Ministeriële beleidsverantwoordelijkheden op het gebied van biomassa

Veel verschillende ministeries zijn betrokken vanuit hun eigen beleids-terrein (zij het minder sinds oktober 2010, toen diverse ministeries fuseerden). In juli 2009 gaven de ministers van VROM en LNV antwoord op Kamervragen (uit eind 2008) over de bij het biomassadossier betrokken ministeries en hun verantwoordelijkheden. Rekening houdend met de recente fusies leidt dat tot het volgende plaatje. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie is (1) verantwoordelijk voor het energiebeleid, waaronder bio-energie voor elektriciteit en warmte; industriebeleid (met uitzondering van de voedingsmiddelensector) (voormalig EZ); en (2) coördinerend voor de bio-based economy en verantwoordelijk voor agrarische grondstoffen, bos en hout, voedingsmiddelenindustrie, i.c. biomassaproductie/voorziening (voormalig LNV). Het Ministerie van Infrastructuur & Milieu is verantwoordelijk voor: (1) het biobrandstoffenbeleid en heeft een coördinerende rol voor duurzaamheids-criteria voor biomassa (voormalig VROM); en (2) het realiseren van de biobrandstofbijmengdoelstellingen in het verkeersbeleid (voormalig V&W). Het Ministerie van Buitenlandse Zaken (onderdeel Ontwikkelings-samenwerking) is verantwoordelijk voor het Plan van Aanpak Biomassa Mondiaal (het stimuleren van biomassaproductie en verwerking in ontwikkelingslanden en de beleidscoherentie voor ontwikkeling met betrekking tot biomassa en biobrandstoffen).

3 Ook in de EU, die de kaders vaststelt waarbinnen het Nederlandse beleid zich kan bewegen, is het thema bio-economie versplinterd: het is verdeeld over liefst 7 DG's van de Europese Commissie (interview Bol, 2009). Het komt er ongecoördineerd aan bod onder noemers als 'biobrandstoffen', 'milieu', 'landbouw' en 'bedrijfsleven'.

Dwingende internationale kaders

Het Nederlandse beleid op het gebied van biomassa wordt sterk bepaald door internationale discussies en afspraken. In hun reactie in maart 2008 op de hoogopgelopen discussie over biobrandstoffen deden minister Cramer (VROM) en minister Koenders (Ontwikkelingssamenwerking) voorstellen om te stoppen met biobrandstoffen af als onrealistisch. Nederland is verplicht om de betreffende Europese richtlijn uit te voeren. Daarom moet Nederland volgens hen actief blijven op dit terrein: "In plaats van vanaf de zijlijn te roepen dat we moeten stoppen met biobrandstoffen, vinden wij het beter ervoor te zorgen dat die biobrandstoffen zo duurzaam mogelijk worden geproduceerd. (...) Want of wij nu pleiten voor een stop of niet, de productie van biobrandstoffen gaat wereldwijd in hoog tempo door, vooral beïnvloed door de grote economieën" (Volkskrant, 2008). Dat wil niet zeggen dat Nederland buiten spel staat.

Ten eerste stelt Nederland zelf actieplannen op om de Europese richtlijnen te implementeren. Hoewel de methodiek om de duurzaamheid aan te tonen voor alle EU-landen gelijk dient te zijn, levert dit wel enige keuzevrijheid op (interview PGG, 2009). Ten tweede biedt de zelfgekozen voorhoedepositie van Nederland tal van mogelijkheden om de internationale beleidsagenda actief te beïnvloeden. Zoals we zagen speelt Nederland een centrale rol bij de ontwikkeling van criteria voor de duurzame inzet van biobrandstoffen. Een aantal waarborgen die Nederland zou willen terugzien in het Brusselse beleid, schuift de Europese Unie echter weer door naar grotere internationale kaders. Zo wil de EU bijvoorbeeld nog geen verplichting voor het monitoren van indirect landgebruik, omdat dit volgens de Commissie alleen werkt als het hele internationale speelveld meedoet (EurActiv, 2010). Brazilië heeft bovendien, samen met andere ontwikkelingslanden, laten weten dat eventuele regelgeving niet legitiem zou zijn zonder een internationaal geaccepteerde methodologie (EurActiv, 2009a). De invloed van Nederland op duurzaamheidscriteria verwatert hierdoor. Mocht er internationaal uiteindelijk besloten worden over certificering, dan kan Nederland de import van die gecertificeerde biomassa niet weigeren omdat hij niet duurzaam genoeg zou zijn. Daarmee zou het namelijk een ongeoorloofde handelsbarrière opwerpen.

Bio-economie botst met biobrandstoffenbeleid

De complexe wisselwerking tussen de bovenbeschreven drie beleidslijnen leidt er toe dat het mandaat van het integrale bio-economieconcept ten opzichte van het reeds gevestigde biomassabeleid op dit moment nog zeer ongewis en zwak is. Het kerndoel van het bio-economie beleid - een zo efficiënt mogelijk inzetten van groene grondstoffen - staat op gespannen voet met het beleid op het gebied van biobrandstoffen.⁴ Binnen het biobrandstoffenbeleid is de inzet van biomassa als biobrandstof het doel. Gebruik van biomassa voor energiedoelinden

4 Het gebruik van biomassareststromen voor het genereren van elektriciteit en warmte lijkt minder te botsen met het bio-economie concept. Althans voorzover het inderdaad om reststromen gaat die voortvloeien uit hoogwaardige vorming van benutting van biomassa.

is een toepassing die zich bevindt aan de onderkant van de waardepiramide (zie figuur 1.1). Biobrandstoffen maken dus wel deel uit van de bio-economie, maar hebben hierin een lage prioriteit. In het concept van de bio-economie gaat het in de eerste plaats om hoogwaardige toepassingen van biomassa, bijvoorbeeld in de chemische sector. De programmadirecteur van het interdepartementale programma Bio-based Economy stelt dan ook: "Biomassa moet je eigenlijk maar beperkt gebruiken als brandstof ... We moeten veel massaler inzetten op elektrische auto's. Met energieomzetting ben je slimmer uit dan via de biobrandstoffenroute" (interview Bol, LNV, 2009). Het kost tenslotte veel energie om biobrandstoffen te maken. Het zou efficiënter zijn de gebruikte grondstoffen daar in te zetten waar ze een grotere toegevoegde waarde hebben. "In de brandstoffenwereld praat je echt over grote hoeveelheden: de Europese brandstoffenmarkt is zo'n 300 miljoen ton. Dus 10% verplicht bijmengen betekent 30 miljoen ton. Dat betekent in droge stof 120 miljoen ton biomassa. En dan heb je het alleen nog maar over die bijmenging van 10% in de transportsector" (zelfde interview). Van deze discrepantie tussen het bio-brandstoffen- en bio-economiebeleid is in de gezamenlijke overheidsvisie echter weinig te merken.

2.6 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we de ontwikkeling beschreven van drie beleidslijnen rondom biomassa en hun samenhang: beleid voor biomassa voor elektriciteit en warmte, voor transportbrandstof en beleid voor de bio-economie. De bio-economie beleidsvisie nodigt uit om op een integrale wijze te kijken naar de efficiënte inzet van biomassa op vele terreinen variërend van energie en transport tot chemie. Kern van de bio-economie kijk is optimale waardebenutting van biomassa. Om daar richting aan te geven wordt gebruikt gemaakt van de zogenaamde 'waardepiramide'. De toegevoegde waarde van biomassa is volgens deze piramide het grootst wanneer deze voor gezondheid en lifestyle ingezet kan worden. Voeding staat op de tweede plaats, chemie op de derde. Het gebruik van biomassa voor energiedoeleinden heeft de laagste prioriteit. Het bio-economiebeleid omvat zodoende de andere twee beleidsterreinen en positioneert deze op de minst interessante trede van de waardepiramide. Daarmee legt het bio-economieconcept tal van nieuwe beleidsmatige, technische en organisatorische uitdagingen bloot met betrekking tot de toekomstige duurzame inzet van biomassa.

De sturende invloed van het denken in optimale verwaarding van biomassa op het Nederlandse beleid op het gebied van biomassa is op dit moment echter nog zeer gering. Dat heeft onder meer te maken met uiteenlopende departementale beleidsverantwoordelijkheden op het gebied van biomassa en dwingende internationale afspraken op dit gebied. Nederland heeft zich bijvoorbeeld op het gebied van het bijmengen van biobrandstoffen verplicht aan Europees beleid. Ook in politieke en publieke debat wordt de notie van het streven naar optimale waardebenutting overschaduwed door de discussies over

met name biobrandstoffen. Het zou goed zijn voor het politieke debat als er meer aandacht komt voor de kern van het bio-economieconcept: optimale verwaarding van biomassa en het sluiten van ketens. Dat zou ook implicaties hebben voor de discussie over duurzaamheidscriteria voor het gebruik van biobrandstoffen. De waardepiramide binnen het bio-economieconcept laat zien dat bij de inzet van biomassa eerst afgewogen moet worden op welke wijze biomassa het meest efficiënt kan worden toegepast.

Referenties

BTG. (2005). *'Bio-energie in de Nederlandse Energievoorziening'*. In: *Energie uit biomassa. Achtergrondinformatie over beleid, chemie en techniek*. Enschede: Biomass Technology Group BV, in opdracht van SenterNovem,. Tweede, geactualiseerde en deels herziene editie.

'Baas van Virgin investeert miljarden in biobrandstof'. In: *NRC Handelsblad*, 22 september 2006.

'Belangrijkste bron voor groene stroom dreigt te duur te worden'. In: *de Volkskrant*, 4 december 2010.

Bos, H.L. (2008). *Agrificatie en de biobased economy. Een analyse van 25 jaar beleid en innovatie op het gebied van groene grondstoffen.*, Wageningen: UR, Agrotechnology & Food Sciences Group.

Cramers, J. & B. Koenders. 'Biobrandstof: ja, maar alleen als het duurzaam is'. In: *de Volkskrant*, 25 maart 2008.

EurActiv. (2009a). 'EU Biofuel Sustainability Criteria "Inconsistent"'. <http://www.euractiv.com/en/climate-environment/eu-biofuel-sustainability-criteria-inconsistent/article-188224>, 11 december 2009.

EurActiv. (2009b). 'Algae. The Ultimate Biofuel?' <http://www.euractiv.com/en/science/algae-ultimate-biofuel-links dossier-188486>, 16 oktober 2009.

EurActiv. (2010a). 'EU Rules Out Binding Green Criteria for Biomass'. <http://www.euractiv.com/en/energy/eu-rules-out-binding-criteria-biomass-news-290021>, 26 februari 2010.

EurActiv. (2010b). 'Biofuels Industry Set to Suffer From Lack of Green Rules'. <http://www.euractiv.com/en/climate-environment/biofuels-industry-set-suffer-lack-green-rules>, 2 februari 2010.

EC. (2003). *Biobrandstoffenrichtlijn 2003/30/EC*. In: Publicatieblad van de Europese Unie, L123/42-46, 17 mei 2003.

EC. (2009). *Fuel Quality Directive 2009/30/EC*. In: Official Journal of the European Union, L140/88-113, 5 juni 2009.

EC. (2009). *Renewable Energy Directive 2009/28/EC*. In: Official Journal of the European Union, L140/16-62, 29 april 2009.

'EON-topman: leg politieke doelen voor duurzame energie in wet vast'. In: *Het Financieele Dagblad*, 17 september 2009.

EZ. (2001). 'Lange Termijn Visie op de Energievoorziening' (LTVE). Brief aan de Tweede Kamer van 28 maart 2001. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.

EZ. (2003). *Visie op biomassa. De rol van biomassa in de Nederlandse energievoorziening 2040*. Den Haag: Ministerie van Economische zaken, publicatienummer 03|37.

Jong, J. de et al. (2005). *Dertig jaar Nederlands Energiebeleid. Van Bonzen, Polders en Markten naar Brussel zonder Koolstof*. Den Haag: Clingendael Instituut, CIEP Energy Publication.

LNV. (2005). Speech door de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, dr. C.P. Veerman, tijdens het symposium Bio-Based Economy, Wageningen, 6 december 2005. (Uitgesproken door Directeur-Generaal mr. R.M. Bergkamp.)

LNV. (2007). *Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie: 'de keten sluiten'*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV. (2008). *Landbouw, rurale bedrijvigheid en voedselzekerheid*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV. (2009a). 'SER-aanvraag Bio-based Economy' (bijlage bij adviesaanvraag gericht aan de SER). Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV. (2009c). *Concept Werkprogramma Interdepartementaal Programma Bio-Based Economy*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Mik, K. de. 'Puur plantaardige olie, alternatief voor diesel'. In: *NRC Handelsblad*, 7 juli 2005.

Motie van Kamerlid Wiegman (CU). (2008). Kamerstukken II, 2008/09,31250, nr. 50. Zie ook Kamervraag ID nr. 81567, briefnummer 31209-77 2009D23945, 18 december 2008.

NMP4. (2001). *Een wereld en een wil: werken aan duurzaamheid*. (Kabinetsnota, beter bekend als het vierde Nationaal Milieubeleidsplan.)

Persson, M. 'Veel te weinig groene energie'. In: *de Volkskrant*, 16 januari 2010.

Regeerakkoord (2007). *Coalitieakkoord tussen de Tweede Kamerfracties van CDA, PvdA en ChristenUnie*.

Ros, J.P.M. & J.A. Montfoort. (2006), *Evaluatie van transities. Systeemoptie vloeibare biobrandstoffen*. Rapport 500083002/2006. Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.

Sengers, F. (2009). *From Riches to Rags. How Changes in Media Discourse Relate to Resistance to Biofuel.*, Graduate Thesis, september 2009.

Schut, G. 'Nederlands beleid biobrandstoffen "Iamlendig"'. In: *de Volkskrant*, 14 juli 2005.

Task Force on Bio-Based Products. (2007). *Accelerating the Development of the Market for Bio-based Products in Europe. Report of the Task Force on Bio-Based Products, Composed in preparation of the Communication 'A Lead Market Initiative for Europe'* (COM(2007) 860 final).

Verhagen, M. 'Nucleair en groen gaan samen'. In: *NRC Handelsblad*, 30 november 2010.

VROM. (2007). *Nieuwe energie voor het klimaat. Werkprogramma Schoon en Zuinig*. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

VROM. (2008). Kamerbrief van de Minister van VROM, 'Biobrandstoffendoelstellingen', 13 oktober 2008. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

VROM en LNV. (2009). *Beleidsbrief betreffende Motie van het Kamerlid Wiegman (CU)*, 2 juli 2009. Den Haag: Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

VROM. (2009). 'Stand van zaken op weg naar de evaluatie werkprogramma Schoon en Zuinig'. Kamerbrief van de Minister van VROM, 30 november 2009. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

3

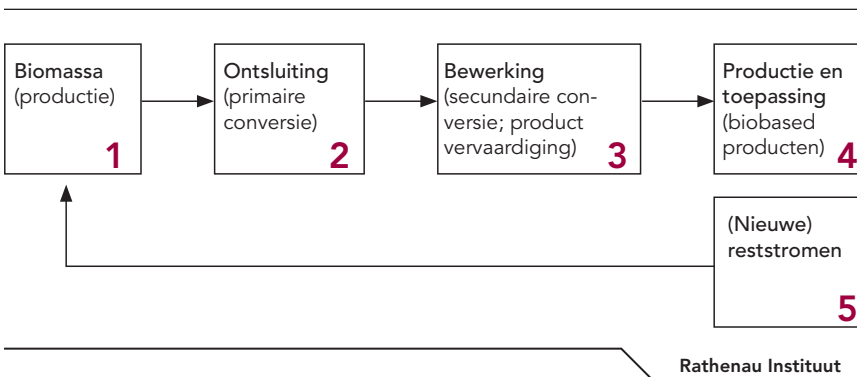


3 Een vat vol controversen

Doenja Koppejan en Lotte Asveld

De bio-economie belooft een duurzame economie. Er bestaat algemeen draagvlak dat daarvoor ketens dienen worden te gesloten en biomassa optimaal dient te worden verwaard. Alle partijen onderschrijven dat hiermee economisch en ecologisch winst geboekt kan worden. Daarentegen is men het nog lang niet eens over de vraag of die duurzame bio-economie realiteit zal worden en op welke manier dan. Een centraal meningsverschil in het debat is terug te voeren op de kwestie "geleidelijke transitie" tegenover "we doen het goed, of we doen het niet". Een aantal partijen heeft er vertrouwen in dat de huidige toepassingen, zoals eerste generatie biobrandstoffen, een opstapje zullen vormen naar meer duurzame toepassingen. Andere partijen hebben minder vertrouwen in zo'n geleidelijke transitie. Zij vinden dat toepassingen helemaal duurzaam moeten zijn voordat we ze in gebruik nemen. Opvallend is dat de standpunten niet de vaste rolverdeling van milieubeweging tegenover industrie volgen: ook binnen beide groepen zelf bestaan verschillend zienswijzen. We laten zien dat deze verschillen voor een deel bepaald worden door uiteenlopende visies op de natuurlijkheid van de bio-economie. Daarnaast proberen we, net als in het vorige hoofdstuk, de maatschappelijke kwesties rondom het bio-economie concept af te zetten tegen de kwesties die spelen binnen biobrandstofdiscussie. Het bio-economie concept blijkt een breed draagvlak te hebben, terwijl biobrandstoffen hooguit steun krijgen als een wegbereider voor meer duurzame toepassingen. In dit hoofdstuk leidt de biomassaketens zoals hieronder afgebeeld ons langs de belangrijkste discussiethema's: via de productie van biomassa, langs ontsluiting en bewerking naar de toepassing en uiteindelijk de nieuwe reststromen. Hierbij valt op dat het maatschappelijk debat zich vooral afspeelt rond de productie van biomassa, maar nauwelijks rond het gebruik van biomassa.

Figuur 3.1



3.1 Biomassa(productie)

Wat betreft de productie van biomassa concentreren de meningsverschillen zich op drie belangrijke punten: beschikbaarheid, duurzaamheid en de rol van genetisch gemodificeerde organismen (ggo's). Gezien het beperkte landbouw-areaal in ons land, betekent een bio-economie voor Nederland dat we de benodigde biomassa grotendeels zullen importeren. Deze grootschalige import leidt tot discussies over hoeveel biomassa wereldwijd beschikbaar is, hoeveel daarvan duurzaam geproduceerd kan worden en welke manieren er zijn om het aanbod te vergroten. Genetische modificatie van gewassen is een manier om de productie van biomassa te vergroten die steeds tot veel discussie leidt.

3.1.1 Hoeveelheid beschikbare (duurzame) biomassa

Is er genoeg biomassa beschikbaar om aan de vraag van de bio-economie te voldoen? Inschattingen over de beschikbare hoeveelheid biomassa lopen uiteen. Gebruik van reststromen uit eigen land, biotechnologische oplossingen zoals genetische modificatie en het benutten van marginale gronden komen ter sprake als manieren om het aanbod te vergroten.. Maar zijn deze oplossingen maatschappelijk acceptabel en leveren ze voldoende extra productie op? Deze paragraaf gaat dieper in op de verschillende meningen hierover.

Biobrandstoffendiscussie

Betrokken partijen zijn het oneens over de vraag of er wereldwijd wel voldoende duurzame biomassa is om in (een gedeelte van) onze energiebehoefte te voorzien. Veel betrokkenen stellen hierbij duurzaamheid als een harde voorwaarde. Ervan uitgaande dat de biomassa dus inderdaad aan een zekere duurzaamheidsstandaard moet voldoen, zijn vooral milieu- en ontwikkelingsorganisaties somber over de beschikbaarheid. Ze zien diverse complicaties. De vraag naar gewassen ten behoeve van voedsel is groot, en zal de komende jaren alleen maar groter worden. De OECD (2007) schat dat de aarde in 2050 ongeveer 9 miljard inwoners zal tellen. Dit betekent een extra vraag naar voedsel, terwijl de huidige vraag op veel plaatsen het aanbod al sterk overstijgt (hoewel er op andere plaatsen eerder een overschot lijkt te zijn). Kader 3.1. gaat dieper in op de relatie tussen biobrandstoffen en de voedselvoorziening in het licht van duurzaamheidscriteria. De vraag naar biomassa voor non-foodtoepassingen vergroot de vraag naar groene grondstoffen nog verder. Voorstanders wijzen erop dat marginale gronden kunnen dienen voor zulke non-foodproductie. Maar dit argument wordt op zijn beurt betwist. Het potentieel is er inderdaad wel, maar de kosten voor productiviteitsstijging in dit soort gebieden zijn zeer hoog, zeggen de sceptici, zoals milieu- en ontwikkelingsorganisaties. De gebieden hebben vaak te kampen met ernstige watertekorten en zijn niet voor niets marginaal. Het rendement zal dan ook navenant zijn - marginaal dus (De Nie, 2007: 23). Daarnaast roepen mogelijke indirecte effecten vragen op: Waar komt dat extra water vandaan voor de productie op marginale gronden? Waar werd dit land eerder voor gebruikt? En waar zijn deze activiteiten dan naartoe verschoven? Een ander belangrijk discussiepunt is de beschikbaarheid 'in theorie' en 'in

praktijk'. Op papier mag er volgens bepaalde berekeningen dan voldoende biomassa beschikbaar zijn, dat betekent volgens veel milieuorganisaties nog niet dat dit ook echt zo is. De extra vraag naar biomassa moet worden neergelegd in een bestaande economie van land- en bosbouwproducten. Dat maakt de inschatting volgens Natuur en Milieu zeer complex, omdat iedere oplossing dus niet op zichzelf staat (interview Natuur en Milieu, 2010). De invloed van de politieke situatie in de leverende landen, de landrechten van boeren en andere factoren bepalen wat er daadwerkelijk duurzaam te exporteren valt. Dit is eigenlijk niet in een potentieel uit te drukken. Volgens Natuur en Milieu wordt er vaak te makkelijk vanuit gegaan dat "de hele wereld onze achtertuin is", die we kunnen inrichten zoals we zelf willen en de oogst "bij elkaar kunnen harken" (interview Natuur en Milieu, 2009). Platform Groene Grondstoffen (PGG) ziet ook de mogelijke discrepantie tussen de theoretische en de praktische potentie. Het PGG is daarom een studie gestart naar grootschalige import vanuit Mozambique, om samen met de Mozambikaanse stakeholders en overheid te bekijken wat je nodig hebt en op welke manier dat op welke schaal mogelijk is (interview PGG, 2009). Verder belemmeren volgens de Algemene Energieraad de hoge grondstofprijzen grootschalige investeringen in onderzoek en ontwikkeling en daarna in productiecapaciteit, waardoor de praktijk de theorie misschien niet kan waarmaken¹ (AER, 2008).

Kader 3.1 Concurrentie biobrandstoffen met voedsel

Een belangrijk thema bij het opstellen van duurzaamheidscriteria is de concurrentie van biobrandstoffen met voedsel. De vraag is of biobrandstoffen voedselgewassen verdringen, en zo ja, of certificering dit kan voorkomen. De discussie in het NRC Handelsblad tussen Michiel Keyzer (VU) en minister Verburg (LNV) illustreert twee belangrijke posities in het debat. Keyzer stelt dat bij voortzetting van het huidige biobrandstoffenbeleid er over twee jaar eenzelfde voedselcrisis kan ontstaan als in 2008 (NRC, 2009a). Verburg nuanceerde dit in een ingezonden reactie: "Ten onrechte wordt de suggestie gewekt dat de vraag naar biobrandstoffen één van de grootste boosdoeners is. (...) De echte oorzaak is jarenlange internationale verwaarlozing van de landbouw voor voedselzekerheid en ontwikkeling. (...) Landbouw is nu een belangrijk deel van de oplossing"

1 Overigens liet Greenpeace in 2005 berekenen dat een grote (1000 MW, voldoende voor 2 miljoen huishoudens) duurzame biomassacentrale, technisch en financieel haalbaar is. Greenpeace gelooft dat het aanbod van schone biomassa toe zal nemen naarmate de vraag stijgt. Zij beschouwen biomassa als schoon, wanneer die afkomstig is van speciaal verbouwde planten (zoals olifantsgras), landbouwafval, resthout uit duurzaam beheerde bossen of uit de houtindustrie. Geen biomassa dus die via een andere weg weer voor ecologische schade zorgt. Gentechgewassen of afvalproducten van de intensieve veehouderij passen hier volgens Greenpeace niet bij. Bron: Greenpeace, 'Schone biomassa', via: <http://www.greenpeace.nl/campaigns/klimaatverandering/de-oplossing/schone-energie/schone-biomassa>, laatste raadpleging op 10-3-2010.

(NRC, 2009b). Deze twee visies zijn kenmerkend voor het debat: is de bio-economie onderdeel van het probleem of van de oplossing? In theorie kan zo'n bio-economie ontwikkelingslanden mogelijkheden bieden. Hogere landbouwprizen bieden kans op werk en kunnen leiden tot dringend gewenste investeringen in de plattelandseconomie en infrastructuur van ontwikkelingslanden (LNV, 2008: 17). Biobrandstoffen kunnen landbouwproductie diversifiëren en bijdragen aan de eigen energievoorziening en diversificatie van de export. Bovendien kan voedselproductie onderdeel zijn van de bio-economie, door eerst de eetbare delen uit de biomassa te halen en daarna de restproducten te gebruiken via raffinage (Faaij, 2008). Toch luiden veel organisaties de alarmklok (Natuur en Milieu, 2008; Rice, 2010). Zij verwijzen vaak naar een OECD-rapport (OECD, 2008) waarin wordt betoogd dat de prijsstijgingen, in het licht van de bijmengverplichting van 10% in 2020, eerder structureel dan incidenteel zijn. Bovendien zou men volgens de organisaties lokaal wel kunnen profiteren van de prijsstijgingen, maar "is het gevaar reëel dat de risico's (...) gedragen worden door de meest kwetsbare groep in ontwikkelingslanden, mensen voor wie het overgrote deel van het dagelijkse budget opgaat aan voedsel" (Natuur en Milieu, 2008a). Als dit probleem inderdaad groot is, in hoeverre kan certificering dan uitkomst bieden? In een minder goed georganiseerde samenleving is controle aanzienlijk lastiger, en door corruptie profiteren niet de juiste mensen van de ontwikkelingen (Trouw, 2009). Een recente ontwikkeling is land grabbing, waarbij grote hoeveelheden grond in ontwikkelingslanden (dreigen te) worden verpacht aan rijkere landen, zodat deze er voedsel en biobrandstoffen voor hun eigen markt kunnen produceren (NRC, 2009c). Deze akkoorden worden deels mogelijk gemaakt doordat heldere rechtsregels over grondbezit in de landen in kwestie vaak ontbreken. Certificering biedt daarvoor duidelijk geen directe oplossing.

Bio-economie: nieuwe oplossingen en discussiepunten

Het bio-economieconcept brengt diverse oplossingen voor het probleem van beschikbaarheid, door efficiënter gebruik van biomassa en ook naar de eigen reststromen te kijken voor hoogwaardige toepassingen. Tegelijk voegt de bio-economie ook nieuwe discussiepunten toe. Voorbeelden zijn de extra vraag die ze creëert, genetische modificatie als middel om gewasopbrengsten te verhogen en de mogelijke nadelen van het gebruik van de hele plant.

Optimalisatie

Het bio-economieconcept hoopt de beschikbaarheid van duurzame biomassa te vergroten door in te zetten op optimalisatie. Coproductie en vervolgens optimaal gebruik van biomassa kunnen voor voldoende beschikbaarheid zorgen. Daarnaast valt er veel te winnen door efficiënter gebruik: door ketens te sluiten en verspilling te voorkomen. Zo eet een koe vijf keer zo veel energie als wat de

consument binnenkrijgt uit producten van die koe. Als we bijvoorbeeld het gras zo kunnen raffineren dat we de koe alleen geven wat ze aan voeding nodig heeft en de overige eiwitten aan varkens voeren, dan hoeven we minder soja te importeren (Resource, 2009: 17). De hoeveelheid beschikbare biomassa hangt dus sterk samen met de manier waarop wij het gebruik ervan organiseren. De uitdagingen zijn dus niet alleen technologisch van aard; het betreft voor een groot deel ook een verdelingsvraagstuk.

Gebruik van reststromen

Een bijdrage van de bio-economie aan het beschikbaarheidvraagstuk is het idee dat Nederland (en Europa) zelf een belangrijke rol kan spelen bij de productie van biomassa. Dit geldt zeker voor de hoogwaardige toepassingen, zoals gebruik in de chemie. Het sluiten van de ketens en efficiënt gebruikmaken van reststromen heeft de grootste potentie als binnenlandse 'bron'. Velen zien dit bovendien als een duurzame en efficiënte optie. Toch is het niet zo simpel om dit te bewerkstelligen. Reststromen benutten, ketens sluiten, coproductie: het is allemaal nog in ontwikkeling, en qua prijs nog niet concurrerend. Import zou wel eens een stuk goedkoper kunnen uitvallen. Hoe kunnen we zorgen dat deze duurzamere generatie biomassa kan concurreren met de veelal minder duurzame import-biomassa van de eerste generatie? Hoe kan 'beter groen' concurreren met 'goedkoop groen'? Kunnen we voorrang geven aan kleinschalig en lokaal?

Sommigen wijzen tevens op de potentiële negatieve effecten van het volledig gebruiken van reststromen. Biomassa-verbrandingsprocessen zouden ertoe kunnen leiden dat de nutriënten vervuild raken met zware metalen en andere ongewenste stoffen. Dit kan een goedwerkende ketensluiting bemoeilijken. De *dual purpose*-landbouw, waarbij een deel van het gewas wordt bestemd voor voeding en een ander deel voor energie of chemicaliën, kan de koolstof- en stikstofbalans van de bodem verstoren. Als na de oogst resten van stengels en wortels achterblijven, kunnen nutriënten terugkeren in de bodem, wat tot een betere bodemvruchtbaarheid leidt. Maar gebruiken we de hele plant, dan gebeurt dit dus niet, wat een risico op bodemverarming en degradatie met zich meebrengt (Natuur en Milieu, 2007).

Zo wijzen critici erop dat een belangrijk deel van het plantaardig materiaal dat in allerlei publicaties 'afval' heet in de huidige economie wel degelijk een functie heeft. In een rapport uit 2001 wijst het Delftse onderzoeks- en adviesbureau CE er al op dat de vraag naar afvalhout voor energieopwekking concurreert met andere (her)gebruiksvormen (Bergsma, 2001). Stro heeft altijd nog een belangrijke functie in landbouwsystemen, niet alleen als strooisel in diervriendelijke stallen, maar ook in de vorm van stromest, die het organische-stofgehalte, het bodemleven en de bodemstructuur op peil houdt. Met name op zand- en zware kleigronden verhoogt stromest de productiviteit (Animal Sciences Group, 2005). Ook hier kan een toenemende vraag naar stro voor energie tot concurrentie en verdringing leiden.

Greenpeace (2010) stelt bovendien kritische vragen bij het gebruik van biomassa afkomstig uit de bio-industrie (zoals mest). Dat houdt volgens hen een onduurzame praktijk in stand, omdat die bio-industrie een groot aandeel heeft in de Nederlandse broeikasgasuitstoot.

Extra vraag naar biomassa

De bio-economie mag dan efficiënter omgaan met de beschikbare biomassa, doordat steeds meer sectoren aanspraak maken op deze grondstof kan de spanning met ander landgebruik toch steeds groter worden - en dus met voedselproductie of biodiversiteit. Bovendien is onduidelijk wat een extra 'extra vraag' (bovenop de nú al toegenomen vraag naar biomassa) zou betekenen voor de beschikbaarheid van duurzame biomassa. Wat als elk land een bio-economie wil? Wat als naast elektriciteit en brandstoffen bijna alle sectoren op biologische basis willen gaan produceren?

3.1.2 Waarborgen van duurzaamheid

Klimaatverandering is een belangrijke drijfveer voor het gebruik van biomassa. Maar zeker bij biobrandstoffen wordt de CO₂-winst nogal eens in twijfel getrokken (PBL, 2010; Karimi, 2008; NRC, 2008c; IEEP, 2010). Directe en indirecte verdringing van voedselproductie is een ander veelgenoemd probleem. Zoals hierboven staat beschreven zijn er zorgen over biodiversiteit, bodemeffecten en watergebruik. Hoe is bij de import van biomassa de duurzaamheid te waarborgen? In deze discussie staat het creëren van een duurzame open wereldhandel als doel centraal, en certificering en duurzaamheidscriteria als middelen. De effectiviteit van deze middelen staat echter ter discussie. Er is onenigheid over de strengheid van de criteria, over het al dan niet meenemen van indirecte effecten, over de reikwijdte van de criteria en over de mogelijke barrières die ze opwerpen voor ontwikkelingslanden. Deze vragen spelen voornamelijk in het debat rondom biobrandstoffen, in het kader van de EU-richtlijn die bijmenging verplicht stelt. Maar ook hier heeft de bio-economie weer enkele aspecten toe te voegen aan de discussie: de uitbreiding van duurzaamheidscriteria naar vaste biomassa; de problemen die ontstaan bij het bepalen van de duurzaamheid bij coproductie; en de nog grotere behoefte aan duurzaamheid en transparantie in een wereldhandel in groene grondstoffen.

Certificering van biobrandstoffen en criteria hiervoor

Velen zien certificering als hét instrument om de duurzaamheid van biomassa te waarborgen. Hoe streng de criteria moeten zijn en waarvoor ze precies moeten gelden, zijn echter omstreden vragen. Er zijn grofweg drie standpunten te onderscheiden. Ten eerste zijn er tegenstanders. Zo zou bijvoorbeeld het verkeers- en energiedepartement binnen de EU zich hebben uitgesproken tegen extra criteria (EurActiv, 2010b). Ten tweede zijn er voorstanders met haast, die snel verder willen, maar wel mét een waarborg. Overheidsactoren uit de milieuhoeke en de industrie behoren hiertoe. Ten slotte zijn er de voorstanders zonder haast, voor wie de criteria haast niet strikt genoeg kunnen zijn. Sommige

milieuorganisaties, zoals Milieudefensie/Friends of the Earth en Natuur en Milieu, nemen dit standpunt in (Milieudefensie, 2009)². De partijen maken elkaar verwijten: de één zou te veel belang hechten aan het beperken van administratieve rompslomp en daarom vergaande criteria tegenhouden, de ander zou juist streven naar een onmogelijk duurzaamheidsniveau. De achtergrond van duurzaamheidscriteria in het Nederlandse en Europese beleid is in het vorige hoofdstuk al kort geschetst (zie kader 3.1.). Hier gaan we in op de belangrijkste discussiepunten rond duurzaamheidswaarborgen.

Handhaving

Eén belangrijk punt betreft de handhaving. Hoe controleer je alles, in hoeverre vertrouw je op de informatie van leverende landen en hoeveel mag de controle eigenlijk kosten? Een groot probleem zit bovendien in de greep die de overheid al dan niet kan houden op het biomassagebruik. Nu biobrandstoffen nog niet kunnen concurreren met fossiele grondstoffen, kan de overheid eisen verbinden aan het stimuleren ervan. Alleen wie aan die eisen voldoet, komt in aanmerking voor subsidie en mag de biobrandstoffen meerekenen voor emissiereductiedoelen. Maar als de prijs onder die van aardolie zakt, zoals in de niet al te verre toekomst verwacht wordt, heeft de overheid veel minder te eisen. Wat zijn de duurzaamheidscriteria dan nog waard? Daarom is volgens Dorette Corbey, voorzitter van de Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa, handhaving een van de belangrijkste vragen rondom de duurzaamheidscriteria (interview Corbey, 2009).

(In)direct landgebruik

Veel biobrandstofdiscussies gaan over inhoudelijke thema's, zoals de verdringing van bossen vol biodiversiteit, concurrentie met voedselproductie en de uiteindelijke bijdrage aan CO₂-reductie. Kader 3.1. en 3.2. geven de voedsel- en CO₂-discussies kort weer, en de gevolgen hiervan voor het opstellen van criteria. Het grootste probleem is namelijk dat de relatie met biobrandstoffen niet altijd direct zichtbaar is. Het waarborgen van deze duurzaamheidscriteria staat of valt er volgens velen dan ook mee of indirecte verschuivingen in het landgebruik worden meegenomen (Het codewoord is hierbij ILUC: *Indirect Land Use Change*). Dit vereist monitoring op macroniveau. Het inpassen van de biobrandstofproductie in de mondiale landbouweconomie beïnvloedt volgens hen deze hele economie. Meer vraag heeft uiteindelijk zijn weerslag op de marktprijzen en daarmee weer op het benodigde landbouwareaal. Zo zegt Prem Brindaban (WUR): "Hoe je het ook wendt of keert: voor elke hectare land waar biobrand-

2 Natuur en Milieu heeft een eigen visie op biobrandstoffen (Natuur en Milieu, 2008b). "Bio-energie is een onzeker medicijn tegen het klimaatprobleem." Natuur en Milieu heeft daarom criteria opgesteld voor het gebruik van biomassa, die strenger zijn dan de Cramer-criteria. De organisatie wil dat de biobrandstof middels een certificaat controleerbaar is op herkomst, productieketen en sociale aspecten, en een hoge netto CO₂-winst over de hele keten moet kunnen halen (80% op lange termijn).

stoffen worden geteeld, zal elders een hectare voor voedselgebruik worden gebruikt. Die indirecte effecten moet je meenemen in de afweging of biobrandstoffen ecologisch uitkunnen" (Resource, 2008: 15). Zijn Wageningse collega Ken Giller vindt dit een te simpele voorstelling van zaken: "In eerste instantie wordt het regenwoud gekapt voor het hout. Dan wordt het land overgenomen voor iets anders. De oliepalm, de plant krijgt de schuld. Planten kappen geen regenwoud, het is de mens die dat doet."

Duurzaamheid op macroniveau

Macro-monitoring is op dit moment nog niet opgenomen in de duurzaamheids-criteria. De Cramer-criteria, bijvoorbeeld, richten zich op het plantageniveau. Voldoen aan de duurzaamheidscriteria zegt dus niets over de effecten die via de wereldmarkt optreden: de duurzaamheid op macroniveau. Volgens Natuur en Milieu kan het uitgeven van certificaten op microniveau alleen werken als er bij wijze van spreken een moratorium op areaaluitbreiding komt: de 'foute' palmolie verdwijnt anders onopgemerkt in allerlei voedsel en cosmetica, en er is te weinig publieke druk om duurzaamheid af te dwingen (interview Natuur en Milieu, 2009). Zo kan een verduurzaming van de ene sector (biobrandstoffen) ervoor zorgen dat de andere sector (bijv. cosmetica) nog minder duurzaam wordt, waardoor er over het gehele plaatje gezien toch negatieve effecten optreden als gevolg van biobrandstoffen. Verschillende milieu- en ontwikkelingsorganisaties vinden dat verduurzaming en certificering daarom allereerst zouden moeten plaatsvinden binnen de bestaande, steeds groeiende voedselmarkt. "Een additionele vraag naar deze gewassen voor de Europese energievoorziening is daarbij ongewenst" (Natuur en Milieu, 2008a). Monitoring op macroniveau zou duidelijker kunnen maken of het verstandig is om alle biomassa te stimuleren, of dat het beter is sommige biomassastromen te bevorderen en andere juist te bestraffen. In de criteria zou volgens deze organisaties dan ook een 'ILUC-factor' moeten worden opgenomen. Anderen zetten vraagtekens bij dat idee. Ontwikkelingsorganisatie Both Ends ziet certificering niet als een waarborg: "*Even the most ideal certification system cannot adequately address indirect and macro-effects*" (Both Ends, 2008: 5). Anderen vinden het niet strikt noodzakelijk. Het is in de praktijk namelijk zeer lastig om een echte oorzaak-gevolgrelatie te leggen (interview Van Severter, WUR, 2009): is biomassa echt de oorzaak van waargenomen verschuivingen in landgebruik? Een ILUC-factor kan de zaken onnodig compliceren (interview LNV, 2009).

De Europese Commissie heeft uitgesproken dat een eventuele ILUC-factor op internationaal niveau moet worden geregeld, bij voorkeur bij het volgende klimaatakkoord (EurActiv, 2010a). De Europese Commissie voert ondertussen wel consultatierondes met stakeholders om te onderzoeken welke argumenten er leven voor en tegen het opnemen van een ILUC-factor in de Europese duurzaamheidscriteria. De Nederlandse overheid is vóór (Reactie door Nederland, 2010). Intussen worden in Nederland subsidieregelingen voor (import van) duurzame biomassa opengesteld, die de Cramer Criteria als

uitgangspunt nemen (interview PGG, 2009). Milieuorganisaties zijn bang dat hierdoor het macroniveau uit het oog verdwijnt. Immers, er zijn straks duurzaamheidscertificaten te verkrijgen, waardoor de schijn ontstaat dat met alle relevante aspecten rekening is gehouden, terwijl in feite slechts een microperspectief is gehanteerd. Maar hoe zoomen we uit...?

Kader 3.2 Broeikasgasbalans

Een van de thema's in de duurzaamheidscriteria is de broeikasgasbalans van biomassa. CO₂-reductie is dan wel een doel van biomassagebruik, voor de aanplant van plantages worden wel natuurgebieden ontgonnen. Ontbossing is volgens Greenpeace wereldwijd verantwoordelijk voor een vijfde van alle CO₂-uitstoot (Greenpeace, 2010). Het is dus goed denkbaar dat bij de aanleg van een nieuwe plantage veel meer CO₂ vrijkomt dan er wordt bespaard met de biobrandstof afkomstig van die plantage (Karimi, 2008; NRC, 2008c). Maar ook bij biomassa uit Nederland of Europa moet volgens Natuur en Milieu rekening worden gehouden met de broeikasgasbalans: bij de teelt worden fossiele brandstoffen en stikstofhoudende kunstmest gebruikt, met emissies van CO₂ respectievelijk N₂O (lachgas) tot gevolg (Natuur en Milieu, 2010). Uit onderzoek van de VU en WUR blijkt dat de natuurlijke opname van CO₂ in Europa door bossen en graslanden volledig teniet wordt gedaan door de uitstoot van andere broeikasgassen als methaan door de landbouw. De onderzoekers waarschuwen dat toenemende intensivering van de landbouw, met name in Oost-Europa, de balans nog verder kan verstoren (AD, 2009). Daarnaast ontstaat bij het verbranden van biomassa black carbon oftewel roet, waarvan wordt vermoed dat het een grote impact heeft op klimaatverandering (EurActiv, 2010b).

Betekent dit dat de broeikasgasbalans in de bio-economie nauwelijks beter uitvalt dan in de fossiele economie? Het gaat in de bio-economie niet alleen om de hoeveelheid biomassa, maar vooral om hoe je de stromen zo efficiënt mogelijk inzet, onder meer door geavanceerde technologie te gebruiken. Het WWF heeft berekend dat industriële biotechnologie het potentieel heeft "to prevent emissions of between 1 and 2.5 billion tonnes of CO₂ equivalent per year by 2030" (EurActiv, 2010c). In de Europese richtlijn staat dat de biobrandstoffen ten minste 35% CO₂-uitstoot moeten besparen vergeleken met fossiele brandstoffen, oplopend tot 60% in 2018. (Natuur en Milieu zou dit graag zien oplopen tot 80%, terwijl er ook rekening wordt gehouden met ILUC.) Het is daarbij belangrijk dat er steeds meer gebruik wordt gemaakt van coproductie, om zo de efficiëntie te vergroten en de broeikasgasbalans positiever te maken. Er moet bovendien niet gegeneraliseerd worden. De ene toepassing heeft een betere broeikasgasbalans dan de andere:

vloeibare biomassa voor transporttoepassingen heeft door het lagere rendement een minder gunstige CO₂-balans dan vaste biomassa uit houtachtige gewassen in een energiecentrale. Daarnaast is er verschil tussen de bronnen van biomassa: palmolie, scoort bijvoorbeeld scoort relatief goed, koolzaad juist slecht (WNF, 2006).

Certificering in een bio-economie

De toch al ingewikkelde discussie rondom certificering en duurzaamheidscriteria wordt er niet simpeler op wanneer ze in de bredere context van de bio-economie wordt geplaatst. Door een beter gebruik van de biomassa treden eventuele verdringingseffecten wellicht minder op, maar uitgesloten zijn ze niet, zeker niet bij een steeds grotere vraag naar biomassa. Bij de meer geavanceerde, hoogwaardige toepassing van biomassa voor chemicaliën en materialen is duurzaamheid dan ook net zo goed een aandachtspunt. Verwachtingen spelen hierbij een grote rol: nieuwe technologieën kunnen een grote verbetering opleveren door efficiëntere ketens en de inzet van minder belastende grondstoffen, zoals afval, biomassabijproducten, houtachtige gewassen en algen. Daarbij is het echter weer de vraag in hoeverre ontwikkelingslanden hier optimaal op kunnen inspelen en op welke termijn deze technologieën echt praktisch inzetbaar zullen zijn.

Coproductie en criteria

Zelfs al zou de bio-economie wél al in haar volle glorie werken en zelfs al zou biomassa wél al in gesloten ketens worden gebruikt, dan nog brengt coproductie certificeringsproblemen met zich mee. Er is nu al veel discussie over hoe de duurzaamheid over de hele keten te meten valt. Dit zal extra lastig zijn wanneer sprake is van multifunctionaliteit van de gebruikte biomassa, iets wat in de biomassaketens vaak optreedt in de vorm van coproducten als elektriciteit of cosmetische producten. In de bio-economie is het juist de bedoeling om het grootste deel van de biomassa meervoudig te gebruiken. Hoe zijn de milieueffecten van het hele systeem dan toch zinvol toe te rekenen aan de verschillende coproducten? Binnen de EU zijn er nu veel verschillende berekeningsmethoden in omloop (EurActiv 2009), wat er weer toe leidt dat de ene lidstaat een biobrandstofketen wel als duurzaam ziet, maar een andere niet. Bovendien is het zeer lastig om productiviteitsstijging en coproductie te verwerken in een eventuele ILUC-factor. Wanneer op een akker eerst voedselgewassen groeien en nu gewassen die voedsel én non-foodtoepassingen opleveren, spreek je dan ook van een 'indirecte verandering van landgebruik' (ILUC dus)? Volgens sommigen is dit begrip in een bio-economie daarom aanvechtbaar (interviews Van Seventer en Bol, 2009). Het Platform Groene Grondstoffen en de CDB³ pleitten er in oktober 2010 evenwel voor om ILUC toch mee te nemen. Volgens

3 De Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (CDB), ook wel bekend als de commissie-Corbey, volgt de commissie-Cramer op, met als doel onder meer te bekijken hoe Nederland de richtlijn hernieuwbare energie (RED) dient te implementeren.

hun redenering is ILUC vrij eenvoudig te berekenen. Als land eerst voor voedsel in gebruik was en daarna voor biobrandstoffen, is het in hun gedachtegang aannemelijk dat er nieuw land ontgonnen wordt voor voedsel. Pas als efficiëntiewinst als gevolg van productieverhoging of coproductie aantoonbaar is, is toekenning van een lagere ILUC-factor gerechtvaardigd. De auteurs zien ILUC als een middel om landbouwefficiëntie te verhogen (CDB & PGG, 2010).

Een tweede probleem rondom certificering is dat coproductie de bestaande criteria voor biobrandstoffen ondermijnt (interview Corbey, 2009). De CDB pleit er daarom voor om in de EU-richtlijn ook eisen te stellen aan vaste biomassa. In een bio-economie vervaagt als gevolg van coproductie het onderscheid tussen biomassastromen voor transportbrandstoffen en voor elektriciteit: hetzelfde gewas kan twee toepassingen hebben. Door dezelfde criteria te hanteren ontstaat een eerlijk speelveld (*level playing field*) voor de verschillende toepassingen (CDB, 2009). Een aantal landen heeft zich hier echter tegen uitgesproken, en de Europese Commissie heeft besloten de criteria voorlopig niet uit te breiden naar vaste biomassa. De weerstand zit vooral bij Scandinavische landen, die met hun bossen een grote leverancier zijn van vaste biomassa. Zij vrezen extra administratieve lasten voor een sector die toch al aan allerlei duurzaamheidscriteria moet voldoen. De CDB gelooft echter dat de extra administratie mee zal vallen als bestaande systemen, zoals dat van de Raad voor Goed Bosbeheer (Forest Stewardship Council, FSC), in dit kader erkend en van toepassing verklaard worden (interview Corbey, 2009).

Duurzame open wereldhandel

Wanneer Nederland op nog grotere schaal biomassa wil importeren, is het succes van een bio-economie ook sterk afhankelijk van de duurzaamheid en transparantie van de wereldhandel in biomassa. Het creëren van een eerlijk speelveld is daarbij erg belangrijk. Het is volgens het Platform Groene Grondstoffen essentieel dat de industrie eenvoudig toegang heeft tot grondstoffen en halffabricaten (PGG, 2009a). Op dit moment bestaan er grote verschillen tussen grondstoffen: zo is er een vrije markt voor gewassen als mais en graan, maar hanteert de EU een hoog importtarief voor bio-ethanol. Bovendien is er voor ggo's geen uniforme wetgeving: sommige gewassen zijn in de VS goedgekeurd, maar in de EU (nog) niet. Ontwikkelingsorganisaties wijzen op het belang van de lokale, kleinere bedrijfjes in deze wereldhandel: hoe zorgen we ervoor dat ontwikkelingslanden ook daadwerkelijk mee kunnen profiteren van een wereldhandel in duurzame biomassa? Transparantie is daarbij een noodzakelijke voorwaarde, die echter in veel (ontwikkelings)landen lastig te bewerkstelligen is. Deze landen kennen vaak veel corruptie en een aanzienlijke invloed van op winst gefixeerde grote (buitenlandse) bedrijven. Wanneer en hoe kunnen de kleine (boeren)bedrijven in ontwikkelingslanden meepraten over alle criteria waaraan zij dienen te voldoen? Oxfam vraagt de investeerders om de kleine boerenbedrijven eerlijk en transparant te behandelen en ze voldoende keuzevrijheid te gunnen in hun productiebeslissingen om voedselzekerheid en

-veiligheid voor henzelf en hun families te verzekeren (Oxfam International, 2008: 3). Ook de wereldhandel in biomassa dient duurzaam en open opgezet te worden. Is deze inefficiënt, dan zou het wereldwijde gesleep met grote stromen biomassa in een negatieve broeikasgasbalans kunnen resulteren. De logistieke organisatie moet dan ook zodanig opgezet worden dat deze zowel kansen biedt voor de havens en de lokale bevolking als voor het klimaat.

3.1.3 Rol ggo's

Een andere discussie die de bio-economie aanwakkert, gaat over de rol van genetische modificatie. Deze techniek kan gewassen dusdanig aanpassen dat hun opbrengst stijgt, en daarmee hun beschikbaarheid voor de bio-economie. Biotechnologie draagt ondermeer bij aan de genetische modificatie van gewassen zodat ze meer opleveren.

De meningen over genetische gemodificeerde organismen (ggo's) zijn echter al lange tijd scherp verdeeld. Ook in het biobrandstoffendebat komen we deze discussie tegen. Omdat de gepercipieerde risico's hier minder groot zijn dan bij biomassa voor directe consumptie, loopt de ggo-discussie in dit debat nog niet hoog op. In de toekomstige bio-economie zou dit zich echter als een veel neteliger issue kunnen ontpoppen, omdat genetische modificatie naar verwachting een veel grotere rol zal gaan spelen, zoals hoofdstuk 4 laat zien. Daardoor wordt het onderscheid tussen verschillende toepassingen van genetische modificatie voor zowel consumptieve als niet consumptieve doeleinden minder scherp. Daarmee komt het ggo-debat in een bio-economie mogelijk juist meer op scherp te staan.

Voorstanders zien in genetische modificatie grote voordelen voor een toekomstige bio-economie. Als op deze manier bepaalde gewassen meer energie kunnen leveren, is daarvoor minder areaal nodig en hoeft de voedselproductie niet in gevaar te komen. En als door genetische modificatie gewassen met minder water toekunnen, worden marginale gronden bruikbaar voor de teelt ervan. Tegenstanders van genetische modificatie voeren aan dat we de wereld niet als experimenteerterrein mogen gebruiken (Greenpeace, 2010). Het risico van verspreiding van de gm-gewassen onder niet-gemodificeerde populaties is niet uit te sluiten. Bovendien zouden planten die geschikt zijn gemaakt voor biobrandstoffen van de tweede generatie soms kwetsbaarder zijn voor extreme weersomstandigheden en potentieel minder bestand tegen plagen en ziektes (Gezamenlijke natuur- en ontwikkelingsorganisaties, jaar van publicatie onbekend). Ontwikkelingsorganisaties benadrukken daarnaast de sociaal-economische gevolgen van gntechnologie. De octrooien op deze technologie zijn vaak in handen van grote multinationals, die geen rekening houden met de gewoonten van veel boeren om zaad te ruilen en te bewaren. Boeren worden zo afhankelijk van een bedrijf dat hen voor veel geld deze zaden verkoopt, waardoor ze vaak in de schulden komen (interview Oxfam Novib, 2009). Doordat de discussie over ggo's in Nederland en de EU al lange tijd stroef verloopt, geldt hier voor ggo's een veel strikter toelatingsbeleid dan buiten Europa.

Dit geldt niet alleen voor voedingsgewassen, maar ook voor non-foodtoepassingen. Het Platform Groene Grondstoffen verwacht dat dit op de middellange en lange termijn nadelige effecten zal hebben voor de Nederlandse en Europese bio-based industrie (PGG, 2009a).

Opvallend is dat in het ggo-debat en in het debat rond biobrandstoffen vergelijkbare kwesties spelen. Een belangrijk thema in beide debatten is de kwestie van duurzaamheid. Genetische modificatie past volgens de tegenstanders niet in een ontwikkeling naar een duurzame samenleving - waar de bio-economie toch juist aan zou moeten bijdragen. Ook bij ggo's wordt daarom voorgesteld om duurzaamheidscriteria toe te passen. Bovendien is er, net als in de discussie rondom de bio-economie, controverse op wetenschappelijk niveau (NRC, 2010a, Resource, 2009). Ook merken deskundigen geregeld op, zowel over de duurzaamheid van gengewassen als over die van de biomassa in de bio-economie, dat er geen zinvolle generalisaties mogelijk zijn. Dit alles maakt het debat rond de bio-economie er niet eenvoudiger op. Tenslotte moet in zo'n economie voedsel- en non-foodproductie gezamenlijk kunnen plaatsvinden (coproductie), al dan niet met behulp van genetische modificatie. De COGEM, de Commissie Biotechnologie bij Dieren en de Gezondheidsraad adviseerden daarom de Trendanalyse Biotechnologie in januari 2010 aan toenmalig milieu-minister Cramer dat "een voldoende begrip van de (on)mogelijkheden, consequenties en bezwaren [nl. omtrent genetische modificatie in de ontwikkeling naar een bio-economie] noodzakelijk (is) bij alle partijen, zodat de keuzen op verantwoorde wijze worden gemaakt" (COGEM et al., 2010: 35).

3.2 Bioraffinage

Eenmaal geproduceerd, dient de biomassa geschikt te worden gemaakt voor gebruik in verschillende toepassingen. Zoals beschreven in hoofdstuk 4 staat het concept van bioraffinage hierbij centraal. Bioraffinage schept mogelijkheden om biomassa zo efficiënt mogelijk te benutten, waarbij in de vorm van co-productie naar zoveel mogelijk verschillende toepassingen wordt gestreefd. Dit vraagt om geavanceerde vormen van conversie waarvoor nieuwe generaties van technologie nodig zijn. Vertrouwen in toekomstige technologie speelt in discussies over de bio-economie dan ook een belangrijke rol. In deze paragraaf gaan we allereerst in op de discussie in het biobrandstoffendebate over een nieuwe generatie technologieën en het vertrouwen dat de verschillende partijen hierin al dan niet lijken te hebben. Daarnaast gaan we in op het vraagstuk waar het proces van bioraffinage, als sleuteltechnologie in de bio-economie, zou moeten plaatsvinden. Dat is een belangrijke vraag omdat degene die de biomassa ontsluit en bewerkt, en dus waarde toevoegt, het meeste economisch profijt zal hebben van de biomassa.

3.2.1 Vertrouwen in nieuwe generaties van technologie

Vaak wordt in het biobrandstoffendebate de hoop gevestigd op nieuwe generaties van technologieën die het mogelijk maken om biomassa op nieuwe manieren te ontsluiten. Toch lopen de opvattingen hierover uiteen. Er is verwarring over de

definities van 'nieuwe generaties' en onenigheid over de termijn waarop deze tweede en derde generaties voor praktisch gebruik beschikbaar zullen komen. Ook lopen de meningen uiteen over de bijdrage die nieuwere technologieën zullen leveren aan duurzaamheid.

Snelheid van innovaties

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat veel innovatieactiviteiten in de bio-economie zich richten op een tweede of derde generatie biobrandstoffen. Maar wat noemen we nu precies de 'eerste', 'tweede' en 'derde generatie'? Gaat het om de soorten biomassa die kunnen worden verwerkt? Gaat het om het percentage CO₂-uitstoot dat de technologie kan helpen beperken? Of gaat het erom hoe 'geavanceerd' de technologie is? Het is in de discussie regelmatig onduidelijk of men het nu heeft over een 'tweede generatie grondstoffen', zoals houtachtige gewassen en algen, of over een 'tweede generatie conversietechnologieën'. Algen krijgen dikwijls het label 'derde generatie' mee, waardoor het lijkt alsof deze aanduiding over de grondstof gaat, terwijl technologie van de 'tweede generatie' ook al mogelijkheden biedt om uiteenlopende vormen van biomassa als grondstof te verwerken.

Ook over de termijn waarop nieuwe generatie technologieën beschikbaar komen verschillen de partijen sterk van mening. Optimisten verwachten dat de doorbraak nu echt nabij is. De vraag is natuurlijk over welke versie het hier gaat: 'generatie 2, versie 1.0', de niet zo duurzame versie, of 'generatie 2, versie 2.0', de al heel wat duurzamere versie. André Faaij (Copernicus Instituut) verwacht dat op korte termijn veel efficiëntere methoden beschikbaar zullen zijn, zodat biobrandstoffen een energierendement van 60% kunnen halen (NRC, 2007). Anderen verwachten echter dat de tweede generatie biobrandstoffen niet voor 2018 op de markt zal komen (Wardenaar, 2008: 45). Hiervoor zijn namelijk grote investeringen nodig, die nu nog maar beperkt plaatsvinden. Volgens Greenpeace blijkt uit de *National Renewable Energy Action Plans* (NREAPs), die lidstaten moesten indienen bij de Europese Commissie om te laten zien hoe ze hun duurzaamheidsdoelen zouden halen in 2020, dat de meeste landen tijdens deze periode nog vooral gebruik zullen maken van de eerste generatie biobrandstoffen (Greenpeace 2010).

Harriëtte Bos (WUR) merkt op dat er flinke stappen worden gemaakt: enzymatische processen zijn bijvoorbeeld de afgelopen jaren sterk geoptimaliseerd. Maar dat betekent niet dat het ook morgen klaar is: "We hebben tenslotte te maken met de natuur, en die is weerbaarstig" (interview Bos, 2009). De ontwikkelde technologieën zullen ook economisch rendabel moeten worden. Wat in het laboratorium werkt, is op grote schaal vaak nog veel te kostbaar. Een voorbeeld is het gebruik van algen als grondstof. De directeur van Europa's grootste algenproducent Ingrepro maakt duidelijk dat de markt de technologische uitdagingen van grootschalige productie onderschat. (De Financiële Telegraaf, 2009). Algen doen als micro-organismen op grote schaal niet zomaar

wat de mens wil (EurActiv, 2009c). Ook veel andere technologieën zijn nog niet rijp voor grootschalig gebruik.

Brengt nieuwe technologie meer duurzaamheid?

Zelfs als we er op kunnen vertrouwen dat nieuwe generaties van technologie zich binnenkort zullen aandienen, hangt voor het 'geloof' in een bio-economie nog veel af van de vraag of daarmee de belangrijkste duurzaamheidsproblemen daadwerkelijk kunnen worden opgelost. Opnieuw verschillen de verwachtingen daarover sterk.

Optimisten opereren dikwijls dat de toepassing van deze nieuwe technologieën de duurzaamheidscriteria binnen handbereik brengt. Toch verdwijnt hiermee niet het eerder geschetste probleem dat deze technologieën zullen moeten concurreren met goedkoper grondstofgebruik, zoals dat nu bijvoorbeeld plaats vindt met behulp van technologie van de eerste generatie. bijvoorbeeld. De duurzamere technologie dient dus daadwerkelijk lonend te zijn om een duurzaam economisch effect te hebben, om te concurreren met alternatieven die zonder overheidssteun aantrekkelijk zijn. Op dit moment hebben de palmolie- en rietsuikersector grote belangen, omdat ze veelgebruikte grondstoffen in handen hebben. Deze sectoren willen hun marktaandeel uiteraard graag behouden (interview Oxfam Novib, 2009). Maleisië verzet zich bij de Wereldhandelsorganisatie al tegen strengere duurzaamheidseisen aan vloeibare biomassa (MPOC, 2010). Veel milieu- en ontwikkelingsorganisatie stellen dat de mensheid al alle zeilen moeten bijzetten om het voedselvraagstuk op te lossen (interview Natuur en Milieu, 2009; interview Oxfam Novib, 2009). Ook oordelen ze vaak sceptisch over de pogingen om onze huidige consumptiepatronen te continueren op basis van nieuwe meer 'duurzame' vormen van biomassa: "Hoeveel algen heb je dan nodig voor een retourtje naar Japan?" (interview Natuur en Milieu, 2009). Volgens de ETC Group, een kritische Canadese organisatie, valt er met biobrandstoffen gebaseerd op algen en lignocellulose helemaal niet zoveel CO₂ te besparen. De ETC Group ziet nauwelijks ruimte voor duurzame toepassingen van biomassa, ook niet voor chemicaliën en materialen (ETC Group, 2010).

Het WWF verwacht meer van biotechnologie om de problemen rond klimaatverandering aan te pakken dan Milieudefensie en Natuur en Milieu. Met de kennis die technologieën van de eerste generatie hebben opgeleverd, worden in de visie van het WWF de technologische fundamenteen gelegd voor de ontwikkeling van bioraffinage en de vervanging van materialen op oliebasis door biomaterialen. Volgens het WWF vragen grote crises zoals klimaatverandering om een gedurfde aanpak. "Advancing the industrial biotechnology sector into a rapid establishment of a biorefinery infrastructure, able to compete with the petrochemical complex, is a great example of such a bold (...) approach" (WWF, 2009: 3).

Ook de voorzitter van het Platform Groene Grondstoffen (PGG) spreekt zijn vertrouwen uit in de rol van nieuwe technologie. Volgens hem is er inmiddels voldoende kennis over biomassatechnologieën en -toepassingen. "De taak van het Platform Groene Grondstoffen is nu om de markt te onderzoeken en manieren te vinden om deze markt in beweging te krijgen." (Energietransitie, 2010). Het (voormalig) ministerie van Economische Zaken verwacht dat technologie de minst problematische factor zal zijn, maar dat succes meer zal afhangen van samenwerking op operationeel niveau. Als bedrijven eenmaal samenwerken, dan zou de technologische slag snel zijn gemaakt (interview EZ, 2009). De opvattingen over de bijdrage van technologie aan een duurzame bio-economie lopen dus sterk uiteen, waarbij de geschetste onduidelijkheid over de definities van 'betere technologieën' de helderheid van de toch al breed uitwaaiende discussie niet ten goede komt. Een heldere, breed gedragen beschrijving van de verschillende 'generaties' zou kunnen leiden tot meer consensus onder de betrokken partijen: die versie, van die technologie, met die grondstof, is voldoende duurzaam en rendabel om mee aan de slag te gaan.

3.2.2 Bioraffinage: waar?

Bioraffinage is een belangrijke stap in de keten waarin biomassa wordt verwerkt. Het voegt extra waarde aan door biomassa geschikt te maken voor verschillende toepassingen. Economisch gezien is bioraffinage in een volwassen bio-economie dan ook een essentiële activiteit die elk land wel in huis wil hebben. De biomassa gaat er immers vrij goedkoop in en komt er een stuk waardevoller weer uit. Althans, wanneer dit proces voldoende ontwikkeld is om rendabel te zijn. De ministers Verburg en Koenders gaan er dan ook van uit dat een bio-based economy voor ontwikkelingslanden pas kansrijk kan zijn als de biomassa niet slechts als grondstof geëxporteerd wordt, maar lokaal een waardetoevoegende bewerking ondergaat (LNV, 2008: 17). De vraag is dus: gaan we de geïmporteerde biomassa al in het land van herkomst verwerken, of verwerken we het pas bij aankomst in Nederland? Dit laatste zou voor de havens van Rotterdam, Eemshaven/Delfzijl en Gent/Terneuzen een grote economische kans en banengroei kunnen betekenen. Geraffineerde biomassa importeren mag dan wel gunstig zijn voor de leverende landen, het kan de economische betekenis van de Nederlandse bio-economie juist beperken.

Bij biomassa die in ons eigen land wordt geproduceerd speelt een vergelijkbaar vraagstuk. Bioraffinage leent zich goed voor kleinschalige, lokale toepassing. Dit in tegenstelling tot petrochemische verwerking, die vanwege de noodzakelijke hoge temperaturen alleen op grote schaal rendabel is. Bij bio-based productie geniet volgens sommigen een gedecentraliseerde structuur daarom de voorkeur. Het ruwe materiaal heeft immers grote gebieden nodig om te groeien en kan het beste worden verwerkt op het land waar het wordt verbouwd. Lokale verwerking van biomassa(rest)stromen kan nieuwe vormen van werkgelegenheid en een nieuwe afzetmarkt betekenen. In het geval dat Nederland en Europa

grote stromen biomassa gaan importeren zullen vooral havengebieden investeren in bioraffinaderijen. Als we echt op grote schaal willen overstappen op groene grondstoffen, dan is de meest rendabele optie om de verwerking daarvan te integreren in de bestaande structuren van chemie en de bestaande afzetkanalen. Dat impliceert dan een vestigingsplaats vlakbij de chemische industrie en de belangrijke logistieke knooppunten. Zo'n ontwikkeling valt echter moeilijk te rijmen met de kleinschaligheid en lokale organisatie die men (vooral in EU-kringen) voor ogen heeft met de bioraffinaderijen, die de reststromen uit de regio kunnen verwerken.

We kunnen dit vraagstuk uiteraard aan de markt overlaten, maar het is maar de vraag of dat automatisch de beste kans biedt om de belofte van de bio-economie waar te maken. Kan lokale en verspreide verwerking van biomassa meer betekenen voor de plattelandseconomie en duurzaamheid dan gecentraliseerde verwerking in de economische hotspots? En, zo ja, hoe wegen we dan de bredere economische voordelen hiertegen af? Hoe gaan we hier gezamenlijk mee om? In het beantwoorden van deze vragen zou een rol weggelegd kunnen zijn voor het lokale bestuur met zicht op de lokale belangen. De verschillende opties - lokaal en verspreid versus grootschalig en geconcentreerd - hebben namelijk niet alleen gevolgen voor het economische succes van de bio-economie, maar ook consequenties voor de inrichting van het landschap, de lokale werkgelegenheid en de infrastructuur van onze directe leefomgeving. LNV heeft de SER gevraagd zijn licht te laten schijnen op de vragen rondom de ruimtelijke en logistieke consequenties die de ontwikkeling van een bio-economie kan hebben (LNV, 2009a). Het conceptadvies is eind 2010 verschenen (SER, 2010).

3.3 Toepassing

Onder 'toepassing' als schakel in de biomassaketten verstaan we hier niet alleen de uiteindelijke vorm waarin de biomassa voor non-foodconsumptie beschikbaar komt, maar ook de uiteindelijke consumptie hiervan. Dit kan zijn als biobrandstof, als biomateriaal, als biochemicalie, et cetera. Vragen in deze fase van het biomassaproces gaan met name over de belangen die men creëert door de vraag naar bepaalde toepassingen te stimuleren en de relatie tussen bio-based toepassingen en consumentengedrag.

Toepassing biobrandstoffen

Wanneer we de vraag naar biomassa stimuleren, ontstaan er nieuwe markten. In het biobrandstoffendebat speelt dan ook de vraag van de 'lock-in' door de eerste generatie biobrandstoffen, wanneer bio-ethanol van de eerste generatie rendabel is qua productie- en distributieketen (interviews Oxfam Novib en Shell). De overheid kan een belangrijke aanjagende rol spelen voor de vraag naar toepassingen op biomassabasis. Wanneer deze markt vervolgens steeds meer op zijn eigen benen kan staan, is het lastig om vervolgens weer betere en duurzamere toepassingen de voorkeur te geven. Een ander punt, dat in mindere mate ook speelt in het biobrandstoffendebat, is de rol van de consument. Die

heeft weinig invloed op het gebruik van biobrandstoffen, omdat dit gebruik vaak onzichtbaar is, waardoor hij weinig keuze heeft. Bijmenging van biobrandstof vindt nu plaats zonder dat de gebruiker daar iets van merkt. We hebben het hier duidelijk niet over een consumentgestuurde markt (interview PGG, 2009). Bij groen gas en groene stroom speelt de consumentenkeuze een belangrijker rol dan bij biobrandstoffen. Een derde punt van discussie is in hoeverre biobrandstoffen een onduurzaam systeem in stand houden. Biobrandstoffen kennen in ieder geval de 'schijn van duurzaamheid'. Volgens het WWF ondersteunen biobrandstoffen echter een CO₂-intensief transport-systeem en versterken ze de sociale, institutionele en culturele afhankelijkheid van zulk soort systemen (WWF, 2009: 3).

Toepassing bio-economie

In het denken over de bio-economie keren bovengenoemde discussiepunten uit het debat over biobrandstoffen terug. Met name de rol van de consument en de 'schijn van duurzaamheid' zouden hierbij nog meer kunnen spelen dan bij biobrandstoffen. Op deze twee punten gaan we hier wat nader in.

Ondanks het economische belang van de factor *vraag*, wordt in de discussie over de bio-economie (nog) weinig aandacht besteed aan de rol van de consument. Dit, terwijl al vaak is gebleken dat de macht van de consument vrij groot kan zijn. Als de consument geen vertrouwen heeft in bioplastics, dan wordt het lastig om daar een commercieel succes van te maken. Daarbij kan de consument behoefte hebben om zijn invloed te laten gelden. Een belangrijke voorwaarde voor een dergelijke keuze, evenals voor vertrouwen in het product, is dat de consument kan zien en begrijpen wat 'bio-based' precies inhoudt. Hoeveel biomassa moet een product eigenlijk bevatten voordat het bio-based mag heten? Het modewoord 'bio' wordt nu al te pas en te onpas gebruikt. Zo hoeft een afbreekbare 'bio'-plastic niet per se te zijn opgebouwd uit biomassa (Website NEN, 2010). De Europese normalisatiecommissie voor kunststoffen werkt daarom aan een rapport dat het vocabulaire voor bioplastics vastlegt. Wat dit gaat betekenen voor de informatievoorziening is nog niet bekend. Leiden de definities tot een 'bio-based'-logo op producten? Wat voor consequenties heeft dat voor de ontwikkeling van bio-based toepassingen?

Het is goed denkbaar dat het succes van de bio-economie om de ketens te sluiten mede afhankelijk is van het gedrag van de consument. Recycling van producten loopt tenslotte ook via ieders eigen prullenbak en wijze van afvalscheiding. Het is daarom belangrijk dat de consument weet of iets recyclebaar of biologisch afbreekbaar is. Een consument associeert het woord 'bioplastic' over het algemeen met 'natuurlijk' en 'biologisch afbreekbaar'. Impliceert de term voor de consument ten onrechte dat een voorwerp afbreekbaar is, dan wordt het wellicht op de verkeerde manier weggegooid. Daar komt nog bij dat de consument vaak niet weet dat bioplastics niet altijd zo geweldig zijn als ze lijken. Veel bioplastics kun je alleen in een specifieke industriële setting compos-

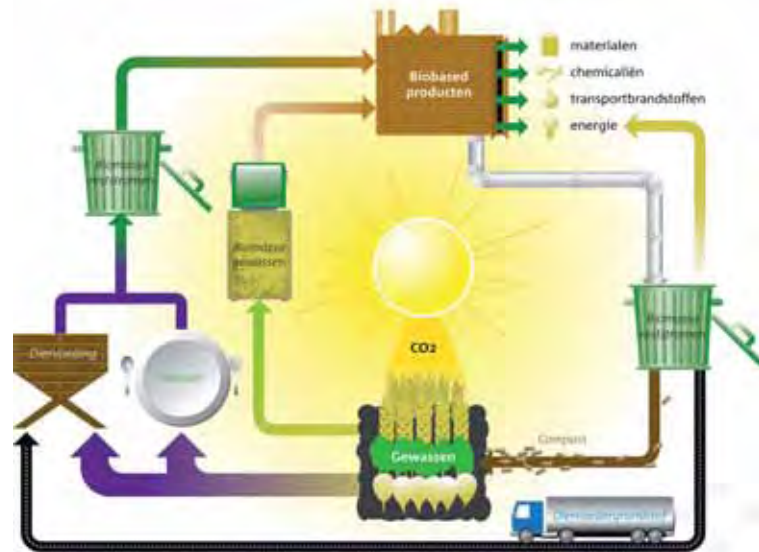
teren; ze breken niet zomaar af in het afval. Bovendien zou de genetisch gemodificeerde oorsprong van gewassen als maïs, suikerriet of aardappelzetmeel, die als basis dienen voor bijvoorbeeld PLA (thermoplastische polymeren van melkzuur), het product moeilijker composteerbaar maken (Lindo, 2009). "Not only does it place a band-aid on the consumption and waste production problems, but it also encourages further use of bio-plastic because, 'don't worry, it's compostable'" (Lindo, 2009). De emotionele associatie van velen, 'bio = goed', gaat dus niet altijd op. Volgens Bos (WUR) moet de functionaliteit van het product ook zwaar wegen bij de beslissing of een bio-based product de voorkeur verdient. Plastic kun je met een veel dunnere laag toch sterk maken, terwijl voor papier meer materiaal nodig is om dezelfde draagkracht te bereiken. "En die plastic zak kun je vijf keer gebruiken. Die papieren zak scheurt na twee keer. Maar als die papieren zak minder milieubelasting heeft, zou ik toch daarvoor kiezen." (interview Bos, WUR).

Kan de milieubewuste consument zijn invloed laten gelden in de bio-economie? Een volwaardig economisch systeem gedijt bij een goede afstemming tussen vraag en aanbod. Bovenstaande overwegingen wijzen erop dat de bio-economie ook slechts een illusie van duurzaamheid kan geven, terwijl ze in werkelijkheid misschien maar een groen randje geeft aan een in essentie verkwistend en onduurzaam systeem. De bio-economie biedt namelijk geen enkele prikkel tot het inperken van ons onbegrensde consumptiegedrag. Het impliceert zelfs dat we zorgeloos kunnen autorijden, verpakken en weggooien, want het is toch 'groen'! Wellicht dat de impact van ons consumptiegedrag meer inzichtelijk kan worden dankzij het gebruik van biomassa waardoor consumenten geneigd zijn voorzigtiger om te gaan met grondstoffen. Het aanpassen van ons consumptiesysteem is echter niet eenvoudig. Consumptie blijft toch een belangrijke factor in het omgaan met steeds schaarser wordende grondstoffen en in het tegengaan van klimaatverandering. Dit elementaire vraagstuk komt nog weinig aan bod in de discussie over de bio-economie.

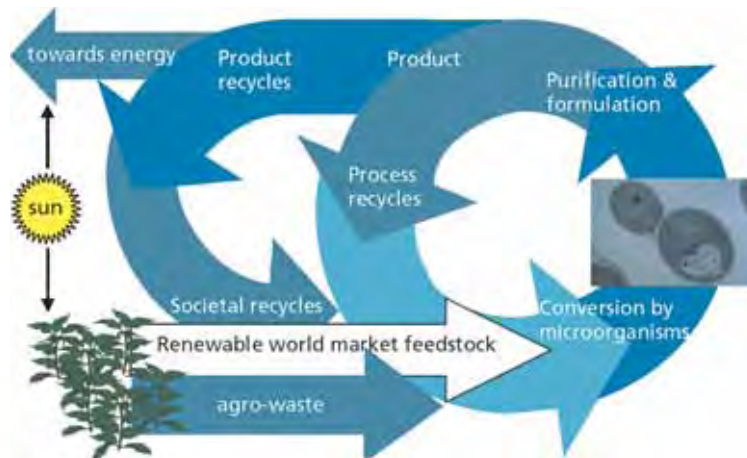
3.4 Nieuwe reststromen: ketenefficiency

Ketenefficiency is een centraal begrip in de bio-economie. Dit is dan ook typisch een van de dingen die het concept bio-economie toevoegt aan het lineaire biomassagebruik in de vorm van biobrandstof en bijsmaak. Ketenefficiency moet onder meer worden bereikt door nevenproducten van de huidige landbouw te benutten. Bij het ideale proces wordt de oogst gescheiden in een aantal componenten, die elk afzonderlijk worden opgewerkt en op de markt gebracht. Een grote uitdaging van de bio-economie is om de ketens daadwerkelijk te sluiten. Figuur 3.2. laat zien hoe de overheid en het onderzoeksconsortium B-basic deze ketens voor zich zien. Het ketenperspectief werpt grote logistiek-organisatorische vraagstukken op. Tegelijkertijd biedt het ketenperspectief juist ook belangrijke punten waarop verschillende partijen elkaar vinden, zoals het laatste deel van deze paragraaf laat zien.

Figuur 3.2 Gesloten ketens in de bio-based economy in de overheids-visie (boven, ontwikkeld door WUR) en volgens onderzoeks-consortium B-basic.



Bron: LNV, 2007



Bron: B-basic

Logistieke en organisatorische uitdagingen

Het sluiten van ketens vergt een nauwe samenwerking tussen partijen, een sterke logistieke organisatie en een rendabele manier van (her)gebruik van reststromen. De overgang naar een bio-economie vergt daarom veel organisatie-talent: grote stromen biomassa moeten worden vervoerd en de reststromen vervolgens weer verwerkt; dit om de cirkel te sluiten. Dat vergt een deels nieuw, deels aangepast logistiek systeem. Pijpleidingen moeten bijvoorbeeld geschikt worden gemaakt voor bio-ethyleen. Havens moeten geschikt zijn om de grote import van ruwe biomassa en reststromen snel en efficiënt door te kunnen sluisen of eventueel al gedeeltelijk te verwerken. Bioraffinaderijen moeten biomassa en restafval krijgen aangeleverd van boeren uit de omgeving. En als het even kan rijden alle benodigde vrachtwagens zelf ook weer op biobrandstof of op elektriciteit uit een biomassacentrale - anders is de CO₂-uitstoot zo hoog dat de broeikasgasbalans niet erg positief uitvalt. Het gaat echter niet alleen om de fysieke organisatie, maar in hoge mate ook om het bijeenbrengen van partijen die van oudsher niet met elkaar verbonden zijn. De positie van de landbouw ten opzichte van andere sectoren verandert bijvoorbeeld: de chemie moet haar blik richten op de landbouw als leverancier van grondstoffen en nauw samenwerken om de juiste producten te kunnen koppelen aan de juiste toepassingen. Dit vergt een samenwerking tussen twee zeer verschillende culturen. Het vergt ook van twee sectoren dat ze mensen vrijmaken om te innoveren en nieuwe verbanden te leggen.

Wettelijke barrières

De overheid heeft ervoor gekozen om een faciliterende rol op zich te nemen om de beschreven uitdagingen aan te gaan. Zowel het Platform Groene Grondstoffen als de overheid willen door middel van businesscases praktijkervaring opdoen met deze vraagstukken, om de belangrijkste knelpunten en kansen te kunnen identificeren (interview PGG, 2009; LNV, 2009). Op sommige punten is het overheidsbeleid echter niet faciliterend, maar staat ze vernieuwing zelfs waar het gaat om het sluiten van ketens innovatie in de weg. Zo zal de EU de discussie over de definitie van 'afval' moeten aangaan, wil ze de bio-economie tot wasdom brengen. De huidige regels voor afval zijn volgens de Nederlandse Biotechnologie Associatie (Niaba) zo streng, dat hergebruik niet rendabel is (Trouw, 2008). Gemaaid gras bijvoorbeeld, dat niet geschikt is als veevoer, wordt nu gecomposteerd. Dit levert minder geld op dan het kost, reden waarom de aanbieders een nieuwe, meer rendabele afzetmogelijkheid hebben gezocht. Ze leveren het gras nu als grondstof aan de papier- en chemische industrie, die van hun kant zochten naar duurzamere grondstoffen. De huidige afvalstoffenwet maakt de afzet van gras echter moeilijk (FD, 2009c). Ook het gebruik van industriële suiker als groene grondstof is weinig interessant omdat de prijs hiervoor in Europa veel hoger ligt dan elders. Dit soort belemmerende wetgeving zou ertoe leiden dat groene bedrijvigheid zich verplaatst naar het buitenland (Trouw, 2008).

Stille overeenstemming?

Het bewerkstelligen van ketenefficiency mag dan verscheidene vraagstukken opleveren, tegelijk is dit wel het element van de bio-economie dat op het meeste draagvlak kan rekenen. Hoeveel kritiek maatschappelijke organisaties ook uiten op de bio-economie, in de kern van het concept zien ook zij wel degelijk kansen. Zo juicht Natuur en Milieu de nadruk op een slimme inzet van zo veel mogelijk lokale reststromen toe (Natuur en Milieu, 2008a). Dit komt namelijk in grote lijnen overeen met hun eigen visie, zoals verwoord in de publicatie *Heldergroene Biomassa* (Natuur en Milieu, 2008b). Het is voor veel milieuorganisaties belangrijk dat we niet de vraag naar grondstoffen vergroten, maar de in omloop zijnde grondstoffen beter benutten. Ketenefficiency en het gebruik van reststromen zijn daarbij belangrijke uitdagingen.

Ontwikkelingsorganisaties zien kansen in de aandacht die productieverhoging nu krijgt. Jarenlang is er ondergeïnvesteed in de landbouwsector van ontwikkelingslanden. Het zou mooi zijn als dat nu, in het kader van biomassaproductie, wel gebeurt, op een manier die ten goede komt aan mensen met honger. “Die kansen moet je ook grijpen. Alleen de vraag is, hoe ambitieus ben je? Wie profiteert ervan? En ten koste van wat gaat het?” (interview Oxfam Novib, 2009). Ketenefficiency als kern van de bio-economie lijkt dus op een zeker draagvlak te kunnen rekenen; de import van grote stromen biomassa echter niet.

3.5 Innovatiestrategie

De in dit hoofdstuk beschreven controversen rondom alle stappen in de keten van biomassaproductie en -verwerking laten zien dat we bij de ontwikkeling van een bio-economie te maken hebben met een complex en onzeker veranderingsproces. Daarbij zijn er verschillende opvattingen over de manier om met dit veranderingsproces om te gaan. Moeten we de uitdaging van een bio-economie gewoon oppakken en al doende leren, of moeten we eerst waarborgen dat we het op de juiste, duurzame manier kunnen doen voordat we de vraag naar biomassa gaan vergroten? De Algemene Energieraad adviseerde de overheid in 2008 niet te afwachtend te zijn: “Een verdere aanscherping van de EU-duurzaamheidscriteria moet zeker onderdeel uitmaken van de Nederlandse inzet in het EU-onderhandelingstraject. De Raad is echter van mening dat men ergens mee moet aanvangen en men al doende zal leren” (AER, 2008). Ook het Platform Groene Grondstoffen wil graag werken aan oplossingen en niet alleen maar voorzichtig zijn. Het platform hoopt door het opzetten van projecten in de praktijk te ervaren welke moeilijkheden er eventueel opdoemen en hoe een en ander in duurzame banen te leiden is (interview PGG, 2009). Zo zegt de directeur van bedrijf Solarix, dat in de praktijk bezig is met dit soort innovaties: “We laten ons te veel leiden door bedreigingen in plaats van het benutten van kansen. En dan kom je ook niet ergens” (interview Hoitsma, 2009). Een groot deel van de milieubeweging en ontwikkelingsorganisaties ziet dit anders. Zij vrezen dat de negatieve gevolgen straks niet meer terug te draaien zijn. “Eigenlijk wordt de boel ons inziens altijd omgedraaid: eerst wordt er

beleid geformuleerd en uitgevoerd, en *dan* pas wordt gekeken of het ook duurzaam kan" (interview Oxfam Novib, 2009). Zolang er geen goede monitoring van macro-effecten plaatsvindt, aldus milieu- en ontwikkelingsorganisaties in een gezamenlijke brief aan het parlement, dient het voorzorgsprincipe prioriteit te krijgen, "onder andere middels het schrappen van de 4% bijmengplicht in 2010" (Natuur en Milieu, 2008c). En als we dan toch gaan verduurzamen en certificeren, laten we dat dan eerst binnen de bestaande, steeds groeiende voedselmarkt doen, alvorens de vraag te vergroten met andere toepassingen. Een ander kritiekpunt op het beleid is dat er voetstoots wordt uitgegaan van aannames als technologische vooruitgang en extra investeringen. "Wij zeggen: draai het nou eens om. Kijk eerst wat er duurzaam allemaal mogelijk is. Pas daar je beleid op aan" (interview Oxfam Novib, 2009).

Is al doende leren inderdaad meer een kwestie van 'error' dan van 'trial', of is het voorzorgsprincipe vooral een mooi woord voor 'zitten en nietsdoen'? Sommigen verwijten de overheid dat ze biomassatoepassingen stimuleert zonder harde randvoorwaarden te kunnen stellen aan de productie, import en gebruik van biomassa om duurzaamheid te garanderen. Anderen brengen daartegen in dat we nú iets moeten doen om de duurzame samenleving dichterbij te brengen, en elk voordeel heeft nu eenmaal zijn nadeel. We moeten volgens hen niet op alle slakken zout leggen, maar naar de voordelen kijken die een economie op biologische basis heeft boven onze huidige economie op fossiele grondslag. Een honderd procent duurzame samenleving is een utopie, maar we kunnen toch in ieder geval proberen de huidige onduurzame situatie te verbeteren? Bovendien wordt er in de economie op fossiele basis vaak te weinig gekeken naar de totale uitstoot, waardoor de vergelijking oneerlijk is. De nadelen die olie oplevert op de winningslocaties zien velen hier niet (interview H. Bos, 2009). Anders gezegd, we moeten oppassen om alleen de bezwaren te zien van het nieuwe systeem zonder ons voldoende rekenschap te geven van de nadelen van het oude systeem. Door de verschillende visies op de beste innovatie-strategie lijkt er weinig aandacht te zijn voor de punten van overeenkomsten. Over de *kern* van het concept, het optimaal benutten van de biomassa, wordt weinig gesproken - juist omdat men het daar grotendeels over eens is.

3.6 Natuurlijkheid

Noties over natuurlijkheid vervullen een centrale rol in het debat over de biobased economy, omdat samenhangen met de verschillende posities die in het debat te onderscheiden zijn. De rol van natuurlijkheid in een debat over technologie was al eerder zichtbaar in het debat over gentechnologie. In dit debat maakten sommige partijen zich bijvoorbeeld veel zorgen over het overschrijden van de soortgrenzen door middel van gentechnologie. Dit werd door deze partijen als een natuurlijke barrière gezien, het overschrijden daarvan zou nieuwe, onvoorziene risico's met zich meebrengen. Voorstanders van gentechnologie hechtten minder waarde aan deze veronderstelde natuurlijke

barrière en de daarmee verbonden bijzondere risico's.

Noties van natuurlijkheid blijken dus een deel uit te maken van de visies van betrokkenen in het debat, terwijl ze vaak, in eerste instantie, onder de oppervlakte blijven schemeren. Deze paragraaf is een poging tot verheldering en schetst drie extreme posities in het debat, die een idee geven van het speelveld: een romantisch perspectief op de natuur, een gebruikersperspectief op de natuur en een controleperspectief.

Bio-economie in harmonie met de natuur

Het volgende citaat verwoordt treffend een romantische visie op de natuur en de bio-economie. De woorden zijn van Cees Veerman, voormalig minister van LNV, en hij sprak ze tijdens de conferentie 'Sustainability, rural development and rural tourism' in 2005.

"Ever since man began to grow food, herd cattle, build simple dwellings, his economy has been based on renewable natural resources. It has been like that for untold ages; let me remind you that the petroleum-based economy is a mere 140 years old and unlikely to survive into the next century. So let's not talk about the emergence of bio-based economy; let's call it a triumphant come-back."

Zoals te zien was in het historische hoofdstuk, was de periode voor de petroleum-economie verre van rooskleurig. Het is dus zeer de vraag of iedereen de comeback van deze periode als een 'triumftocht' ervaart. De romantische visie pleit eerder voor een zoektocht naar een nieuwe vorm van harmonie met de natuur. Door middel van nieuwe technologieën zou er in deze visie een nieuwe natuurlijke balans tot stand kunnen komen. Doordat biomassa een economische waarde krijgt, ontstaat er een motief om ecosystemen te beschermen: zij vormen immers waardevolle bronnen van grondstof. Dat zal echter wel gepaard moeten gaan met ingrijpende veranderingen in het mondiale sociaal-economische systeem. De bio-economie moet decentraal en met een grote diversiteit aan biomassa georganiseerd worden. Deze bio-economie is geslaagd als kleinschalige landbouw boertjes en lokale markten voorrang hebben boven grote multinationals en monoculturen die leveren aan de wereldmarkt. Als gentechnologie voldoet aan die voorwaarde, kan het onderdeel uitmaken van een geslaagde bio-economie. Deze visie is terug te vinden bij enkele milieu- en natuurorganisaties, ontwikkelingsorganisaties en soms in het internationale beleid.

Bio-economie als efficiënte omgang met de natuur

De ontsluiting van nieuwe grondstoffen is ook te beschouwen als een vergroening van de consumptiemaatschappij: fossiele grondstoffen maken immers plaats voor hernieuwbare, plantaardige grondstoffen op een manier die geen belasting vormt voor de voedselketen of de leefruimte. Om daadwerkelijk te ontsnappen aan de beperkingen van de fossiele economie en de dreiging van klimaatverandering, moeten we het grote gebaar niet schuwen. Het huidige mondiale

economische systeem biedt daarvoor de benodigde infrastructuur. Het ideaal van efficiëntie is daarbij een belangrijke voorwaarde. In principe staat de natuur aan de basis van meer efficiëntie. Er zijn veel waardevolle stoffen te vinden in plantaardig materiaal die de industrie kan benutten. Waar nodig kan de natuur worden aangezet tot meer efficiëntie door middel van genetische modificatie. Daarbij bieden de bio-economie en, in haar kielzog, genetische modificatie juist ook kansen voor marginale vormen van landbouw. Zij krijgen een grotere afzetmarkt en kunnen hun productie opvijzelen. Dit is dus hun kans om de vruchten te plukken van het huidige economische systeem. Deze visie leeft bij producenten van biobased producten, zoals de chemische industrie, producenten van biobrandstoffen en organisaties als het Platform voor Groene Grondstoffen. Maar ook het WWF omarmt (delen van) deze visie.

Bio-economie als controle over de natuur.

In deze visie biedt de natuur de ultieme grondstof voor een duurzame samenleving, waarbij de mens niets hoeft in te leveren aan comfort en ontplooiingsmogelijkheden. Sterker nog: biologisch materiaal biedt de mogelijkheid om de samenleving in allerlei opzichten te verbeteren. Ging het bij de voorgaande visie nog om het vervangen van bestaande grondstoffen door plantaardige grondstoffen, hier staat het ontsluiten van nieuwe mogelijkheden dankzij plantaardige grondstoffen centraal. Daarbij geldt nadrukkelijk dat plantaardige grondstoffen de basis vormen voor nieuwe, door mensen gemaakte, ontwerpen, bijvoorbeeld door genetische modificatie of synthetische biologie. Deze visie is te vinden bij een aantal vooraanstaande wetenschappers zoals Robert Carlson (2010), Craig Venter of biotechnoloog Lee M. Silver (2006) en innovatieve biotechbedrijven zoals Amyris. De technische controlevisie op de natuur wekt van oudsher veel maatschappelijke weerstand op. Kritische milieuorganisaties, zoals de ETC Group (2010) zien deze zoektocht naar nieuwe grondstoffen als de ultieme mechanisering van de natuur. Ze vrezen dat ieder plukje natuurlijk materiaal zal worden afgebroken tot bruikbare bestanddelen, opgeslorpt door de westerse consumptiemaatschappij en daarmee onbereikbaar voor mensen in ontwikkelingslanden en onttrokken aan de natuurlijke kringlopen. De weerstand tegen genetische modificatie sluit voor een deel aan bij dit standpunt. Het 'sleutelen aan planten' roept bij deze critici een onbehagen op over onze omgang met de natuur, die we geheel lijken te onderwerpen aan onze behoeften en waaraan we geen eigen, inherente waarde meer lijken toe te kennen. Een dergelijke positie is terug te vinden bij enkele milieu- en natuurorganisaties, waaronder Greenpeace. Daarnaast spelen er zorgen over de veiligheid van genetisch gemodificeerde organismen en over de mogelijkheid om deze organismen te controleren. Ook roept genetische modificatie veel weerstand op omdat het de macht van grote bedrijven verstevigt dankzij de mogelijkheid patenten op levend materiaal te verkrijgen. Dit onderstreept de hierboven beschreven angst dat al het levende materiaal verwordt tot grondstoffen voor de lifescience-industrie. Kwetsbare groepen als kleine boeren hebben het nakijken.

3.7 Conclusie

De meeste meningsverschillen rond de bio-economie, zo is in dit hoofdstuk gebleken, gaan over de productie van biomassa. Hier ligt mede een verschillende visie op natuurlijkheid aan ten grondslag. Over het idee van ketenefficiëntie en verwaarding van biomassa is wel brede overeenstemming, al lopen de meningen weer uiteen zodra de vraag aan de orde komt hoe die ketenefficiëntie te verwezenlijken is. We benoemen hier kort de belangrijkste punten. De belangrijkste maatschappelijke discussiepunten worden hier kort op een rij gezet.

Biomassaproductie

Het eerste deel van de keten roept het felste debat op. Het (grootschalig) importeren van biomassa heeft geleid tot discussies over de beschikbaarheid ervan en het waarborgen van de duurzaamheid. Volgens sommigen moeten we de vraag naar biomassa niet vergroten omdat voedsel, water en biodiversiteit al zo onder druk staan. Anderen hebben er juist vertrouwen in dat er, zeker met behulp van nieuwe technologieën en door meer efficiëntie, voldoende biomassa beschikbaar zal zijn.

Het waarborgen van de duurzaamheid van biomassa is een belangrijk punt van onenigheid. Hoe handhaven we duurzaamheidscriteria als biomassa goedkoper wordt dan olie? En hoe gaan we om met macro-effecten? Dit wordt extra lastig als de duurzaamheidscriteria slechts zouden gelden voor een gedeelte van de biomassa (namelijk voor vloeibare biomassa, gebruikt als biobrandstof). Zo'n ongelijke behandeling zou de bestaande criteria kunnen ondermijnen. Verder is het bij coproductie een extra lastige vraag welke duurzaamheid aan welke toepassing moet worden toegekend. En doordat de bio-economie de wereldhandel in biomassa vergroot, is er meer dan ooit behoefte aan transparantie en duurzaamheid op de wereldmarkt.

Een discussiepunt dat onder invloed van de bio-economie verder zou kunnen oplaaien, draait om genetisch gemodificeerde gewassen (ggo's). Dit smeult nu nog onder de oppervlakte in het biobrandstoffendebat, maar kan in de bio-economie een netelig punt blijken wanneer als gevolg van coproductie minder eenduidig te zeggen valt welk doel een bepaalde hoeveelheid biomassa dient.

Bioraffinage

Bij de volgende stappen in de keten, ontsluiting en bewerking, oftewel raffinage, staat vooral ter discussie of het vertrouwen in nieuwe generaties technologieën terecht is. Kunnen nieuwe technieken echt de problemen rond effectiviteit, efficiëntie en negatieve (indirecte) effecten van biomassagebruik oplossen? Nieuwe technologieën, zoals bioraffinage, vormen de ruggengraat van de bio-economie. Dit verscherpt nog eens extra de bestaande vragen over het realiteitsgehalte van de verwachtingen. Ook brengt deze nadruk op technologie kwesties met zich mee rond openheid: hoe kunnen armere landen meedraaien in een bio-economie als de rechten op het gebruik van de technologieën

beperkt zijn? Hiermee hangt ook de vraag samen waar een proces als bioraffinage het beste plaats kan vinden: waar wordt waarde aan de biomassa toegevoegd en wie profiteert daarvan?

Toepassing

Daar waar eindgebruikers concrete toepassingen consumeren, stelt met name de milieubeweging vragen over de duurzaamheid van de bio-economie als nieuw systeem. Het is een economie op basis van groene grondstoffen, die niet per se leidt tot gedragsverandering. Het lijkt zelfs onze afhankelijkheid van onduurzame praktijken, zoals autorijden, te versterken. Daarbij is voor de consument vaak onzichtbaar of een product bio-based is en, als het dat is, wat dat precies betekent voor de duurzaamheid ervan. Met biomassa kan de chemische industrie weliswaar energie besparen, maar dit geeft ons consumptiegedrag een zweem van 'groenheid' die niet altijd gegrond is. Het zet mogelijk zelfs aan tot meer consumptie, 'want het is toch groen'. Anderzijds lijken aan nieuwe oplossingen vaak aan strengere eisen te moeten voldoen gesteld te worden dan bestaande systemen, en kan een bio-economie zich vergeleken met het huidige systeem als een snellere en realistischere verduurzaming ontpoppen dan op afzienbare termijn met gedragsverandering te bereiken valt.

Nieuwe reststromen: ketenefficiency

Ketenefficiency is een belangrijk element van de bio-economie, waarvoor bij de meeste partijen draagvlak lijkt te zijn. Deze schakel van de keten roept dan ook de minste discussiepunten op. Het ketenperspectief geeft wel aanleiding tot vraagstukken rond de logistieke uitdagingen en wettelijke barrières. Bovendien kan de keuze voor een bepaald systeem van ketensluiting ook hier weer aan dat systeem verbonden belangen doen ontstaan.

Innovatie

De vraag is nu hoe het gedeelde ideaal van ketenefficiency toch te bereiken is. Daarbij zijn twee fundamenteel verschillende standpunten te onderscheiden. De aanhangers van '*learning by doing*' menen dat duurzaamheid geen helder begrip is, maar dat gaandeweg duidelijker zal worden hoe de inzet van biomassa het duurzaamst kan zijn. Daartegenover staan de aanhangers van het *voorzorgsprincipe*. Voor hen is biomassa alleen een goede optie voorzover het onomstotelijk duurzaam te noemen is. Zo niet, dan dreigt *lock-in*, waarbij onduurzame toepassingen een groot marktaandeel verkrijgen en de infrastructuur bepalen, waardoor er weinig ruimte voor duurzame alternatieven overblijft.

Natuurlijkheid

Het debat over de bio-economie komt voor een deel voort uit verschillende visies op natuur en natuurlijkheid. Er zijn drie centrale houdingen te onderscheiden. De visie "bio-economie als harmonie met de natuur" is vooral terug te vinden bij milieu- en natuurorganisaties, maar soms ook bij de overheid en wetenschappers. De visie "bio-economie als efficiënte omgang met de natuur" is vooral

terug te vinden bij industrie en wetenschappers. De visie "bio-economie als controle over de natuur" tenslotte is tevens terug te vinden bij pionierende wetenschappers en innovatieve industrie.

Referenties

AER. (2008). *Briefadvies biobrandstoffen*. Den Haag: Algemene Energie Raad.

B-Basic. *Bio-based Sustainable Industrial Chemistry*. Informatiefolder [z.j.].

'Biobrandstof versterkt het broeikas-effect'. In: NRC Handelsblad, 9 februari 2008.

Both ENDS. (2008). *Whither EU Biofuel Policy? The Flaws of a Target Based Approach*. Both ENDS Policy Note.

Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa. (2009). *Biobased Economy, duurzaam en duidelijk. Advies over duurzaamheidscriteria vaste biomassa*. http://www.corbey.nl/includes/download.asp?media_id=610..

Commissie Genetische Modificatie, Commissie Biotechnologie bij Dieren, Gezondheidsraad. (2010). *Trendanalyse Biotechnologie 2009. Mondiaal Momentum*. Bilthoven: Commissie Genetische Modificatie.

EnergieTransitie. <http://www.energietransitie.nl>.

Energieverslag Nederland (ECN). <http://www.energie.nl>.

EurActiv. (2009). 'Brazil Warns EU on Biofuel Sustainability'. <http://www.euractiv.com/en/energy/brazil-warns-eu-biofuel-sustainability/article-188445>, 18 december 2009.

Greenpeace. <http://www.greenpeace.nl/campaigns/klimaatverandering/de-oplossing/schone-energie/schone-biomassa>.

"'Groene Goud' krijgt nog geen vleugels, veel twijfel over vliegen op algen." In: *De Financiële Telegraaf*, 26 september 2009.

'Gras is geen afval maar een multifunctionele grondstof'. In: *Het Financieele Dagblad*, 28 november 2009.

IUCN. http://www.iucn.nl/onze_themas/biomassa/.

IUCN, Both ENDS, Stichting Natuur en Milieu en Milieudefensie. *Factsheet Tweede-generatie Biobrandstoffen*. http://www.bothends.org/uploaded_files/Q_A_tweede_generatie_biobrandstoffen.pdf. [z.j.]

Karimi, F. (2008). 'Biobrandstof verergert klimaat- en voedselcrisis'. In: *Reformatorisch Dagblad* en *Agrarisch Dagblad*, 16 juli 2008.

'Landbouw doet natuurlijke opname CO2 teniet'. In: *Algemeen Dagblad*, 23 november 2009.

Lindo, N.A. 'Bio-Plastics as the New Fool's Gold'. <http://ecomattersdaily.com/2009/07/bio-plastics-are-not-the-answer/>, 24 juli 2009.

LNV. (2005). Speech door de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, dr. C.P. Veerman, tijdens het symposium Bio-Based Economy, Wageningen, 6 december 2005. (Uitgesproken door Directeur-Generaal mr. R.M. Bergkamp.)

LNV. (2007). *Overheidsvisie op de Bio-based Economy in de energietransitie: 'de keten sluiten'*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV. (2008). *Landbouw, rurale bedrijvigheid en voedselzekerheid*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Lugt, H. van der. (2009a). 'De voedselcrisis kan zich zo weer herhalen'. In: *NRC Handelsblad*, 14 november 2009.

Lugt, H. van der. (2010a). 'Ieder heeft zijn eigen feiten in het debat over gewassen'. In: *NRC Handelsblad*, 20 januari 2010, p.14.

Milieudefensie. <http://www.milieudefensie.nl/globalisering/activiteiten/bio-brandstoffen-1/biobrandstoffen>, en <http://www.milieudefensie.nl/globalisering/nieuws/biobrandstofvlucht-lost-problemen-niet-op/view?searchterm=klm>.

Milieudefensie. (2009). 'Cramer maakt klimaatbeleid eindelijk verplichtend'. Persbericht Milieudefensie, 1 december 2009.

'Nederlandse regels beknootten groene economie'. In: *Trouw*, 6 maart 2008.

NEN (centrum voor normalisatie). <http://www2.nen.nl/nen/servlet/dispatcher.Dispatcher?id=284765>.

Nie, D. de. (2007). 'De wereld maakt zich op voor biobrandstoffen. Wat zijn de consequenties?'. In: *Tijdschrift Ecologie en Ontwikkeling. Nieuwsbrief van het Nederlands Comité voor IUCN* 15, nr. 73, pp. 20-23.

Nieuwstadt, M. van. 'Rijden op Gras'. In: *NRC Handelsblad*, 28 juli 2007.

OECD. (2007). *Biofuels. Is the Cure Worse than the Disease? Prepared for the Round Table on Sustainable Development*. Parijs: Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD. (2008). *Economic Assessment of Biofuel Support Policies*. Parijs: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Oxfam International. (2008). *Another Inconvenient Truth. How Biofuel Policies Are Deepening Poverty and Accelerating Climate Change*. Oxfam International. [z.p.]

PBL. (2010). *Identificatie van de indirecte effecten van de productie van bio-energie*. Bilthoven/Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PGG. (2007). *Groenboek Energietransitie*. Den Haag: Platform Groene Grondstoffen.

PGG. (2009a). *6 PGG aanbevelingen voor Bio-based economy in Nederland*. Sittard: EnergieTransitie, Platform Groene Grondstoffen.

Projectgroep Duurzame Productie van Biomassa. (2006). *Criteria voor Duurzame Biomassa Productie: Eindrapport*. Den Haag: Task Force Energietransitie.

Regio Noord-Veluwe. http://www.regionoordveluwe.nl/client/1/?websiteid=1&contentid=625&hoofdid=107&pagetitle=Bio-based_Economy.

Resource. (2009). 'Gaan planten de wereld redden?' In: *Resource* 4, nr. 8, pp.14-19.

Rice, T. (2010). *Meals per Gallon. The Impact of Industrial Biofuels on People and Global Hunger*. Londen: ActionAid.

Schenkel, M. (2009c). 'Afrika verbouwt voedsel voor rijkere landen. "Outsourcing" van voedsel- en biobrandstofproductie naar ontwikkelingslanden bevat risico's voor bevolking, stellen VN'. In: *NRC Handelsblad*, 9 juli 2009.

SNM (Stichting Natuur en Milieu). (2007). 'Brief aan de leden van de vaste Commissie voor Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit uit de Tweede Kamer der Staten-Generaal', 22 november 2007.

SNM. (2008a). 'Brief aan de leden van de vaste Commissie voor Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit uit de Tweede Kamer der Staten-Generaal', 1 december 2008.

SNM. (2008b). *Heldergroene Biomassa*. Utrecht: Stichting Natuur en Milieu.

SNM. (2008c). Namens de gezamenlijke milieu- en ontwikkelingsorganisaties. 'Brief aan de leden van de vaste Commissies voor Buitenlandse Zaken en voor Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer uit de Tweede Kamer der Staten-Generaal', 28 november 2008.

SNM. (2010). *De verborgen klimaateffecten van Biobrandstoffen*, Utrecht: Stichting Natuur en Milieu.

Verburg, G. (2009b). 'Voedselcrisis komt niet door biobrandstoffen'. Ingezonden brief van Minister van LNV Gerda Verburg. In: NRC Handelsblad, 21 november 2009.

WNF. <http://www.wnf.nl/nl/actueel/nieuws/?act=actueel.details&bericht=5496> l.

WNF. (2006). *Factsheet: Een oplossing voor klimaatverandering. Bio-energie*. Zeist: Wereld Natuur Fonds.

WWF. (2009). *Industrial Biotechnology. More Than Green Fuel in a Dirty Economy?* Copenhagen: Denmark World Wide Fund for Nature

4



4 Innovatie: op weg naar een bio-economie?

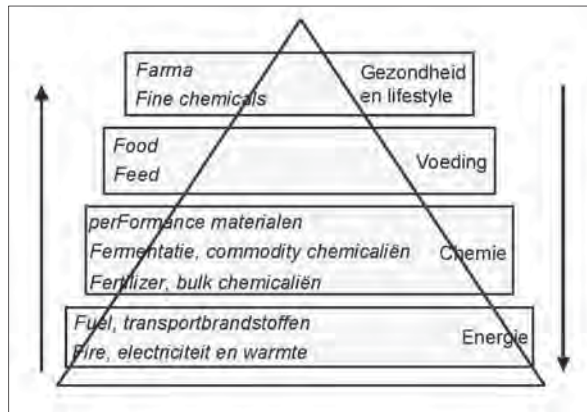
Huib de Vriend en Dirk Stemerding

We maken al sinds mensenheugenis gebruik van biomassa, al dan niet in bewerkte vorm, om in onze behoeften aan voedsel, energie, medicijnen, kleding, verf- en kleurstoffen, cosmetica, verzorgende producten en bouwmaterialen te voorzien. Nog altijd vormen planten en dieren belangrijke bronnen voor onder meer textiel, leer, papier en farmaceutische bestanddelen. De gedachte achter de bio-economie is dat biomassa in de toekomst voor een veel groter deel in onze behoefte aan dergelijke producten kan voorzien. Innovatie vormt daarvoor een belangrijke voorwaarde. Innovatie houdt daarbij meer in dan alleen technologische vernieuwing. Het gaat ook om een proces van 'transitie', met als doel om verschillende ketens van biomassaproductie en -omzetting optimaal op elkaar af te stemmen. In dit hoofdstuk gaan we nader in op de vraag hoe innovatie bijdraagt aan de ontwikkeling van een bio-economie.

Centraal in de bio-economie staat het concept *bioraffinage*. Zoals ruwe olie in de petrochemie optimaal wordt benut door scheiding in verschillende fracties, zo laat ook biomassa zich scheiden in koolwaterstoffen (suikers, zetmeel), vezelachtige stoffen (lignine), eiwitten, vetten, vitamines, kleur- en smaakstoffen en andere componenten. Die componenten kunnen ieder een aparte toepassing krijgen. Het idee is dat biomassa op deze manier veel efficiënter te gebruiken is en een veel hogere economische waarde krijgt dan wanneer de biomassa in ruwe vorm, zonder scheiding in componenten, zou zijn ingezet. Dit idee vinden we terug in de 'waardepiramide'.

De waardepiramide laat zien hoe biomassa optimaal te benutten is door verschillende vormen van verwerking nauwgezet op elkaar af te stemmen. In de top van de piramide worden uit de geproduceerde biomassa eerst zo veel mogelijk componenten gewonnen die bruikbaar zijn om hoogwaardige producten te maken, zoals geneesmiddelen, speciale voedingsstoffen en voedingsmiddelen. De resterende biomassa gaat vervolgens naar meer laagwaardige toepassingen zoals veevoer, bioplastics, bulkchemicaliën of biobrandstoffen. Wat dan nog overblijft, is inzetbaar bij de elektriciteitsopwekking (LNV, 2007). Zo zal bijvoorbeeld de aardappelzetmeelindustrie in de toekomst mede gericht zijn op het winnen van hoogwaardige eiwitten en de benutting van reststromen voor de productie van biogas. In de conventionele verwerking van fabrieksaardappelen gaat het in hoofdzaak om het winnen van zetmeel als hoofdproduct, terwijl de reststromen op het land achterblijven (blad) of in veevoer belanden (aardappelpulp).

Figuur 4.1: 'Waardepiramide'



Bron: LNV, 2007:19

Dit hoofdstuk is opgebouwd uit drie delen. In het eerste deel bespreken we de technieken en vormen van technologische innovatie die een rol spelen in het concept van bioraffinage. In het tweede deel richten we onze aandacht op de verwerking van biomassa en op daarmee verbonden technologische innovaties in de verschillende segmenten van de waardepiramide. In het laatste deel staan we stil bij de wijze waarop in de bio-economie verschillende activiteiten in de waardepiramide op elkaar moeten worden afgestemd. Daarmee maken we duidelijk dat voor een bio-economie een transitie nodig is, waarvan de slagingskansen niet alleen afhangt van (nieuwe) technologische mogelijkheden, maar ook van politieke, economische en ecologische vraagstukken waarop het antwoord nog niet gegeven is.

Dit hoofdstuk is samengesteld aan de hand van een omvangrijk literatuuronderzoek. In aanvulling daarop is een aantal betrokkenen gevraagd naar hun visie op de kansen en bedreigingen voor bio-based toepassingen in de economie.

4.1 Bioraffinage

Het concept van bioraffinage bestaat niet alleen op papier. Tal van onderzoeksinstellingen en bedrijven werken al hard aan de verdere ontwikkeling van de noodzakelijke kennis, technologie en de logistieke oplossingen die nodig zijn om een grootschalige en duurzame productie en verwerking van biomassa mogelijk te maken. De voor bioraffinage wezenlijke afstemming tussen verschillende schakels in de productie- en distributieketens zien we terug in diverse samenwerkingsverbanden tussen bedrijven die gespecialiseerd zijn in de productie van suikers, zoals Tate & Lyle en het Braziliaanse Cosan, met petrochemische bedrijven als DuPont en Shell (DuPont, 2007). In enkele gevallen komt de integratie binnen een bedrijf zelf tot stand. Voorbeelden daarvan vinden we niet alleen bij bedrijven die zijn gespecialiseerd in de productie en

verwerking van granen, zoals Cargill en ADM, maar ook bij gebruikers van biobased producten, zoals Toyota en Mitsubishi.

In dit deel van het hoofdstuk bespreken we de technieken en technologische innovaties die een belangrijke rol spelen bij de ontwikkeling van bioraffinage. We maken daarbij onderscheid tussen *mechanische scheidingstechnieken*, *thermochemische conversietechnieken* en *biochemische conversietechnieken*. Het zijn met name biochemische conversietechnieken die steeds meer mogelijkheden bieden voor de verwerking van biomassa. Ontwikkelingen op het gebied van de biotechnologie, het genomicsonderzoek en de synthetische biologie spelen daarbij een essentiële rol. Het gaat daarbij niet alleen om technieken die biomassa kunnen omzetten in uiteenlopende producten, maar ook om de afstemming van de eigenschappen van planten en algen op de vereisten voor optimale verwerking en benutting.

4.1.1 Mechanische scheiding en thermochemische conversietechnieken

Producten op biologische basis zijn te verkrijgen uit hele organismen, zoals planten en algen, uit reststromen, bijvoorbeeld plantendelen of mest, of uit een oplossing met micro-organismen in een bioreactor. Daarvoor zijn uiteenlopende scheidings- en verwerkingstechnieken beschikbaar in de vorm van fysische, mechanische, thermische en chemische processen. Meestal worden in een eerste stap vaste stoffen en vloeistoffen gescheiden en wordt een product geëxtraheerd, gevolgd door verdere concentratie, opzuivering en verwerking (Vogel en Tadarò, 1997).

Mechanische scheiding

Mechanisch scheiden van verschillende soorten biomassa vindt plaats bij de oogst en verwerking van gewassen, wanneer de bruikbare plantendelen zoals bladeren, wortels, knollen, vruchten, zaden en vezels worden afgezonderd van de rest van de plant. Niet bruikbare plantendelen blijven daarbij veelal achter op het land, om later ondergeploegd te worden. Dergelijke resten worden echter ook steeds vaker afzonderlijk geoogst voor verdere verwerking tot meer hoogwaardige producten. Denk daarbij aan het gebruik van delen van zaden en vruchten na persing, schillen van vruchten en knollen, het residu na suikerextractie van suikerbieten, en zaagresten.

Voor het scheiden van vaste en vloeibare componenten van biomassa is *centrifugatie* een bruikbare techniek, zoals bij het ontwateren van mest. Deeltjes van verschillende omvang zijn te scheiden door *filtratie* met behulp van zeven of membranen, bijvoorbeeld bij het opwerken (reinigen) van stortgas tot aardgas-kwaliteit. De verschillende technieken van mechanische scheiding zorgen daarbij uiteindelijk voor de verdeling van diverse vormen van biomassa in fracties met een geschikte samenstelling, zuiverheid en afmeting. Die verdeling maakt het mogelijk om de (verdere) verwerking en het gebruik van biomassa te optimaliseren. Een voorbeeld is Grassa, een consortium in de agrosector dat met relatief

eenvoudige middelen duurzaam graseiwit wil produceren voor de diervoedersector. Dat kan een eiwitrijk product als sojaschroot vervangen. In het Friese Oenkerk staat een proeffabriek waar men gras zodanig kneust en vermaalt dat men het aanwezige grassap eruit kan persen, waarna de grasvezel overblijft. In het sap zit het graseiwit opgelost. Door het sap te verwarmen krijgt het eiwit een vaste vorm en kan het worden afgescheiden. De resterende grasvezel levert een nieuwe, duurzame vezel voor de papier- en kartonindustrie. Het uiteindelijke doel is een mobiele installatie voor de verwerking van gras.¹

Thermochemische conversie

Bij thermochemische conversie van biomassa komt als eerste *verbranding* in beeld. De eerste stap is voorbereiding (verkleinen, drogen) om een zo goed mogelijk verbrandingsresultaat te verkrijgen. Directe toepassingen zijn te vinden in bijstook van biomassa in energiecentrales. De afgelopen decennia zijn moderne verbrandingstechnologieën ontwikkeld, die biomassa op een efficiënte en schone manier omzetten in energie. Voorbeelden zijn volledig geautomatiseerde pelletketels, bij- en meestookinstallaties en systemen voor warmtekrachtkoppeling voor een grote verscheidenheid van biomassa-soorten.

Een andere vorm van thermochemische conversie is vergassing. Bij een temperatuur boven de 200 graden Celsius wordt biomassa gedepolymeriseerd. Een van de eindproducten van het proces is furfural, een kleurloze tot lichtgele, olieachtige vloeistof die zwaarder is dan water. Furfural is in de eerste plaats een grondstof voor andere chemische en farmaceutische stoffen, maar vindt ook toepassing als geurstof, impregneermiddel, brandstofadditief en als oplosmiddel in de petrochemie. Zuurstofarme verbranding van biomassa, gevolgd door stoomtoevoeging, katalyse en zuivering, kan ook het zogenaamde syn(these)gas opleveren, een mengsel van koolmonoxide en waterstof. Van syngas kunnen synthetische koolwaterstoffen worden gemaakt. Deze stap staat bekend als het *Fischer-Tropsch-proces* en werd vooral toegepast in Duitsland in de jaren voor en tijdens de Tweede Wereldoorlog om synthetische motorbrandstoffen te maken. Op dit moment staat het proces weer in de belangstelling vanwege de mogelijkheid om diesel uit biomassa te produceren (Boerrigter en Van der Drift, 2004). Er zijn daarbij nog technische problemen te overwinnen, vooral om de brandstof geschikt te maken voor de huidige motoren en een goede verdere verwerking te vinden voor de teer die vrijkomt in het proces.

Torrefactie en *pyrolyse* zijn vormen van thermochemische conversie waarbij biomassa wordt omgezet door verhitting zonder zuurstof. Het bekendste voorbeeld van torrefactie is de productie van houtskool. Torrefactie is ook toepasbaar op reststromen uit de landbouw. Het eindproduct bestaat uit biokolen die geschikt zijn voor meestook in kolencentrales². Met behulp van pyrolyse kan men biomassa omzetten in olie. In 2005 startte Innovatienetwerk

1 www.grassanederland.nl

2 www.dutchtorrefactionassociation.eu

samen met Staatsbosbeheer, de Biomass Technology Group in Enschede en enkele andere partijen het project Grasoil. Het doel was om gras uit natuurgebieden te benutten voor de productie van pyrolyse-olie. Deze olie is geschikt om bij te stoken in energiecentrales en in de glastuinbouw, bij te mengen in transportbrandstoffen of te verwerken tot andere waardevolle componenten. Het project is eind 2007 beëindigd. Aan de verdere ontwikkeling van de technologie wordt volop gewerkt, maar grootschalige productie van pyrolyse-olie voor transportbrandstof zal nog de nodige jaren vergen (Innovatienetwerk, 2008; Dossier Biomassa 2010).

4.1.2 Biochemische conversie

Fermentatieprocessen: van graskuil tot high-tech enzymen

Biochemische conversie is al heel lang en op zeer uiteenlopende manieren gangbaar in de vorm van *fermentatie* (vergisting) van biomassa.

Fermentatieprocessen kunnen direct worden toegepast op ruwe biomassa of op de verkregen fracties na mechanische scheiding. Voorbeelden van klassieke fermentatie zijn de bierbrouwerij, het rotten van vlas voor de linnenproductie, het inkuilen van maïs en gras voor veevoeders en de vergisting van mest en ander afval. Onderzoek naar de fermentatie van diverse soorten biomassa vindt op grote schaal plaats en is gericht op een zodanige vergisting dat deze waarde toevoegt in de keten.

Fermentatieprocessen zijn gebaseerd op de biokatalytische werking van enzymen uit micro-organismen. Bedrijven als Novozymes, DSM en Genencor produceren ook commerciële, zuivere vormen van enzymen voor uiteenlopende productieprocessen. Enzymen zorgen voor specifieke biochemische omzettingen en werken over het algemeen onder milde omstandigheden, waardoor de bewerkingsprocessen weinig energie kosten. Bovendien zijn enzymen biologisch afbreekbaar. Zodoende vormen ze in veel gevallen een milieuvriendelijk alternatief voor agressieve en milieuvervuilende stoffen. Er zijn al vele enzymen voor industriële toepassingen op de markt: voor wasmiddelen, schoonmaakmiddelen en cosmetica, voor de papier-, textiel-, veevoeder- en leerindustrie en voor de productie van biobrandstoffen. In de zetmeelindustrie zijn enzymen een alternatief voor zuren, in de textielindustrie vervangen ze onder meer alkalische stoffen, in de leerlooierij zijn ze te gebruiken als alternatief voor sulfiden en in de papierindustrie als vervangers van chloorbleekmiddelen. Ook afvalwaterzuiveringsinstallaties werken met enzymen.

Een staaltje meet- en regeltechniek

Wie een kijkje gaat nemen in de fabrieken van DSM in Delft of van Genencor in Gent ziet daar vooral enkele grote stalen vaten, leidingen, kranen en veel meetapparatuur. Dat is het typerende beeld van de high-tech *bioreactor*, waarin biochemische conversieprocessen op industriële schaal plaatsvinden. Een

bioreactor is een vat waarin zich micro-organismen van een specifieke stam bevinden, die onder geoptimaliseerde omstandigheden een product maken. De micro-organismen halen hun voedingsstoffen uit een substraat dat over het algemeen uit suikers bestaat. De omstandigheden in de bioreactor staan onder nauwkeurige controle. Factoren als zuurstofgehalte, zuurgraad, temperatuur, celdichtheid en substraat- en productconcentraties worden voortdurend gemeten en zonodig bijgesteld (Ahmann en Dorgan, 2007). Er moet worden geroerd, belucht, gekoeld en er moeten voedingsstoffen worden toegevoegd en (afval-)producten afgevoerd. Dat vereist goede meet- en regeltechniek.

In de afgelopen veertig jaar zijn verschillende bioreactortypen ontwikkeld, variërend van geroerde vaten tot bellenkolomreactors (*bubble columns*). Het opschalen van nieuwe fermentatieprocessen die op laboratoriumschaal goed werken naar industriële installaties vergt veel kennis. Om alle processen te sturen zijn computermodellen onmisbaar. Die modellen bevatten kennis over de manier waarop het microbiële metabolisme zich in de reactor ontwikkelt. Voor de analyse van grote metabole netwerken wordt vaak gebruikgemaakt van met isotopen gelabelde substraten om de verwerking van bestanddelen in de cel te kunnen volgen. *Real-time sensing* (continue meting) van de vloeistofstromen en (tussen)producten in het reactorvat maakt het mogelijk om reactormodellen in de praktijk te valideren en het biochemische conversieproces voortdurend te volgen en zonodig (automatisch) bij te sturen. Hiervoor zijn in het verleden electrochemische sensoren en spectroscopische technieken ontwikkeld. Een meer recente methode maakt gebruik van de expressie van een groen fluorescentie-eiwit dat geactiveerd wordt door de aanwezigheid van bepaalde moleculen. Hierdoor is bijvoorbeeld de aanwezigheid en concentratie van een product goed te volgen (Ahmann en Dorgan, 2007).

De biotechnologie als nieuwe sleuteltechnologie

De bioreactor maakt het mogelijk om de omstandigheden waaronder biochemische conversieprocessen op industriële schaal plaats vinden steeds nauwkeuriger te volgen en optimaliseren. Daarbij biedt de biotechnologie bovendien een steeds groter arsenaal aan mogelijkheden om stofwisselingsroutes in (micro-)organismen op specifieke manieren te herontwerpen. In hoog tempo komen nieuwe technieken beschikbaar die het mogelijk maken grote hoeveelheden genetisch materiaal te analyseren. Ook de mogelijkheden voor modificatie van erfelijke eigenschappen zijn inmiddels zó geavanceerd, dat de technieken waarmee de eerste transgene micro-organismen en gewassen zijn ontwikkeld, al haast klassiek te noemen zijn. Daarmee heeft de biotechnologie zich ontwikkeld tot een sleuteltechnologie voor de verdere ontwikkeling van een bio-economie. Die ontwikkeling omvat zowel de 'witte' industriële biotechnologie als de 'groene' plantenbiotechnologie. Innovatie op het gebied van de witte biotechnologie is van belang voor het gebruik van micro-organismen bij de verwerking van biomassa tot bruikbare bestanddelen en voor de productie van energiedragers. Innovatie op het gebied van de groene biotechnologie is van

belang voor het optimaliseren van zowel gewassen als algen die kunnen dienen als (nieuwe) bronnen van biomassa. Hieronder gaan we specifiek in op enkele biotechnologische ontwikkelingen die in het bijzonder bijdragen aan de innovatiemogelijkheden op deze beide gebieden.

Analyse en identificatie: van microarrays tot DNA-merkers

Automatisering van het proces waarbij DNA in hoog tempo wordt 'gelezen' heeft het mogelijk gemaakt om grote hoeveelheden genetisch materiaal in korte tijd te analyseren. Daarbij spelen zogeheten *microarrays* ('DNA-chips') een welhaast onmisbare rol. Dankzij de grootschalige analyse van genetisch materiaal komt er steeds meer kennis beschikbaar over zogeheten DNA-merkers. Dat zijn stukjes DNA die altijd voorkomen in combinatie met een bepaalde eigenschap. Zo zijn er voor tal van plantengewassen inmiddels vele soorten DNA-merkers gevonden: voor ziekteresistenties, voor zouttolerantie, voor de bakkwaliteit van tarwe, voor een hoog lycopeen gehalte in tomaten enzovoort. Deze DNA-merkers maken het mogelijk om heel precies vast te stellen of een bepaalde eigenschap in conventionele kruisingsproducten aanwezig is. Dat kan op basis van een DNA-monster, zodat het niet nodig is om de nakomelingen op te kweken en op basis van fysische of chemische eigenschappen te selecteren. Dit betekent voor veredelaars enorme tijdwinst. Bovendien wordt het mogelijk om te selecteren op eigenschappen waarop met de klassieke middelen niet zo makkelijk te selecteren valt (EU-SOL, 2010; Lammerts van Bueren et al., 2010; Vogel, 2009).

Exploreren van biologische diversiteit: x-omics-onderzoek

Grootschalige analyse van genetisch materiaal maakt het ook mogelijk om de biologische diversiteit op aarde op nieuwe manieren te exploreren. Naast de circa 400.000 plantensoorten leeft er op aarde een schier oneindig aantal soorten micro-organismen en algen waarvan slechts een zeer klein deel is beschreven (Whitman et al., 1998). Deze herbergen naar verwachting nog vele interessante eigenschappen voor de bio-economie. Daarom vindt er op allerlei plekken op aarde een inventarisatie plaats van de bestaande biodiversiteit. Een voorbeeld is Craig Venters expeditie *Sorcerer II*. Op een luxe jacht doorkruist Venter met zijn bemanning de wereldzeeën om iedere 200 mijl een watermonster te nemen. (Shreeve, 2004). De modernste machines helpen om in razendsnel tempo de basenvolgorde van het aanwezige DNA in de monsters in kaart te brengen (*DNA sequencing*). Omdat het hier gaat om het analyseren van grote aantallen monsters die in uiteenlopende milieus zijn genomen, en dus om grote hoeveelheden DNA, heet dit type onderzoek ook wel 'metagenomics'. Dankzij de ontwikkeling van steeds snellere DNA sequencingtechnieken heeft dit metagenomicsonderzoek een hoge vlucht genomen (Marco, 2010; Madrigal, 2008). Anno 2011 kunnen de nieuwste sequencemachines in een uur tijd 40 tot 60 miljoen basen aflezen, meer dan in de bacterie *E. coli* (4,6 miljoen basenparen) of bakkersgist (*Saccharomyces cerevisiae*, 12,1 miljoen basenparen) aanwezig zijn. Naar verwachting zullen nieuwe software, nanotechnologie en andere technieken de snelheid nog verder doen toenemen (Bourzac, 2009;

Karow, 2010). Vergelijkbaar onderzoek wordt verricht aan monsters genomen uit uiteenlopende bodemtypes en tal van andere leefmilieus, waarbij de belangstelling vooral uitgaat naar locaties gekenmerkt door extreme zuurstofgehalten, zuurgraden, temperaturen en dergelijke (Schloss, 2009).

Om al deze DNA-gegevens te koppelen aan eigenschappen en het functioneren van cellen is een hele verzameling technologieën beschikbaar, ook wel aangeduid als *x-omics*. Grofweg zijn daarbij vier wetenschapsgebieden te onderscheiden (CBD, 2009). *Genomics* bestudeert het genoom (DNA) van organismen. *Transcriptomics* bestudeert de activiteit van genen (RNA-expressie). *Proteomics* onderzoekt de structuur van genproducten (proteïnen oftewel eiwitten). *Metabolomics* onderzoekt de rol van kleine organische moleculen in de cellulaire stofwisseling (metabolisme). Tezamen geven deze onderzoeksgebieden een beeld van hoe de moleculaire processen in levende cellen samenhangen en hoe cellen onder uiteenlopende omstandigheden functioneren.

Modificatie van erfelijke eigenschappen: van recombinant-DNA tot synthetische biologie

Met de groeiende kennis van het genoom nemen ook de mogelijkheden toe om de erfelijke eigenschappen van organismen gericht te veranderen. Inmiddels klassiek zijn de *recombinant-DNA-technieken* waarmee één of meerdere genen aan het DNA van een cel kunnen worden toegevoegd. Een radicalere vorm van genetische modificatie is *DNA-shuffling*, waarbij genen eerst op willekeurige wijze in stukken worden geknipt waarna de fragmenten weer worden gecombineerd (Coco et al., 2001; Joern, 2003). Op deze manier ontstaat een groot aantal mutanten, die vervolgens worden gescreend op specifieke eigenschappen. Dit proces kan zo nodig worden herhaald. Men noemt deze aanpak ook wel 'geleide evolutie' (*directed evolution*) (Trafton, 2010). Het proces is al met succes toegepast voor de verbetering van de biokatalytische activiteit van industriële enzymen en voor de ontwikkeling van herbicidetolerante maïs door DuPont Pioneer (Hibbert en Dalby, 2005; Rubin-Pitel en Huimin, 2006; Castle et al., 2004).

Een stap verder is het gebruik van geautomatiseerde systemen voor combinatoriële gentechnologie zoals *multiplex genome engineering and accelerated evolution* (MAGE). Door in herhaalde stappen synthetisch DNA (zie hieronder) toe te voegen muteert het chromosoom op meerdere plaatsen tegelijk. Met deze techniek kunnen onderzoekers in een dag enkele miljarden mutanten van de *E. coli*-bacterie maken. Het is gelukt om op die manier binnen enkele dagen *E. coli*-varianten te isoleren met een verviervoudigde lycopenproductie (Wang et al., 2009). Lycopen is een helderrode antioxidant die van nature in tomaten en andere rode vruchten zit en onder meer als ingrediënt en voedingssupplement in boter, margarine, soepen, sauzen en gebak zit. Er zijn aanwijzingen dat lycopen gezondheidsbevorderende effecten zou hebben.

De eigenschappen van organismen kunnen ook gericht worden veranderd door

beïnvloeding van de *genexpressie*. Genexpressie is het proces waarbij informatie in het DNA wordt vertaald in RNA en vervolgens in eiwitten. Dit proces is op uiteenlopende manieren te reguleren. Met behulp van specifieke promoters, relatief kleine stukjes DNA, kan men de efficiëntie van de genexpressie vergroten. Door middel van RNA-interferentie kunnen genen ook worden uitgeschakeld, waarbij men gebruik maakt van stukjes RNA die zeer specifiek de expressie van genen kunnen blokkeren (Ahmann en Dorgan, 2007). Deze technieken zijn zeer gangbaar bij de modificatie van planten (Schaart en Visser, 2009) en micro-organismen³.

In combinatie leveren de hier genoemde technieken toenemende mogelijkheden op voor *metabolic pathway engineering*, het aanpassen van de stofwisselingsroutes in zowel micro-organismen als planten (Yang et al., 1998; DellaPenna, 2001; Novozymes, 2010). Op de computer nagebootste stofwisselingsroutes (*in silico*-modellen) maken het mogelijk om voorspellingen te doen over het effect van specifieke genetische aanpassingen op het gedrag van cellen. Op basis daarvan kan genetische modificatie steeds gericht worden toegepast in micro-organismen voor de productie van enzymen en in planten voor de productie van hoogwaardige biochemische componenten zoals farmaceutische eiwitten (Hasunuma, 2009). Ook de activiteit van enzymen kan daarbij op specifieke manieren worden aangepast door *rational design*. Het is niet alleen de biochemische samenstelling die de activiteit van enzymen bepaalt, maar ook de driedimensionale structuur, de manier waarop enzymen in de ruimte zijn gevouwen. Dankzij technieken die deze structuur in beeld brengen en computerprogramma's waarmee simulatiemodellen op te stellen zijn, is veel meer bekend geworden over hoe de vouwing van enzymen hun effectiviteit beïnvloedt. Dat heeft het mogelijk gemaakt om zeer gericht, via kleine mutaties in het DNA, veranderingen aan te brengen die de effectiviteit van een enzym verbeteren.

Sinds enkele jaren is het mogelijk om op synthetische wijze gemaakt DNA 'op maat' te bestellen voor gebruik in genetische modificatie en *rational design*. Wereldwijd zijn er tientallen bedrijfjes die gesynthetiseerd DNA met elke gewenste DNA-volgorde kunnen leveren. Met behulp van dergelijk *synthetisch DNA* is het in principe mogelijk om elk gewenst genoom (na) te bouwen, al is het voorlopig nog erg moeilijk om dat foutloos te doen. In 2010 hebben onderzoekers van het Amerikaanse J. Craig Venter Institute een volledig levensvatbaar genoom gesynthetiseerd dat in staat is om zich in een cel te vermeerderen (J. Craig Venter Institute, 2010). De toegenomen mogelijkheden om DNA niet alleen te 'lezen', maar ook te 'schrijven' hebben geleid tot de opkomst van synthetische biologie als nieuw wetenschapsgebied (Van Est et al., 2007; GR, 2008). Het onderzoek in dit gebied richt zich op het (her)ontwerpen van biologische systemen met gebruikmaking van gestandaardiseerde DNA-modules waarvan de functies precies bekend zijn. De ontwerpende werkwijze is

3 www.eurekalert.org/features/doi/2004-11/ddoe-sdg111104.php

in principe toepasbaar op alle niveaus van de biologie - van individuele moleculen tot volledige cellen, weefsels en organismen. Synthetische biologie staat nog in de kinderschoenen en bevindt zich voornamelijk in de fase van onderzoek, maar kan op termijn van grote betekenis worden voor innovatie in de bio-economie.

Het gebruik van biomassa in de waardepiramide

Hoe kan innovatie bijdragen aan een optimaal gebruik van biomassa? In dit deel gaan we uit van het beeld van de waardepiramide. We bespreken de gebruiksmogelijkheden van biomassa in verschillende waardesegmenten voor de productie van 1) farmaceutica en fijnchemicaliën, 2) bulkchemicaliën en biomaterialen en 3) energie. In discussies over innovatie wordt vaak gesproken over nieuwe 'generaties' van technologie. Ook in discussies over de bio-economie is dat het geval, bijvoorbeeld wanneer het gaat om de 'tweede generatie' biobrandstoffen. In dit hoofdstuk maken we onderscheid tussen ontwikkelingen op korte en op lange termijn. Voor de korte termijn (tot 5 jaar) kijken we naar het gebruik van conventionele biomassabronnen en de daarmee verbonden technische ontwikkelingen. Voor de langere termijn (5 tot 20 jaar) kijken we naar nieuwe technologische mogelijkheden die te verwachten zijn. We richten ons daarbij in het bijzonder op de beloftes die 'witte' en 'groene' biotechnologie inhouden voor een meer efficiënte benutting van biomassa op basis van genetische modificatie van micro-organismen en planten. Ten slotte besteden we aandacht aan een aantal ontwikkelingen die uitzicht bieden op innovaties die radicaler zijn, maar ook nog verder in de toekomst liggen en in hoge mate onzeker zijn. Het gaat om ontwikkelingen op basis van technologische concepten die uitgaan van rechtstreekse benutting van zonne-energie. Ze stoelen wel op biologische processen, maar vinden plaats zonder tussenkomst van biomassa.

4.1.3 Farmaceutica en fijnchemicaliën

In de top van de waardepiramide vinden we hoogwaardige vormen van bio-massagebruik: farmaceutica en fijnchemicaliën. Bij fijnchemicaliën gaat het onder meer om vitamines, specifieke vetzuren en hydraulische oliën. Farmaceutica omvatten stoffen als antibiotica, vaccins, en (immuun)therapeutische eiwitten. Naast conventionele bronnen spelen genetisch gemodificeerde micro-organismen een steeds belangrijkere rol. Ook vinden er al geruime tijd experimenten plaats met de productie van farmaceutische eiwitten in genetische gemodificeerde planten.

Conventionele bronnen

Er zijn tal van conventionele bronnen van biomassa die fijnchemicaliën en farmaceutica kunnen leveren. Voorbeelden zijn calendula (goudsbloem), waarvan de olie als verfverdunder dienst kan doen, en de wonderboon, die dient als bron voor wonder- of castorolie, bekend als laxeermiddel en ook wel gebruikt als hydraulische vloeistof. Algen zijn eveneens een bron van speciale oliën. De alg *Chlorella* staat bekend om zijn hoge productiviteit. Met dertig tot

veertig ton droge stof per hectare is de opbrengst hoger dan die van welk landbouwgewas ook. *Chlorella* bevat bovendien veel eiwitten, vrijwel alle soorten vitaminen, sporenelementen en circa veertig procent olie. Vanwege de veronderstelde gezondheidseffecten van omega-3-vetzuren is de alg zeer populair in het alternatieve voedingscircuit. Verder vinden de ingrediënten toepassing in cosmetica en vis- en veevoeders (Van Kasteren, 2007). Een bekende conventionele microbiële bron van farmaceutica is *Penicillium chrysogenum* voor de productie van penicilline. Farmaceutica als codeïne en morfine worden gewonnen uit papaver, artemisinine (een antimalariamedicijn) uit artemisia en vincristine (een antikankermedicijn) uit maagdenpalm. Insuline werd tot de jaren tachtig gewonnen uit de alvleesklier van varkens en runderen.

Genetisch gemodificeerde micro-organismen

Al sinds 1982 is menselijke insuline op de markt die geproduceerd wordt met behulp van genetisch gemodificeerde micro-organismen: in de bacterie *E. coli* is een stukje menselijk DNA ingebouwd. Het eindresultaat is niet exact gelijk aan natuurlijke menselijke insuline, maar komt door voortdurende verbetering van de techniek wel steeds dichterbij in de buurt. Ook bij de productie van penicilline met behulp van de schimmel *Aspergillus* wordt al vele jaren gebruik gemaakt van genetische modificatie. DSM heeft voor de productie van het aminozuur 7-ADCA, een belangrijke bouwsteen bij de productie van antibiotica, met behulp van genetische modificatie een groene, economische route ontwikkeld (DSM, 2001). BASF produceert de voor mens en dier noodzakelijke vitamine B2 - tevens bekend als gele kleurstof in voedingsmiddelen - met behulp van de genetisch gemodificeerde bacterie *Bacillus subtilis* (GMO Compass, 2010).

Genetisch gemodificeerde planten

Een aparte categorie vormen de zogeheten 'farmagewassen', genetisch gemodificeerde gewassen die bestanddelen met farmaceutische werking produceren (COGEM 2004). Kort na 2000 zijn in de Verenigde Staten enkele honderden veldproeven uitgevoerd met onder meer mais, rijst, alfalfa en tabak, waarbij genen waren ingebouwd voor de productie van vaccins en therapeutische eiwitten. Ook in Frankrijk zijn enige tientallen van zulke veldproeven uitgevoerd. Er wordt eveneens gewerkt aan het inbouwen van diergeneeskundige vaccins in planten⁴ (Mayer, 2003) De hoop is dat dergelijke gewassen kunnen dienen als grondstof voor de farmaceutische industrie of te vermarkten zijn als 'eetbare vaccins'. Vanwege de mogelijke milieu- en gezondheidseffecten van ongecontroleerde verspreiding van farmagewassen hebben maatschappelijke organisaties, zowel in de Verenigde Staten als in Europa, zich fel tegen de komst van deze gewassen verzet. Het toekomstperspectief voor deze gewassen is onduidelijk.

4 www.bio.org/healthcare/pmp/factsheet2.asp

4.1.4 Biochemicaliën en biomaterialen

Allerlei vormen van biomassa zijn al volop in gebruik als uitgangsmateriaal voor de productie van biochemicaliën en biomaterialen. De belangrijkste toepassingen zijn bioplastics, vezelproducten en diverse basisgrondstoffen voor kunststoffen, lijmen, harsen, wasmiddelen en medicijnen. Als uitgangsmateriaal voor deze producten dienen vezels, suikers, zetmeel, oliën, vetten en eiwitten, alle uit plantaardige bron. Suikerriet en suikerbiet zijn de belangrijkste bronnen van vrije suikers. Zetmeel is voornamelijk afkomstig uit maïs, tarwe, aardappel en cassave. Koolzaad, soja en oliepalm zijn veelgebruikte bronnen van plantaardige olie. Daarnaast wordt gezocht naar mogelijkheden om genetisch gemodificeerde micro-organismen en planten in te zetten bij de productie van (grondstoffen voor) biochemicaliën en -materialen.

Conventionele bronnen

Bioplastics worden onder andere gemaakt op basis van zetmeel in de vorm van biologisch afbreekbare zetmeelplastics, die toepassing vinden in allerlei eindproducten, van bloempotten tot verpakkingsfolies (Bolck, 2006; Shen et al. 2009). Vanwege hun lichaamsvriendelijke eigenschappen zijn ze ook bruikbaar voor implantaten. Een veel gebruikte grondstof voor het maken van bioplastics zijn polyhydroxyalkaonaten (pha) die worden verkregen uit plantaardige oliën. Ten opzichte van conventionele plastics, heeft het gebruik van pha overigens een belangrijk nadeel: het hoge energiegebruik tijdens de productie (Van Ast et al., 2004). Een van de producenten van pha is het internationale graanverwerkende bedrijf ADM/MetaboliX. Sinds maart 2008 participeert DSM voor 200 miljoen euro in het bedrijf Tianjin Green Bio-Science in China, waarmee wordt geïnvesteerd in de bouw van China's grootste pha-fabriek (DSM, 2008). Ook bioplastics op basis van door fermentatie verkregen polymelkzuur (pla) komen in allerlei eindproducten voor. Een van de grote pla-producenten is NatureWorks, een dochterbedrijf van Cargill, de grootste graanverwerker ter wereld. Andere belangrijke pla-producenten zijn Toyota en Mitsui (Zuidhoff, 2007). Voor gebruik in de auto-industrie heeft DSM onlangs een hoogwaardig plastic composiet op de markt gebracht dat voor een belangrijk deel is gemaakt op basis van hernieuwbare grondstoffen, waaronder castorolie (DSM 2010a; Green Car Congress, 2010a).

Biovezels vinden onder meer toepassing in isolatiematerialen, waar vlaswol de tot dusverre gangbare minerale glas- en steenwol kan vervangen. Het bedrijf IsoVlas maakt diverse eindproducten op basis van vlas, zoals ondervloeren, dakbedekking en geotextiel voor de wegenbouw (Vellema, 2003). Ook verwerkt het bedrijf diverse restproducten in bouwmaterialen, zoals hout uit dunningen in plaatmaterialen en kokosvezels in kokosmatten (Van den Dobbelen en Alberts, 2001). Biovezels worden ook steeds meer toegepast in composieten. Zo produceert het bedrijf Tech-Wood houtcomposieten die een duurzaam alternatief bieden voor hardhout. Omdat ze licht van gewicht zijn, maakt vooral de auto-industrie hier graag gebruik van: hoe lichter een auto, des te zuiniger.

Suikers en oliën dienen als grondstof voor het maken van polyurethanen, een ingrediënt voor harsen en schuimen (Bos en Van Rees, 2004). Bij het produceren van harsen wordt ook gebruikgemaakt van het eerder genoemde furfural (zie paragraaf over thermochemische conversie). Het Belgische TransFurans Chemicals produceert furfurylalcohol en daarvan afgeleide harsen en ontwikkelt tevens nieuwe toepassingen, zoals harsen waarmee de duurzaamheid, hardheid en sterke van hout op milieuvriendelijke wijze kan worden vergroot (SenterNovem, 2009). Plantaardige oliën kunnen ook dienen als basis voor lijm. Oregon State University heeft octrooi aangevraagd op een recept om plakbandlijm te maken uit plantaardige olie afkomstig van maïs, koolzaad of sojabonen. Vluchtige organische oplosmiddelen komen er niet aan te pas (Dijkgraaf, 2010). Verder is het mogelijk om ftalaten, veel gebruikt als weekmakers in kunststoffen, te vervangen door technisch gelijkwaardige alternatieven op basis van plantaardige oliën. De klassieke ftalaten, die in belangrijke mate vrijkomen uit de kunststoffen waarin ze verwerkt zijn, kunnen schadelijk zijn voor het milieu. Danisco produceert een alternatieve weekmaker op basis van castorolie, glycerol en azijnzuur (Danisco, 2006). Ook Wageningen UR heeft in samenwerking met industriële partners alternatieve weekmakers ontwikkeld op basis van sorbitol, maar deze zijn nog niet commercieel beschikbaar. Sorbitol is een suikervervanger die wordt gemaakt uit zetmeel en op grote schaal toepassing vindt in voedsel, cosmetica, farmaceutica en technische producten (Mollenveld, 2006).

Lange-keten-dicarbonzuren en citroenzuur zijn grondstoffen met tal van industriële toepassingen die met behulp van fermentatie worden gemaakt, onder andere op basis van zetmeel of melasse, een bijproduct van de suikerproductie. In China staan twee fabrieken die lange-keten-dicarbonzuren maken als grondstof voor de productie van onder meer muskusgeurstoffen, nylons, smeermiddelen en geneesmiddelen. Ook produceert China op grote schaal citroenzuur, een belangrijk ingrediënt van voedingsmiddelen. Daarnaast wordt citroenzuur toegepast voor het stabiliseren van de zuurgraad in bruistabletten en schoonmaakmiddelen. Als bindingsfactor zit het vooral in biologisch afbreekbare was- en vaatwasmiddelen. Propionzuur is een product dat als conserveermiddel in voedingsmiddelen en veevoeders wordt gebruikt en dienstdoet als intermediair bij de productie van polymeren. Het wordt nu nog chemisch gesynthetiseerd, maar kan eveneens met behulp van micro-organismen worden gemaakt (Li et al., 2010).

Ook reststromen, zoals gebruikt hout, afvalvetten en glycerol, kunnen een bijdrage leveren aan de productie van bio-materialen. Nieuwe reststromen die alsnog ontstaan na vergisting en verbranding, zijn voornamelijk teer, as en CO₂. Samen met zwavel, stikstofoxiden en andere verbrandingsgassen vormen deze producten in een bio-economie het eindafval.

Genetisch gemodificeerde micro-organismen

Inmiddels dienen zich ook voorbeelden aan van biochemicalïen en -materialen

geproduceerd met behulp van genetisch gemodificeerde micro-organismen. Samen met het Britse Tate & Lyle, dat suiker en maïsderivaten produceert, heeft het Amerikaanse DuPont 100 miljoen dollar geïnvesteerd in de bouw van een fabriek voor de productie van 1,3-propaandiol (pdo) op basis van maïssuiker. Deze monomeer wordt gemaakt met behulp van genetisch gemodificeerde micro-organismen die DuPont samen met Genencor heeft ontwikkeld. Pdo is het belangrijkste ingrediënt voor de productie van Sorona, een kunstvezel die onder meer in tapijten te vinden is. Verder bevatten sommige cosmetica en verzorgingsproducten pdo (Science Blog, 2003; Rao, 2006). Voor de productie van nylon wordt gebruik gemaakt van caprolactam, een langs chemische weg gesynthetiseerde cyclische organische verbinding. Een van de grootste producenten hiervan is DSM. Het bedrijf onderzoekt de mogelijkheden om caprolactam te produceren op basis van fermentatie met behulp van genetisch gemodificeerde micro-organismen. Het proces kan echter nog niet concurreren met petrochemisch caprolactam en is daarom (nog) niet in productie gekomen (DSM, 2007).

Genetisch gemodificeerde planten

Gezien het relatief strikte Europese toelatingsbeleid, is het niet waarschijnlijk dat de komende jaren binnen de EU voor de productie van biochemicalïen en -materialen genetisch gemodificeerde gewassen zullen worden geteeld. Een mogelijke uitzondering zijn fabrieksaardappelen met een gewijzigde zetmeelsamenstelling. In maart 2010 gaf de Europese Commissie groen licht voor de teelt van Amflora, een genetische gemodificeerde aardappel van BASF. Daarmee is de weg vrij voor industriële toepassing van het zetmeel van deze aardappel (BASF, 2010). Ook het Nederlandse AVEBE heeft een dergelijke aardappel ontwikkeld, de Modena, maar die wacht nog op EU-toelating. Overigens beschikt AVEBE ook over de Eliane, een niet genetisch gemodificeerde aardappel met gewijzigde zetmeelsamenstelling (AVEBE, 2010).

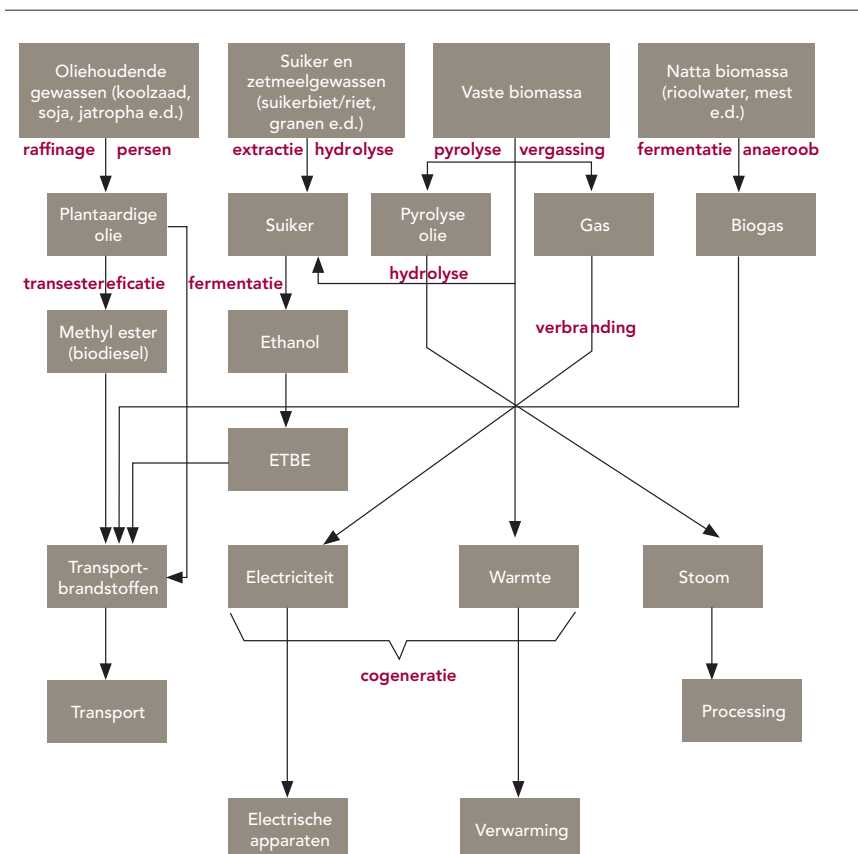
Buiten Europa is meer gaande op het gebied van genetische modificatie van planten. Net als bij de GM-voedingsgewassen gaat het op de korte termijn vooral om verandering van landbouwkundige eigenschappen: verbeterde opbrengst en resistentie tegen ziekte en plagen. Monsanto heeft in suikerriet genen ingebouwd die het gewas bestand maken tegen het herbicide Roundup en tegen insecten (Monsanto, 2010a). Op de middellange termijn zullen gewassen volgen die efficiënter omgaan met water en voedingsstoffen (Monsanto, 2010b; Pioneer, 2010). Tussen 2015 en 2020 is de introductie te verwachten van genetisch gemodificeerde planten die bruikbaar zijn voor industriële producten. Zo heeft het Amerikaanse Prodigene een GM-maïs ontwikkeld die het enzym laccase produceert. Laccase komt veel voor in planten, schimmels en micro-organismen en speelt een rol bij de vorming van lignine. Het enzym is bruikbaar bij het bleken van textiel- en papierpulp en bij vele andere industriële toepassingen. Genetische modificatie van planten (of micro-organismen) biedt in de toekomst ook mogelijkheden voor de productie van spinrageiwitten als uitgangsmateriaal voor ultralichte en zeer sterke vezels,

van eiwitten als elastine en collageen voor plastische chirurgie en cosmetica, en van pha voor de productie van bioplastics (Moschini, 2006).

4.1.5 Energie

Zoals we in voorgaande hoofdstukken al hebben beschreven, wordt biomassa op dit moment vooral benut voor energieopwekking in de vorm van bijstook in energiecentrales, van biogas met behulp van vergisting en bovenal van bio-brandstoffen (zie ook onderstaand schema). Wereldwijd vindt op grote schaal productie plaats van bio-ethanol op basis van suiker en zetmeel. Daarnaast zijn oliehoudende gewassen een belangrijke grondstof voor biodiesel. Voor de toekomst wordt veel verwacht van het gebruik van genetisch gemodificeerde micro-organismen, planten en algen als bron van nieuwe, duurzamere generaties biobrandstoffen. In de nog verdere toekomst is er misschien een rol weggelegd voor kunstig ontworpen biologische systemen die zonlicht rechtstreeks omzetten in elektriciteit of waterstof.

Figuur 4.2 Conversie van biomassa voor energieproductie



Conventionele bronnen van biomassa

Bijstook van biomassa in conventionele energiecentrales wordt in de praktijk al vele jaren toegepast. In Nederland leveren diverse bedrijven houtsnippers aan energiecentrales⁵. Ook wereldwijd zien we voor deze toepassing reststroomketens ontstaan van onder meer houtpellets en koffieschillen. Op lokale schaal subsidieert de provincie Utrecht, in het kader van de Stimuleringsregeling subsidies Duurzaamheid, Energie en Klimaat (DEKU), de teelt en verbranding van olifantsgras (*Miscanthus*), een meerjarig reuzengras, voor energieopwekking in agrarische bedrijven (Netwerk Platteland, 2010). Olifantsgras staat, naast wilgenhout en riet, op de lijst van 'goede biomassa' van de Nederlandse milieuorganisaties (Natuur en Milieu, 2008). Bij het gebruik van olifantsgras als energiebron wordt ook gekeken naar mogelijkheden voor technologische vernieuwing. Samen met het Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences (IBERS) in Wales verricht Wageningen UR Plantenveredeling onderzoek naar genetische verbetering van dit gewas⁶.

Biovergisting is een andere toepassing van biomassa voor energieopwekking die in Nederland steeds meer ingang vindt. In principe zijn alle soorten mest en organische reststoffen hiervoor geschikt. In 2009 telde Nederland bijna 200 biovergisters (Persbureau Noordoost, 2009). Vooral grote bedrijven maken op deze manier gebruik van dierlijke mest, vaak gemengd met ander landbouwafval. Door vergisting ontstaat een mengsel van voornamelijk methaan (55-65%) en kooldioxide (35-40%). Dit gasmengsel heeft een lage energiedichtheid. Om die reden is de opslagcapaciteit van het biogas doorgaans beperkt tot de productie van enkele uren en wordt het ter plekke in een warmte-krachtininstallatie omgezet in warmte en elektriciteit. De warmte wordt gedeeltelijk teruggelid naar de vergister om deze op temperatuur te houden, de rest is bijvoorbeeld te gebruiken voor ruimteverwarming. De opgewekte elektriciteit kan in de behoefte van het eigen bedrijf voorzien en daarnaast als groene stroom aan het net worden teruggelid. De vergiste mest kan op het land worden uitgereden of verder worden verwerkt tot specifieke meststoffen (SenterNovem, 2006).

Wereldwijd staat het gebruik van biomassa voor de productie van vloeibare *biobrandstoffen* het meest in de belangstelling. Zoals we in voorgaande hoofdstukken zagen krijgt bio-ethanol van alle mogelijke biobrandstoffen op dit moment veruit de meeste aandacht. Voor de huidige 'eerste generatie' bio-ethanol dienen vooral (riet)suiker en maïs als grondstof. Met name maïs is als grondstof zeer omstreden vanwege de negatieve CO₂-balans. Suikerriet is als energiebron veel efficiënter en wordt om die reden door sommigen gunstiger beoordeeld als grondstof voor biobrandstof (De Wit, 2008). Dat neemt niet weg dat in beide vormen van energieproductie aanzienlijk wordt geïnvesteerd.

5 zie onder meer www.mensinkbosbouw.nl/biomassa.html en www.denoudenbv.nl/nl/page/biomassa.html

6 www.themabiobasedeconomy.wur.nl/NL/Projecten/BE01_Geneticimprovement/

In China moet in 2011 de grootste bio-ethanolfabriek van het land gaan draaien, met een beoogde productie van elf miljoen liter per jaar op basis van maïs. De fabriek is het resultaat van een in 2010 gesloten akkoord tussen drie partijen: de Deense enzymproducent Novozymes, de Chinese olie- en chemiereus Synopoc en de Cofco Group, China's grootste importeur van olie en voedsel en een van de grootste levensmiddelenproducenten van het land. In hetzelfde jaar besloten Shell en Cosan, de grootste suiker- en ethanolproducent van Brazilië, tot de vorming van een joint venture voor de productie en distributie van uit suikerriet gemaakte bio-ethanol. De joint venture beschikt over een investeringskapitaal van 12 miljard dollar en gaat in 2011 van start (FD, 2010).

Butanol staat eveneens in de belangstelling als potentiële biobrandstof. Het heeft een hogere energiedichtheid dan ethanol, vergelijkbaar met die van gangbare benzine. Het is om die reden gemakkelijker en in grotere hoeveelheden bij te mengen dan ethanol. Butanol is bovendien minder corrosief dan ethanol, waardoor zonder veel problemen gebruik kan worden gemaakt van de bestaande meng-, opslag- en vervoersfaciliteiten voor transportbrandstoffen. Sinds 2006 werken DuPont en BP in een joint venture samen aan de introductie van bio-butanol (Ebert, 2008). Ook diverse (bio)technologiebedrijfjes in de Verenigde Staten leggen zich toe op de ontwikkeling van bio-butanol (Wesoff, 2010).

Pure plantaardige oliën (ppo) uit koolzaad, soja, zonnebloempitten en oliepalmvruchten zijn een veelgebruikte grondstof voor de productie van biodiesel. Ook afvalstromen uit slachterijen (dierlijk vet), de levensmiddelenindustrie en de horeca (zoals frituurvet) kunnen hiervoor worden benut⁷. Grootschalige productie van biodiesel op basis van ppo is, althans in Nederland, voorsnog een hachelijke onderneming. Eind 2005 stapte het Zeeuwse energiebedrijf Delta in de ontwikkeling van de eerste biodieselfabriek (Biovalue) in Nederland. De vooruitzichten waren destijds goed, want het bijmengen van biodiesel bij gewone diesel was sinds dat jaar verplicht. Die verplichting begon met 2% en zou volgens EU-richtlijnen moeten groeien naar 5,75% in 2010. In 2008 en 2009 kwam de markt fors onder druk te staan als gevolg van grootschalige import, met name uit de VS, Indonesië, Maleisië en Argentinië. Daarnaast verlaagde de overheid de bijmengverplichting tot 4%. Door de afgenomen vraag zag Biovalue zich in 2009 gedwongen de productie drie maanden stil te leggen en het bedrijf sloot het boekjaar 2009 met verlies af. In juni 2010 besloot Delta de biodieselfabriek in de Eemshaven te sluiten (DELTA, 2010).

In het buitenland lijkt productie van plantaardige biodiesel meer kans van slagen te hebben, onder meer op basis van olie uit zaden van de jatrofa (*Jatropha curcas*), in Nederland vroeger bekend als purgeer- of schijtnoot. Omdat de plant goed gedijt in semi-aride gebieden en weinig voeding en verzorging nodig

7 zie o.a. <http://www.biodsl.nl/>, <http://www.biodieselskampen.com/> en <http://www.solarix.eu/nl/news/23>

heeft, krijgt ze veel aandacht als potentiële bron van biodiesel in ontwikkelingslanden. De plant is giftig en dus ongeschikt als voedsel. In de tropen en subtropen is de plant al langer in gebruik als bron voor lampolie en als traditioneel medicijn. De Food and Agriculture Organization schat het bestaande jatropa-areaal op 900.000 hectare, waarvan het merendeel in Azië (Brittaine, 2010). Naar verwachting zal het areaal zijn toegenomen tot ca. 13 miljoen hectare in 2015. In augustus 2010 maakten de firma's Life Technologies, een biotechnologiebedrijf, en SG Biofuels, gespecialiseerd in de ontwikkeling en productie van jatrofazaad, bekend dat zij het volledige jatrofagenoom in kaart hadden gebracht. Dat maakt het mogelijk om merkers en genen te identificeren en met behulp daarvan hoogproductieve rassen te ontwikkelen (Life Technologies, 2010). Jatropa kan vooral bijdragen aan armoedebestrijding wanneer lokale gemeenschappen het gewas aanplanten op niet-productieve, braakliggende gronden of bij wijze van haag voor het vee op droge gronden (Brittaine en NeBambi, 2010). Vooralsnog zijn de inspanningen echter vooral gericht op grootschalige teelt in plantages. Het Canadese Bedford Biofuels ontwikkelt 160.000 hectare jatropa voor energievoorziening in Oost-Kenia en heeft plannen voor de aankoop van nog eens 200.000 hectare (Christian, 2010).

Een aanpak voor de productie van biodiesel die ook in Nederland mogelijk toekomst heeft, komt van het Nederlandse bedrijf BIOeCON. Dit bedrijf heeft een procédé ontwikkeld op basis van (bio)katalyse en thermische conversie waarbij houtachtige gewassen als grondstof kunnen worden gebruikt. De technologie wordt eerst beproefd in het buitenland. Het bedrijf heeft een overeenkomst gesloten met het Braziliaanse PetroBras voor de productie van biodiesel uit bagasse, een afvalproduct van suikerriet (Green Car Congress, 2010b). Nog weer een ander, mobiel procédé voor de productie van biodiesel is ontwikkeld door onderzoekers van de Amerikaanse Purdue Universiteit. Daarbij wordt de biomassa in minder dan een seconde verhit tot 500 graden onder toevoeging van waterstof. Als waterstofbron komen aardgas en syngas in aanmerking (Green Car Congress, 2010c).

Genetisch gemodificeerde micro-organismen

De hoop van velen is gevestigd op de 'tweede generatie' bio-ethanol, waarbij gebruik wordt gemaakt van cellulose, de niet eetbare, houtige delen van planten. Om cellulose-ethanol te produceren moet de cellulose eerst worden omgezet in suikers, wat alleen efficiënt kan plaatsvinden met behulp van geavanceerde enzymen en fermentatietechnieken. Genetisch gemodificeerde micro-organismen spelen daarin een sleutelrol. Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) heeft in kaart gebracht hoe het staat met de ontwikkeling van biobrandstoffen op basis van houtige biomassa. In het IEA-rapport komen 66 projecten aan bod. Ondanks alle activiteiten op dit gebied verwachten de onderzoekers niet dat de nieuwe biotransportbrandstoffen binnen vijf jaar op grote schaal op de markt zullen komen. Het zal nog een flinke inspanning vergen om eenmaal aangetoonde nieuwe technologieën op te schalen en

commercieel beschikbaar te maken (Bacovsky et al., 2010). Dat weerhoudt bedrijven en overheden er overigens niet van om flink te investeren in bio-ethanol op cellulosebasis. Door overname van bestaande activiteiten van andere bedrijven, streeft BP naar een leidende positie in de Amerikaanse industrie op dit gebied (BP, 2010). In 2007 besloot het Amerikaanse Department of Energy om in 4 jaar tijd 385 miljoen dollar te investeren in zes bioraffinageprojecten die 500 miljoen liter bio-ethanol moeten gaan produceren. Het doel is om bio-ethanol in 2012 concurrerend te maken met benzine (DOE, 2007). Ook het BIOLYFE-project, gefinancierd door de EU, doet met deelname van de industrie onderzoek naar de optimalisatie van bioraffinageprocessen, gericht op de productie van cellulose-ethanol⁸.

Genetisch gemodificeerde planten en algen

Tegelijkertijd zijn er inspanningen gaande om planten via genetische modificatie beter geschikt te maken als energiegewas. Het Zwitserse Syngenta heeft een genetisch gemodificeerde maïs ontwikkeld die het enzym alpha-amylase bevat, dat actief blijft bij hoge temperaturen. Dit enzym zorgt voor een verbeterde conversie van maïszetmeel bij de ethanolproductie. Het gewas is inmiddels toegelaten in Australië, Canada, Mexico, Rusland, de Verenigde Staten, de Filipijnen, Japan en Taiwan (USDA, 2008; Syngenta, 2010; CERA GM Crop Database, 2010). Bayer CropScience werkt sinds het voorjaar van 2010 samen met het Centro de Tecnologia Canavieira in Brazilië aan de ontwikkeling van suikerriet met een verhoogd suikergehalte, waardoor het gewas aantrekkelijker wordt voor de bio-ethanolproductie. Bayer CropScience denkt in 2015 een aanvraag voor toelating in te kunnen dienen (Bayer CropScience, 2010).

Het plantenbiotechnologisch onderzoek richt zich, met name in de Verenigde Staten en China, ook op snelgroeiende, meerjarige gewassen, zoals olifantsgras en diverse boomsoorten (Verwer et al., 2010). Deze gewassen hebben een gunstiger energiebalans dan eenjarige gewassen als suikerriet, suikerbiet en maïs (Zhu et al., 2008). Hout bevat van nature echter te veel moeilijk afbreekbare ligninen om er efficiënt bio-ethanol van te kunnen produceren. Daarom probeert men gewassen te ontwikkelen die veel minder ligninen aanmaken. Een voorbeeld hiervan in Europa is de ontwikkeling door het Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB) van genetisch gemodificeerde populier met een veel lager ligninegehalte. Kasproeven hebben volgens het VIB aangetoond dat hout van de transgene populieren tot 50% meer bio-ethanol kan opleveren dan dat van gewone populieren (VIB, 2010).

Voor de langere termijn worden vooral algen als een veelbelovende bron gezien van biobrandstoffen. Het kweken van algen is echter niet eenvoudig en er ontbreekt nog veel kennis. Knelpunten liggen op het vlak van kosten, kwaliteitsbeheersing, productie en oogst van de algen (Roeloffzen en Oudshoff, 2008).

De kosten van biomassa uit algen zijn nog 10 keer te hoog om te kunnen concurreren met huidige brandstoffen. Een groep internationale experts die verbonden is met het International Energie Agentschap verwacht dat de productie van algendiesel op zijn vroegst in 2030 van noemenswaardige omvang zal zijn (Darzins et al., 2010). Onderzoekers van de Universiteit Wageningen zijn optimistischer. Volgens hen bieden de recente vorderingen in de systeembioïologie, bioraffinagetechnieken en genetische modificatie kansen om algen binnen 10 tot 15 jaar geschikt te maken voor grootschalige productie van biobrandstoffen (Wijffels, 2010).

In Nederland werken bedrijven uit de energie-, voedsel-, olie- en chemische industrie, de overheid en Wageningen UR samen in AlgaePARC, waarvan de bouw in het voorjaar van 2010 door de WUR werd aangekondigd. Deze onderzoeksfaciliteit dient om verschillende kweeksystemen voor algen te beproeven (WUR, 2010). Ondertussen doet de Amerikaanse oliegigant ExxonMobil nog veel forsere investeringen in onderzoek en ontwikkeling op het gebied van algen. Zomer 2009 meldde het bedrijf 600 miljoen dollar te zullen steken in de ontwikkeling van biobrandstoffen uit algen, in samenwerking met Synthetic Genomics, het bedrijf van Craig Venter. Hierdoor krijgt ExxonMobil toegang tot de kennis en technologie die Venters bedrijf in huis heeft op het gebied van (meta)genomica, genetische modificatie en synthetische biologie. Het doel is om bruikbare algen te vinden en verder te verbeteren en om efficiënte kweeksystemen te ontwikkelen (Howell, 2009; Synthetic Genomics, 2009). Ook het Amerikaanse bedrijf Solazyme ontwikkelt technieken om biodiesel en biomaterialen uit algen te produceren. In 2010 sloot Solazyme een overeenkomst met Bunge, een groot agribusiness- en levensmiddelenbedrijf met belangen in de rietsuikerindustrie en de productie van plantaardige oliën (Solazyme, 2010).

Vormen van radicale innovatie

De belofte van een bio-economie verwijst ook naar innovaties waarin op geheel nieuwe manieren gebruik wordt gemaakt van biologische systemen. Praktische toepassing van zulke vernieuwingen is per definitie nog ver weg. Dit geldt bijvoorbeeld voor energieproductie die niet meer berust op biomassa als grondstof, maar op het vermogen van biologische systemen om zonlicht direct om te zetten in bruikbare energie. Zo is het in principe mogelijk om zonnecellen te ontwikkelen die de fotosynthese van planten en algen nabootsen. In de Verenigde Staten werken onderzoekers van de Universiteiten van Arizona en Tennessee samen met het MIT (Massachusetts Institute of Technology) aan de ontwikkeling van 'kunstmatige bladeren', flexibele zonnecellen op basis van planteneiwitten. Daarbij brengt men geleidend materiaal aan op een dunne laag eiwitten afkomstig uit de spinazieplant. Het efficiënt aftappen van de opgewekte energie is nog een obstakel. Het rendement van de experimentele zonnecellen is dan ook nog laag: circa 12% tegenover 20 à 30% bij conventionele zonnecellen (Eng, 2004; Regalado, 2010).

In Europa is in 2009 het project Plantpower van start gegaan, een Europees gefinancierd onderzoeksprogramma waarin men een zogeheten plantaardig-microbiële brandstofcel wil maken. Planten en micro-organismen worden daarbij samengebracht in een elektrochemisch systeem, dat elektriciteit of waterstof produceert. Het is niet nodig om de planten daarbij te oogsten (Strik et al., 2008). In Nederland heeft de overheid in 2009 een bedrag van 25 miljoen euro vrijgemaakt voor het onderzoeksprogramma Towards Biosolar Cells, een samenwerkingsverband van zes universiteiten (LNV, 2009). Doel van het programma is om een biologisch systeem te ontwerpen dat natuurlijke en technische onderdelen combineert tot een zonnecollector die brandstof levert in plaats van elektriciteit (Center for Photosynthesis Research, 2008).

Ook sommige natuurlijk voorkomende algen hebben het vermogen om waterstof te produceren. Onderzoekers van de universiteiten van Bielefeld en Queensland hebben de eencellige groene alg *Chlamydomonas reinhardtii* genetisch zo veranderd dat deze een opmerkelijk grote hoeveelheid waterstofgas produceert (Fuelcellworks, 2006). In diverse projecten wordt gewerkt aan efficiëntieverbetering van dit proces. In een van die projecten, gefinancierd door het Amerikaanse Department of Energy, is men erin geslaagd om met genetische modificatie de omzetting van het door *Chlamydomonas reinhardtii* geabsorbeerde licht in waterstof zeer efficiënt te maken en op te voeren tot 25%, dicht onder het theoretisch maximum van 30% (Melis, 2008).

4.2 Coproductie en duurzaamheid als belangrijke uitdagingen

We hebben gezien dat biomassa in de onderscheiden segmenten van de waardepiramide al op allerlei manieren wordt benut en dat ook op het vlak van innovatie de nodige inspanningen worden verricht. Veel van de besproken ontwikkelingen staan nog op zichzelf en zullen zich in de toekomst nog moeten bewijzen. Ook als processen zich op laboratoriumschaal bewezen hebben, zal nog moeten blijken in hoeverre opschaling naar productie in industriële installaties of het open veld haalbaar is. In dit opzicht blijft technologische vernieuwing een moeizaam, onzeker en tijdrovend proces. Bovendien vergt het realiseren van een bio-economie, zoals we in het begin van dit hoofdstuk al hebben aangegeven, een *transitie* die meer inhoudt dan alleen technologische vernieuwing. De grote uitdagingen zijn daarbij tweërlei. Ten eerste zal het nog veel moeite kosten om de verschillende activiteiten en technologische vernieuwingen in te passen in het bioraffinageconcept, om zo biomassa optimaal te benutten in goed afgestemde ketens van *coproductie* of *cascadering*. Ten tweede zullen *duurzaamheidscriteria* in de praktijk gestalte moeten krijgen, aangezien onze samenleving die juist voor een bio-economie als wezenlijk beschouwt.

4.2.1 Coproductie: integratie in bestaande ketens en ontwikkeling van nieuwe ketens

Coproductie komen we in de praktijk al op allerlei manieren tegen. Zaagresten uit de houtverwerking vinden toepassing in plaatmaterialen. Veehouders voeren

hun dieren bietenpulp en aardappelschillen uit de suiker- en aardappelverwerkende industrie. Ook op het gebied van innovatie zien we voorbeelden van coproductie, zoals de samenwerking tussen het Nederlandse bedrijf BIOeCON en het Braziliaanse PetroBras bij de productie van biodiesel uit afval van suikerriet. Coproductie is in de visie van PetroAlgae, een Amerikaans bedrijf dat zich volledig richt op algen, van groot belang voor het opzetten van economisch haalbare productiesystemen in een toekomstige bio-economie. Het bedrijf richt zich dan ook zowel op het winnen van hoogwaardige eiwitten voor menselijke en dierlijke voeding als op verschillende vormen van energieproductie⁹. In een overzichtartikel in Science over biobrandstoffen uit algen wijzen onderzoekers van de Universiteit Wageningen eveneens op het belang en de potentiële mogelijkheden van coproductie. In het theoretische geval dat alle Europese transportbrandstof zou worden geproduceerd uit algenolie, zou er jaarlijks 300 miljoen ton eiwit beschikbaar komen voor verwerking in voedsel en veevoer. Dat is veertig maal de hoeveelheid eiwit die in de 18 miljoen ton soja zit die Europa jaarlijks invoert (Wijffels, 2010). In Nederland worden de mogelijkheden voor winning van voedingsingrediënten uit algen onderzocht in het kader van een tweejarig project waarin TNO samenwerkt met algenproducent Ingrepo Renewables in Borculo. Het onderzoek richt zich op de vraag of algeneiwitten een duurzaam alternatief kunnen vormen voor vlees. Ook wordt gezocht naar mogelijke toepassingen voor koolhydraten uit algen (TNO, 2010).

Om dit soort innovaties tot een succes te maken moeten partijen in een toekomstige bio-economie steeds meerdere schakels in de productieketen en de logistiek op elkaar afstemmen. Het heeft weinig zin om hoogwaardig eiwit uit biomassa te winnen als de producent daarvan geen mogelijkheden vindt om andere componenten en de reststromen efficiënt af te zetten. Coproductie is in sommige gevallen te realiseren door innovatieve technologieën te integreren in bestaande productiesystemen en infrastructuur zoals aanwezig in de organische (petro)chemie of de suiker- en zetmeelindustrie. In veel gevallen echter zal coproductie gepaard moeten gaan met nieuwe vormen van organisatie en infrastructuur. Daarbij wordt biomassa zoveel mogelijk op de plaatsen waar het wordt geproduceerd, verwerkt tot grondstoffen en producten die zich eenvoudig en tegen weinig kosten laten transporteren voor gebruik of verdere verwerking. Ook radicaal nieuwe technologieën zoals kunstmatige bladeren en plantaardig-microbiële waterstofproductie zullen het in de toekomst waarschijnlijk mogelijk en noodzakelijk maken om de energievoorziening in onze samenleving op nieuwe, meer kleinschalige manieren te organiseren.

4.2.2 Strategische keuzen en dilemma's

Een belangrijke vraag bij dit alles is waar Nederland op moet inzetten bij de ontwikkeling van een bio-economie. Daarover bestaan uiteenlopende opvattingen. Een aantal partijen ziet vooral kansen in de verwaarding van zoveel mogelijk

9 www.petroalgae.com/technology.php

'bulk' op alle niveaus van de waardepiramide. Ze zien daarbij een belangrijke rol voor Nederland als agrarische, petrochemische en logistieke speler in een proces van wereldwijde exploitatie van biomassa. Andere partijen vinden dat Nederland als innovatieve 'kenniseconomie' prioriteit moet geven aan hoogwaardige producten in de top van de piramide. Deze verschillende opvattingen houden niet alleen andere strategische keuzen in, maar zijn ook verbonden met specifieke dilemma's.

Als wordt ingezet op de verwerking van grote stromen biomassa, zijn de diepzeehavens van Rotterdam, Vlissingen-Terneuzen en de Eemshaven logische keuzen, want die zijn voor bulkcarriers goed bereikbaar. Na primaire conversie kunnen binnenvaartschepen, treinen of pijpleidingen het product verder vervoeren. Zo'n keuze voor grootschaligheid en voor aansluiting bij bestaande infrastructuur draagt echter het risico in zich van een *lock-in*-effect. De ontwikkeling van een bio-economie wordt vooral geënt op de structuur van de huidige fossielebrandstofeconomie en biedt weinig stimulans voor alternatieve innovatieve ontwikkelingen die mogelijk superieur zijn (Foxon, 2002). Een andere benadering vinden we bij het Dutch Biorefinery Cluster, waarin de nadruk ligt op nieuwe vormen van samenwerking en kennisuitwisseling tussen verschillende bedrijven in de agro-foodsector, papierindustrie en andere industriële sectoren. Doel is om op basis van gedeelde kennis, kunde, faciliteiten en middelen biomassa volledig tot waarde te brengen en nieuwe hoogwaardige producten en duurzame, gesloten productieketens te creëren¹⁰. Bij deze benadering moet worden bedacht dat de markt voor hoogwaardige producten over het algemeen klein is en daarmee ook de hoeveelheid biomassa die nodig is voor deze producten. Zo zou bijvoorbeeld een relatief zeer klein areaal al volstaan om in de vraag naar farmaceutische componenten te voorzien (Wisner, 2005). Dat betekent dat slechts een zeer beperkt deel van de vraag naar grondstoffen voor laagwaardige energetische toepassingen kan worden gedekt met restproducten uit de bovenste segmenten van de biomassa-waardepiramide.

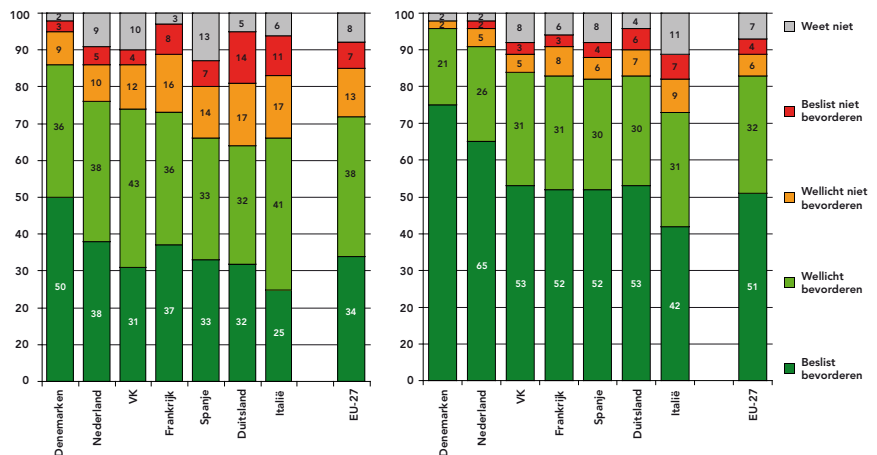
4.2.3 Duurzaamheidscriteria en genetische modificatie

De discussie over strategische keuzen voor Nederland bij de ontwikkeling van een bio-economie speelt zich af tegen de achtergrond van een streven naar duurzaamheid dat door alle partijen wordt onderschreven. Maar over de invulling van dit streven bestaan ook in dit geval uiteenlopende opvattingen, zoals hoofdstuk 3 laat zien. Duurzaamheidscriteria zullen bij de ontwikkeling van het netwerk van coproductie een belangrijk ijkpunt moeten zijn, met certificering als belangrijk middel. Een probleem hierbij is dat certificering om relatief overzichtelijke ketens vraagt, die uit het oogpunt van coproductie en keten-sluiting juist suboptimaal kunnen zijn. Duurzaamheid als criterium moet dus niet exclusief betrokken worden op specifieke ketens en producten (zoals biobrandstof), maar 'inclusief' op het hele netwerk van productie en conversie in de waardepiramide.

10 www.dutchbiorefinerycluster.nl/

Hoofdstuk 3 laat ook zien dat genetische modificatie nog altijd maatschappelijk omstreden is. Dat roept de vraag op welke rol de maatschappelijke weerstand tegen genetische modificatie zal gaan spelen in discussies over de duurzaamheid van een bio-economie. Recent Europees publieksonderzoek laat zien dat een ruime meerderheid van de Europese burgers (72%) vindt dat brandstofwinning uit biomassa (wellicht) moet worden bevorderd. Lidstaten met relatief kritische burgers zijn Duitsland (21% tegen) en Frankrijk (28% tegen). Relatief veel steun is er in Slowakije (88% voor) en Denemarken (86% voor). Nederland en het Verenigd Koninkrijk nemen een tussenpositie in. Als de vraagstelling expliciet wordt betrokken op *duurzame* biobrandstoffen, neemt de steun over het geheel nog verder toe met 11%. Nederland (15% meer steun) schuift dan op naar een positie onder de lidstaten met de meeste steun. Ook voor Duitse burgers is het aspect duurzaamheid van groot belang (19% meer steun), terwijl het de Italianen (slechts 7% meer steun) kennelijk minder zegt (European Commission, 2010).

Figuur 4.3 Steun voor biobrandstoffen in de EU-27 en enkele lidstaten



Bron: European Commission, 2010

Vergelijkbaar Europees publieksonderzoek in voorgaande jaren wees uit dat ruim tweederde van de 25.000 ondervraagden biobrandstof zou verkiezen boven conventionele brandstof, ook als daarvoor genetische modificatie is gebruikt en mits de prijs gelijk blijft (Gaskell et al., 2006). Dit beeld wordt bevestigd door recenter onderzoek dat is gedaan onder Nederlandse burgers (Stol en Nelis, 2010). Ook onderzoek naar publieksopvattingen over synthetische biologie laat zien dat burgers in hoge mate ambivalent zijn over de daaraan ten grondslag liggende 'engineering'-aanpak, maar in meerderheid sympathiek staan tegenover mogelijke toepassingen op het gebied van biobrandstoffen (Pauwels, 2009; The Royal Academy of Engineering, 2009; Bhattachary et al., 2010).

Toch is het lastig te voorspellen hoe burgers en consumenten zullen reageren als de industriële en de plantaardige biotechnologie in het kader van de bio-economie meer op elkaar betrokken raken. Het huidige onderscheid tussen het ingeperkte gebruik van genetisch gemodificeerde micro-organismen en de open teelt van genetisch gemodificeerde gewassen zal dan immers vervagen. Vanwege de ecologische risico's zullen milieuorganisaties zich hoogstwaarschijnlijk blijven verzetten tegen deze open teelt.

4.3 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn we uitgegaan van het beeld van de biomassa-waardepiramide. We hebben aan de hand daarvan besproken hoe innovatie bijdraagt aan de mogelijkheden van een toekomstige bio-economie. Centraal staat daarbij het concept van bioraffinage. Hierbij gaat het om de scheiding en verwerking van biomassa in verschillende, op elkaar afgestemde conversieketens, zodanig dat het proces van waardebenutting in uiteenlopende producten optimaal verloopt. We hebben gezien dat biomassa in de praktijk al op zeer uiteenlopende manieren wordt benut. Technologische innovatie schept daarbij nieuwe mogelijkheden voor bioraffinage, in het bijzonder op het gebied van biochemische conversie, waarbij de ontwikkeling van biotechnologie als sleuteltechnologie fungeert. Voor de uiteindelijke realisering van een bio-economie zijn vooral twee vragen doorslaggevend: hoe vorm te geven aan de organisatie en logistiek van processen van coproductie en hoe zorgen we ervoor dat duurzaamheid daarbij gewaarborgd is?

In een toekomstige bio-economie zullen de eerste stappen in het proces van productie en conversie van biomassa op allerlei locaties gedecentraliseerd plaatsvinden. Daarbij zullen op relatief kleine schaal en tegen relatief lage kosten basisgrondstoffen worden geproduceerd die voldoende houdbaar zijn en waarde hebben om - zoveel mogelijk zonder tussentijdse opslag - te worden getransporteerd naar verschillende locaties. Daar zullen ze verdere, meer gecentraliseerde en hoogwaardige vormen van verwerking ondergaan. Hoe de netwerken van coproductie in verschillende biomassa-waardeketens er op nationale en internationale schaal uit gaan zien, en wat daarbij de belangrijkste uitwisselbare basisgrondstoffen zullen worden, zijn nog open vragen. Efficiënter gebruik van beschikbare biomassa en het sluiten van ketens, waarbij reststromen zoveel mogelijk worden benut, zijn in elk belangrijke voorwaarden voor een duurzame bio-economie. Maar ook over het aspect van duurzaamheid, zo blijkt uit hoofdstuk 3, is het laatste woord nog niet gesproken.

In hoofdstuk 2 hebben we bovendien geconcludeerd dat de aandacht in het beleid tot nu toe vooral is uitgegaan naar het gebruik van biomassa voor energiedoelinden; het integrerende beleidsconcept van de biobased economy heeft tot nu toe weinig sturende invloed gehad. Als we kijken naar de bijdrage van innovatie zoals die in dit hoofdstuk beschreven is, zien we hetzelfde beeld. Investerings- en technologische vernieuwing richten zich wereldwijd vooral op energietoepassingen van biomassa in het onderste segment van de waarde-

piramide. Vanuit het integrale concept van de bio-economie of biobased economy zouden juist investeringen in de bovenste segmenten prioriteit moeten hebben. In Nederland is er ook al wel aandacht voor innovaties op dit gebied, maar over de strategische keuzen die daarbij moeten worden gemaakt blijken verschillende opvattingen te bestaan. Moet Nederland door middel van grootschalige invoer van biomassa zich ontwikkelen tot een mondiale speler op alle niveaus van de waardepiramide of zich juist concentreren op kennisintensive innovatie en productie van hoogwaardige producten in een toekomstige bio-economie? In het concluderende hoofdstuk van dit rapport komen we op deze vraagstelling nog terug. Hoe het antwoord op die vraag ook uitvalt, dit hoofdstuk maakt opnieuw duidelijk dat in de bio-economie voor zowel witte als groene biotechnologie een sleutelrol is weggelegd. Maatschappelijk draagvlak voor innovatie in de biotechnologie blijft dan ook een cruciale factor voor het welslagen van een bio-economie, met name als het gaat om genetische modificatie van gewassen.

Referenties

Ahmann, D. and J.R. Dorgan. (2007). Bioengineering for Pollution Prevention Through Development of Biobased Materials and Energy. State of the Science Report. Washington: National Center for Environmental Research.

Ast, J.A. van et.al. (2004). *Industriële Biotechnologie Duurzaam Getoetst. Een onderzoek naar de bijdrage van industriële toepassing van biotechnologie aan duurzame ontwikkeling*. Delft: Delft University of Technology. referenties BIOBASED ECONOMY.rtf <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:f6d4b827-1716-4e7f-b45c-157f6902e8d3/>.

AVEBE. (2010). 'AVEBE's reactie op de toelating van de Amflora'. <http://www.avebe.nl/Nieuws/Nieuwsarchief/AVEBEstatementaboutAMFLORA.aspx>, 15 maart 2010.

Bacovsky, D., M. Dallos & M. Wörgetter. (2010). *Status of 2nd Generation Biofuels Demonstration Facilities in June 2010. A Report to IEA Bioenergy Task 39*. <http://www.mvo.nl/Portals/0/duurzaamheid/biobrandstoffen/nieuws/2010/08/IEATask39-0610.pdf>.

BASF. 'European Commission Approves Amflora Starch Potato'. <http://www.basf.com/group/pressrelease/P-10-179>, 2 maart 2010.

Bayer CropScience. 'Bayer CropScience Extends Sugarcane-Research and Teams Up With Leading Brazilian Sugarcane Technology Center CTC'. <http://www.press.bayer.com/baynews/baynews.nsf/id/EB2F7E2B2269577BC125772F004E7D54>, 27 May 2010.

Bhattachary, D., J. Pascall Calitz & A. Hunter. (2010). *Synthetic Biology Dialogue*. <http://www.bbsrc.ac.uk/web/FILES/Reviews/1006-synthetic-biology-dialogue.pdf>.

- Boerrigter, H. & A. van der Drift. 'Large-Scale Production of Fischer-Tropsch Diesel From Biomass. Optimal Gasification and Gas Cleaning Systems', 4 november 2004. Wolfsburg: Congress on Synthetic Biofuels. Technologies, Potentials, Prospects. <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/rx04119.pdf>.
- Bolck, C. (red.) (2006). *Bioplastics*. Wageningen: Agrotechnology and Food Sciences Group. <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/6Bioplastics.pdf>.
- Bos, H. & B. van Rees. (2004). *Groene Grondstoffen in productie. Recente ontwikkelingen op de markt*. Wageningen: Agrotechnology and Food Innovations B.V. <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/4Groenegrondstoffenproductie.pdf>.
- Bourzac, K. 'Speed-Reading DNA Inches Closer. A British Company Has Demonstrated an Important Step For a New Sequencing Technique'. <http://www.technologyreview.com/biomedicine/22217/?a=f>, 24 februari 2009.
- 'BP And Verenium Announce Pivotal Biofuels Agreement'. <http://www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=2012968&contentId=7063758>, 15 juli 2010.
- Brittaine, R. & N.B. Lualadio. (2010). *Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop. The Potential for Pro-Poor Development*. Integrated Crop Management Vol. 8-2010, <http://www.fao.org/docrep/012/i1219e/i1219e.pdf>.
- Castle, L.A. et al. (2004). 'Discovery and Directed Evolution of a Glyphosate Tolerance Gene'. In: *Science* 304, no. 5674, pp. 1151-1154.
- Commissie Genetische Modificatie, Commissie Biotechnologie bij Dieren, Gezondheidsraad. (2010). *Trendanalyse Biotechnologie 2009. Mondiaal Momentum*. Bilthoven: Commissie Genetische Modificatie, <http://www.cogem.net/ContentFiles/Trendanalyse%202009%20web-versie%20met%20kaft.pdf>.
- Center for Photosynthesis Research. (2008). *Towards Biosolar Cells*. <http://documents.plant.wur.nl/pri/biosolar-safe.pdf>.
- CERA. (2010). 'GM Crop Database'. Washington D.C.: Center for Environmental Risk Assessment, ILSI Research Foundation. http://cera-gmc.org/index.php?action=gm_crop_database.
- Christian, C. (2010). 'Natural Oil Discovered in "Diesel Tree"' . In: *Fort McMurray Today*, 13 augustus 2010. <http://bedfordbiofuels.com/wp-content/uploads/FtMac.pdf>.
- Coco, W.M. et al. (2001). 'DNA Shuffling Method For Generating Highly Recombined Genes and Evolved Enzymes'. In: *Nature Biotechnology* 19, pp. 354-359.

COGEM. (2004). *Farmaceutische gewassen. Signalering en Advies*. <http://www.cogem.net/ContentFiles/CGM041214-01.pdf>.

'Cosan en Shell tekenen joint venture-document'. In: *Het Financieele Dagblad*, 25 juni 2010.

Danisco. (2006). *Sustainability Report 2006. GRINDSTED@SOFT-N-SAFE. An alternative to chemical plasticisers*. <http://sustainabilityreport07.danisco.com/index.dsp?page=35>.

Darzens, A., P. Pienkos & L. Eyde. (2010). *Current Status and Potential for Algal Biofuels Production*. A Report to IEA Bioenergy Task 39. http://www.mvo.nl/Portals/0/duurzaamheid/biobrandstoffen/nieuws/2010/08/2010_not_public_Current_Status_and_Potential_for_Algal_Biofuels_Production_tcm24-340482.pdf

De Wit, P. 'Heel Brazilië rijdt erop, nu de wereld nog: Brazilië wijst wereld de weg met ethanol als goedkoop alternatief voor dure benzine'. In: *NRC Handelsblad*, 17 juni 2008.

DellaPenna, D. 'Plant Metabolic Engineering'. In: *Plant Physiology* 125, pp. 160-163. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1539352/pdf/hw0160.pdf>

DELTA. 'DELTA sluit biodieselfabriek Biovalue'. http://www.delta.nl/over_DELTA/perscentrum/persberichten/DELTA_sluit_biodieselfabriek_Biovalue/, 16 juli 2010.

Dijkgraaf, A. 'Puur plantaardige plakkertjes-plak. Duurzaam alternatief voor drukgevoelige lijm'. <http://www.c2w.nl/puur-plantaardige-plakkertjes-plak.91784.lynkx>, 7 juli 2010.

Dobbelsteen, A. van den & K. Alberts. (2001). *Milieueffecten van bouwmaterialen. Duurzaam omgaan met grondstoffen*. Delft: TU Delft. <http://www.wegwijzer-duurzaambouwen.be/pdf/174.pdf>.

DOE. (2007). 'DOE Selects Six Cellulosic Ethanol Plants for Up to \$385 Million in Federal Funding'. <http://www.energy.gov/news/archives/4827.htm>, 28 februari 2007.

DSM. (2001). 'Minister Jorritsma opent nieuwe antibioticafabriek in Delft'. http://www.dsm.com/nl_NL/html/media/press_releases/31_antibiotics_delft.htm, 31 oktober 2001.

DSM. (2007). *Jaarverslag 2007. Verslag van de Raad van Bestuur*. http://annualreport2007.dsm.com/pages/NL/Verslag_van_de_Raad_van_Bestuur/Innovatie.html

DSM. 'DSM Invests in Development of Bio-based Materials in China'. , http://www.dsm.com/en_US/html/media/press_releases/10_08_dsm_invests_development_bio_based_materials_china.htm, 5 maart 2008.

DSM. 'DSM Introduces Bio-based Performance Materials for Automotive Industry', DSM Press Release. http://www.dsm.com/en_US/downloads/media/19e_10_dsm_launches_bio_based_performance_materials_for_automotive_industry.pdf, 14 april 2010.

DuPont. 'DuPont and Plantic Announce Starch-Based Biomaterials Alliance'. http://www2.dupont.com/Biomax/en_US/plantic_pr.html, 26 september 2010.

DuPont. 'DuPont Receives US EPA's Presidential Green Chemistry Award for New Innovation'. <http://www.scienceblog.com/community/older/2003/D/20032116.html>, 24 juni 2003.

Ebert, J. 'Biobutanol. The Next Big Biofuel?' In: *Biomass Magazine*, mei 2008.

EnergieTransitie. (2009). 'Duurzame harsen maken van naaldhout imitatie tropisch hardhout'. <http://www.energietransitie.nl/projecten/met-duurzame-hars-maakt-tfc-van-naaldhout-%E2%80%98imitatiehardhout%E2%80%99>

Eng, P. 'Spinach Chemical Fuels Green Solar Cell'. <http://abcnews.go.com/Technology/FutureTech/story?id=99495&page=1>, 13 juli 2004.

Ent, L. van de. 'Dossier Biomassa. Sleutel voor een duurzame economie'. In: *Universiteit Twente. Magazine voor alumni en relaties*. <http://www.utwente.nl/magazine/pdf/aktueel.pdf>, september 2010.

European Commission. (2010). *Biotechnology. Special Eurobarometer 341 / Wave 73.1*, Brussel: TNS Opinion & Social. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_341_en.pdf.

EU-SOL. (2010). *10 Questions and Answers about EU-SOL*. <http://www.eu-sol.net/public/eu-sol/details/eu-sol-qa.pdf#main-content-nav>.

Foxon, T.J. (2002). *Technological and Institutional 'Lock-in' as a Barrier to Sustainable Innovation*. Londen: Imperial College Centre for Energy Policy and Technology (ICCEPT). <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/7294726.PDF>.

Fuelcellworks. 'Hydrogen From Algae. Fuel of the Future?' <http://web.archive.org/web/20070927050605/http://www.fuelcellworks.com/Suppage5197.html>, 16 mei 2006.

Gaskell, G. et al. (2006). *Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends. Final report on Eurobarometer 64.3, a report to the European Commission's Directorate-General for Research*. http://ec.europa.eu/research/press/2006/pdf/pr1906_eb_64_3_final_report-may2006_en.pdf.

Gezondheidsraad, RGO en KNAW. (2008). *Synthetische biologie. Kansen creëren*. Den Haag: Gezondheidsraad. <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/200819.pdf>.

GMO Compass. 'Vitamin B2 (Riboflavin)'. http://www.gmo-compass.org/eng/database/e-numbers/201.vitamin_b2_riboflavin.html. GMO Database bezocht op 7 november 2010.

Green Car Congress. (2010a). 'DSM Introduces Bio-based Performance Materials for Automotive Industry'. <http://www.greencarcongress.com/2010/04/dsm-20100414.html>, 14 april 2010.

Green Car Congress. (2010b). 'Petrobras Partners with BIOeCON on BiCHEM Process for Cellulosic Biofuels and Chemicals'. <http://www.greencarcongress.com/2010/07/petrobras-partners-with-bioecon-on-bichem-process-for-cellulosic-biofuels-and-chemicals.html>, 6 juli 2010.

Green Car Congress. (2010c). 'Purdue Engineers Proposing Mobile Biomass to Biofuels Plants Using H2Bioil Process'. <http://www.greencarcongress.com/2010/07/h2bioil-20100708.html>, 8 juli 2010.

Hasunuma, T., A. Kondo & C. Miyake. (2009). 'Metabolic Pathway Engineering by Plastid Transformation Is a Powerful Tool for Production of Compounds in Higher Plants'. In: *Plant Biotechnology* 26, pp. 39-46. http://www.wdc-jp.biz/pdf_store/jspcmb/pdf/pb26_1/26_39.pdf.

Hibbert, E.G. & P.A. Dalby. (2005). *Directed Evolution Strategies for Improved Enzymatic Performance*. <http://www.microbialcellfactories.com/content/4/1/29>.

Howell, K. (2009). 'Exxon Sinks \$600M Into Algae-Based Biofuels in Major Strategy Shift'. In: *The New York Times*, 14 juli 2009. <http://www.nytimes.com/gwire/2009/07/14/14greenwire-exxon-sinks-600m-into-algae-based-biofuels-in-33562.html>.

InnovatieNetwerk. (2008). *Grasol: Pyrolyse-olie uit natuurgas. Conceptwijzer*. http://www.innovatienetwerk.org/sitemanager/downloadattachment.php?id=3YFdVSLXKFVZdip_G5gbN9.

J. Craig Venter Institute. 'First SelfReplicating Synthetic Bacterial Cell'. <http://www.jcvi.org/cms/press/press-releases/full-text/article/first-self-replicating-synthetic-bacterial-cell-constructed-by-j-craig-venter-institute-researcher/>, 20 mei 2010.

Joern, J.M. (2003). 'DNA shuffling'. In: Arnold & Georgiou, *Directed Evolution Library Creation. Methods in Molecular Biology*. Totowa: Humana Press Inc., pp. 85-99.

Karow, J. 'Pathogenica Bets on Next-Gen Sequencing for Fast, Multiplexed Pathogen Detection'. <http://www.genomeweb.com/sequencing/pathogenica-bets-next-gen-sequencing-fast-multiplexed-pathogen-detection>, 6 juli 2010.

Kasteren, J. van. (2007). 'Algenolie.'. <http://www.koolzaadolie.net/content/view/58/59/>.

Lammerts van Bueren, E.T. et al. (2010). 'The Role of Molecular Markers and Marker Assisted Selection in Breeding for Organic Agriculture'. In: *Euphytica* 175, no. 1, pp. 51-64. <http://www.springerlink.com/content/h1r32625218lg0q4/fulltext.pdf>.

Lan, L. (2010). 'Green Stimulus Spurs Cellulosic Ethanol Makers'. In: *China Daily*, 27 augustus 2010. http://www.chinadaily.com.cn/business/2010-07/27/content_11053773.htm.

Li, Z. et.al. (2010). 'Past, present and Future Industrial Biotechnology in China'. In: Tsao, Ouyang & Chen (eds.). *Advances in Biochemical Engineering. Biotechnology*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 1-42.

Life Technologies. (2010). 'Life Technologies and SG Biofuels Complete Sequence of Jatropha Genome'. <http://www.lifetechnologies.com/news-gallery/press-releases/2010/life-techologies-ad-sg-biofuels-complete-sequece-of-jatropha-geo.html>, 24 augustus 2010.

LNV. (2007). *Overheidsvisie op de Bio-based economy in de energietransitie: 'de keten sluiten'*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV. (2009). '25 miljoen voor onderzoek naar energie uit planten en algen'. http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1640333&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_news_item_id=24490, 10 juli 2009.

Madrigal, A. (2008). 'DNA Technology Posts Dramatic Speed Increases'. In: *Wired Science*, 1 juli 2008. <http://www.wired.com/wiredscience/2008/07/british-institu/>.

Marco, D. (ed.) (2010). *Metagenomics. Theory, Methods and Applications*. Norfolk: Caister Academic Press.

Mayer, S. (2003). 'Non-Food GM Crops: New Darwin or False Hope? Part 1: Drug Production'. Persbericht GeneWatch UK.

Melis T. (2008). *Maximizing Light Utilization Efficiency and Hydrogen Production in Microalgal Cultures*. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/progress08/ii_f_2_melis.pdf.

Mollenveld, K. (2006). *Weekmakers. Groene grondstoffen bieden nieuwe mogelijkheden*. Den Haag: Platform Groene Grondstoffen. <http://www.groene-grondstoffen.nl/downloads/Boekjes/7Weekmakers.pdf>.

Monsanto. (2010a). 'Specialty Crop R&D Pipeline'. <http://www.monsanto.com/products/Pages/specialty-crop-pipeline.aspx>.

Monsanto. (2010b). 'Monsanto R&D Pipeline'. http://www.monsanto.com/products/Documents/pipeline-brochures/pipeline_2010.pdf.

Moschini, G.C. (2006). *Pharmaceutical and Industrial Traits in Genetically Modified Crops. Co-existence with Conventional Agriculture*. Ames: Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University. <http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/06wp429.pdf>.

Netwerk Platteland. (2010). *Klimaatvriendelijk platteland: 52 initiatieven om warm van te worden*. [http://www.netwerkplatteland.nl/dmdocuments/KlimaatvrPlatteland-jan2010\[1\].pdf](http://www.netwerkplatteland.nl/dmdocuments/KlimaatvrPlatteland-jan2010[1].pdf).

Novozymes. (2010). 'Metabolic Engineering'. <http://www.novozymes.com/en/innovation/our-technology/basic-technologies/Pages/metabolic-engineering.aspx>.

Persbureau Noordoost. (2009). 'Biovergisting: duurzaam maar geeft ook hoofdbreken'. In: *Handhaving. Blad voor uitvoerders en handhavers* 26, nr. 3, pp. 10-13. http://www.vrominspectie.nl/Images/Handhaving%203%202009_tcm293-267931.pdf

Pauwels, E. (2009). 'Review of quantitative and qualitative studies on U.S. public perceptions of synthetic biology'. In: *Systems and Synthetic Biology*, nr. 3, pp. 37-46.

Pioneer. (2010). 'Crop Genetics Pipeline'. 2010. http://www.pioneer.com/CMRoot/Pioneer/research/pipeline/Pipeline_2010.pdf.

Rao, N. (2006). 'A New Family of High-Performance Polymers Made With Renewable Resources'. <http://plastics.dupont.com/plastics/pdf/it/europe/design/ed0603e5.pdf>.

Regalado, A. (2010). 'Reinventing the Leaf'. In: *Scientific American* 303, no. 4, pp. 68-71.

Roeloffzen, F. & B. Oudshoff. (2008). 'Algen: de derde generatie biobrandstoffen?'. <http://www.twanetwerk.nl/default.ashx?DocumentId=10159>, 13 februari 2008.

Rubin-Pitel, S.B. & H. Zhao. (2006). 'Recent Advances in Biocatalysis by Directed Enzyme Evolution'. In: *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, no. 9, pp. 247-257. <http://chbe.illinois.edu/~zhaogrp/images/HZ43-CCHTS%20Directed%20Evolution.pdf>.

Schaart, J.G. & R.G.F. Visser. (2009). *Novel Plant Breeding Techniques. Consequences of New Genetic Modification-Based Plant Breeding Techniques in Comparison to Conventional Plant Breeding*. Wageningen: Wageningen UR Plant Breeding, Wageningen University and Research Center. <http://www.cogem.net/ContentFiles/Microsoft%20Word%20-%20New%20plant%20breeding%20techniques%20definitieve%20versie1.pdf>.

Schloss, P.D. (2009). 'A High-Throughput DNA Sequence Aligner for Microbial Ecology Studies'. <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0008230>.

SenterNovem. (2006). 'Mestvergistingsinstallaties'. http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/de-technieken/techniekpaginas/bio-energie-achtergrondinformatie_mestvergistingsinstallaties.asp.

Shen, L., J. Haufe & M.K. Patel. (2009). *Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-Based Plastics*. Utrecht: Group Science, Technology and Society, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht University. <http://www.european-bioplastics.org/media/files/docs/en-pub/PROBIP2009.pdf>.

Shreeve, J. (2004). 'Craig Venter's Epic Voyage to Redefine the Origin of the Species'. In: *Wired* 12, no. 8. <http://www.wired.com/wired/archive/12.08/venter.html>.

Solazyme. (2010). 'Solazyme adds Bunge as Strategic Investor in Series D'. <http://www.solazyme.com/media/2010-08-26>, 26 augustus 2010.

Stol, Y. & A. Nelis. (2010). *De maatschappelijke relevantie van biotechnologische trends*. Nijmegen: Centre for Society and Genomics. http://www.society-genomics.nl/fileadmin/user_upload/docs/trendanalyse_CSG_metblanco.pdf

Stichting Natuur en Milieu en De Provinciale Natuurfederaties (2008). 'Milieuorganisaties presenteren lijst van "goede" en "foute" biomassa'. <http://www.natuurenmilieu.nl/page.php?pageID=88&itemID=3324>, 24 januari 2008.

Strik, D.P.B.T.B. et al. (2008). 'Green Electricity Production With Living Plants and Bacteria in a Fuel Cell'. Published online in *Wiley InterScience*. http://www.microbialfuelcell.org/Publications/WUR/Strik_et%20al_2008.pdf

Syngenta. (2010). 'Japan and Taiwan Approve Syngenta's Enogen™ Corn Amylase Trait for Import'. http://www2.syngenta.com/en/media/mediareleases/en_100802.html, 2 augustus 2010.

Synthetic Genomics. 'Synthetic Genomics Inc and ExxonMobil Research and Engineering Company Sign Exclusive, Multi-Year Agreement to Develop Next Generation Biofuels Using Photosynthetic Algae'. <http://www.syntheticgenomics.com/media/press/71409.html>, 14 juli 2009.

The Royal Academy of Engineering. (2009). *Synthetic Biology. Public Dialogue on Synthetic Biology*. Londen: The Royal Academy of Engineering. http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Syn_bio_dialogue_report.pdf.

TNO. 'TNO en Ingrepro Renewables B.V. werken aan bioraffinage van algen' http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=persbericht&laag1=37&item_id=201008040040, 4 augustus 2010.

Trafton, A. 'Explained: Directed Evolution. Speeding Up Protein Evolution in the Lab Can Yield Useful Molecules That Nature Never Intended'. <http://web.mit.edu/newsoffice/2010/explained-directed-evolution-0513.html>, 13 mei 2010.

USDA. (2006), *Syngenta Seeds, Inc. Alpha-Amylase Maize Event 3272, Draft Environmental Assessment*. Riverdale: United States Department of Agriculture. http://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs/05_28001p_pea.pdf.

Vellema, S. (red.) (2003). *Markten voor groene opties. Ervaringen in verpakkingen, verven en isolatiematerialen*. Wageningen: Agrotechnology & Food Innovations B.V. <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/3Marktengroeneopties.pdf>

Verwer, C.C. et al. (2010). *Genetically Modified Trees. Status Trends and Potential Environmental Risks*. Wageningen: Alterra Wageningen UR. <http://content.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterraraapporten/AlterraRapport2039.pdf>

- VIB. (2010). *Dossier Populier*. <http://www.vib.be/nl/educatie/Pages/Dossier-populier.aspx>.
- Vogel, B. (2009). *Smart Breeding. Marker-Assisted Selection. A Non-Invasive Biotechnology Alternative to Genetic Engineering of Plant Varieties*. Amsterdam: Greenpeace International. <http://www.greenpeace.org/raw/content/seasia/en/press/reports/MAS-report.pdf>.
- Vogel, H.C. & C.L. Tadaro. (1997). *Fermentation and Biochemical Engineering Handbook. Principles, Process Design, and Equipment*. Norwich: William Andrew Publishing/Noyes.
- Vriend, H., R. van Est & B. Walhout. (2007). *Leven maken. Maatschappelijke reflectie op de opkomst van de synthetische biologie*. Den Haag: Rathenau Instituut. Werkdocument 98. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Leven_Maken.pdf.
- Wang, H.H. et al. (2009). 'Programming Cells by Multiplex Genome Engineering and Accelerated Evolution'. In: *Nature* 460, pp. 894-898.
- Wesoff, E. (2010). 'Biobutanol Producer Gevo Registers for \$150M IPO'. <http://www.greentechmedia.com/articles/read/biobutanol-producer-gevo-registers-for-150m-ipo/>, 13 augustus 2010.
- Whitman, W.B. et al. (1998). 'Prokaryotes. The Unseen Majority'. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, no. 12, pp. 6578-6583. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/issues/551/..](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/issues/551/)
- Wijffels, R.H. & M.J. Barbosa. (2010). 'An Outlook on Microalgal Biofuels'. In: *Science* 329, no. 5993, pp. 796-799.
- Wisner, R. (2005). *The Economics of Pharmaceutical Crops. Potential Benefits and Risks for Farmers and Rural Communities*. Cambridge: UCS Publications. http://www.ucsus.org/assets/documents/food_and_agriculture/ucs-economics-pharma-crops.pdf.
- WUR. (2010). 'Wageningen UR bouwt onderzoeksfaciliteit voor algen'. http://www.fbr.wur.nl/NL/nieuwsagenda/nieuws/Wageningen_UR_bouwt_onderzoeksfaciliteit_voor_algen.htm, 18 maart 2010.
- Yang, Y.T., G.N. Bennett & K.Y. San. (1998). Genetic and Metabolic Engineering. In: *EJB Electronic Journal of Biotechnology* 1, no.3, pp. 134-141. <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol1/issue3/full/3/3.PDF>.

Zhu, X.G., S.P. Long & D.R. Ort. (2008). 'What is the Maximum Efficiency With Which Photosynthesis Can Convert Solar Energy Into Biomass?' In: *Current Opinion in Biotechnology*, no. 19, pp. 153-159. <http://etmd.nal.usda.gov/bitstream/10113/36097/1/IND44280883.pdf>.

Zuidhoff, H. (2007). 'Opportunities in the Production of PLA, a Bio-based Polymer from Renewable Resources', 24-26 oktober 2007. Kuala Lumpur: EU-Malaysia Biotechnology Business Partnership. <http://www.eumbio.org/papers/biomanufacturing/HaikoZuidhoff.pdf>.

5



5 Van arcadia naar utopia?

Organische grondstoffen in Nederland in historisch perspectief 1800-2010

Frank Veraart, met medewerking van Giel van Hooff,
Fred Lambert, Harry Lintsen en Hans Schippers

*'Beschouw wat overvloed Natuur heeft uitgegoten.
Kom, gaan we, en laat ons saam die schatten overzien,
En geven we ons 't genot van 't geen ze ons aan kooft biên!'*

Willem Bilderdijk - 1803

5.1 Inleiding

Deze strofen van een uit het Frans vertaald gedicht van Willem Bilderdijk vormen een fraaie illustratie van de rond 1800 heersende adoratie voor de onvolprezen - goddelijke - rijkdom der natuur. Een schatkamer die de mens onuitputtelijke mogelijkheden biedt. In een wat moderner jasje zou het kunnen dienen als motto van woordvoerders van de bio-economie, een economie gebaseerd op hernieuwbare grondstoffen van biologische origine. Het basisidee van dit toekomstperspectief vormen de chemische overeenkomsten tussen biologische materialen en grondstoffen zoals kolen, olie en aardgas. Beide zijn zogenaamde organische materialen, waarvan de gefossiliseerde plantenresten op dit moment de belangrijkste grondstoffen zijn om in de materiaal- en energiebehoefte te voorzien. In een bio-economie zouden herwinbare biologische of 'natuurlijke' materialen een belangrijk deel van de uitputbare fossiele grondstoffen kunnen vervangen. Een belangrijke motivatie hiervoor is een reductie in de uitstoot van het broeikasgas CO₂. Dit wordt via fotosynthese tijdens de groei omgezet in bouwstoffen voor de plant. Bij gebruik van het plantmateriaal kom de CO₂ in veel gevallen weer vrij. Met het gebruik van plantaardige materialen lijkt er dus netto geen extra CO₂ aan de kringlopen te worden toegevoegd.

De bio-economie is een aanlokkelijk alternatief: een samenleving met biologische materialen als voornaamste grondstof. Deze samenleving is niet alleen voorstelbaar in toekomstscenario's, maar heeft ook een equivalent in het verleden, in de

1 Willem Bilderdijk, *Het Buitenleven in vier gezangen*, Johannes Allart, Amsterdam 1803, p. 86-87.
Het gedicht is een bewerking van *l'Homme des champs* van Jacques Delille.

periode voor de industrialisering. Een analyse van dat verleden kan de gedachten over en de verwachtingen ten aanzien van een bio-economie verscherpen. In een historische terugblik zullen een aantal belangrijke onderwerpen aan de orde komen die de huidige discussie over de bio-economie kunnen voeden.

De Nederlandse transitie van een grotendeels op biologische materialen georiënteerde naar een op fossiele brandstoffen draaiende samenleving vond plaats in de laatste tweehonderd jaar. In de komende paragrafen kijken we terug op de aard van de oorspronkelijke samenleving. Was dit het verlokkelijke arcadia van een maatschappij in evenwicht met de natuur? Onze aandacht gaat hierbij uit naar de begrenzingen van deze klassieke bio-economie. In de derde paragraaf gaan we in op de transitie van die samenleving naar een economie die zich vanaf 1850 geleidelijk losmaakt van de natuurlijke grondstoffen. We staan stil bij de snelheid van dit proces en stellen ons de vraag door welke factoren deze werd bepaald. Het vierde deel schetst de opmaat van de huidige discussie. Het laat zien hoe in een proces waarin telkens de grenzen werden verlegd, een moderne industriële economie tot stand kwam, die werd gebaseerd op een massaal gebruik van fossiele grondstoffen zoals kolen, olie en gas. We bestuderen de realisatie van een industrieel complex rond deze fossiele grondstoffen en zijn vertakkingen in de energievoorziening, de chemie en de landbouw. Het vijfde deel laat zien hoe dit moderniseringsproces doordrong in de agrarische sector en daar een industriële landbouw realiseerde. De voorlaatste paragraaf schetst hoe vanaf de jaren zeventig steeds nadrukkelijker vraagtekens werden gezet bij de industrialisering en modernisering. Het beschrijft hoe de bio-economiegedachte terugkeert als een van de alternatieven voor het fossiele energie- en materiaalgebruik. Sinds de jaren negentig voerden de steeds urgentere voorspellingen van klimaatverandering de druk verder op. Op basis van dit historisch overzicht sluiten we af met een reflectie op de transitie naar een duurzaam Nederland en de rol voor een bio-economie hierin. Welke uitdagingen wachten ons in de 21^e in een transitie naar een duurzame bio-economie?

5.2 Arcadia? Nederland tot 1850

Het Nederland van de eerste helft van de negentiende eeuw was nog grotendeels gebaseerd op hernieuwbare biologische grondstoffen en andere hulpbronnen. Wind en spierkracht van mens en dier vormden de belangrijkste aandrijfkraften van molens, werktuigen en transportmiddelen. Voor verwarming vormden turf en hout uit kleine bospercelen en houtwallen de belangrijkste bronnen.

Nederland was een agrarisch georiënteerde handelssamenleving. In 1850 telde het land ruim drie miljoen inwoners. Nederland was echter ook een lappendeken van verschillende streken met sterk uiteenlopende kenmerken op cultureel, landschappelijk én economisch vlak. Uit het oogpunt van landbouw, handel en nijverheid kon Nederland in het midden van de negentiende eeuw ruwweg ingedeeld worden in twee delen. De in economisch opzicht belangrijkste regio

was het laagliggende westelijke deel van het land. Hier lagen zowel de grotere steden met hun internationale handelscontacten als een vruchtbaar landbouwgebied ontsloten door een dicht netwerk van kanalen. Het hoger gelegen oostelijke deel had een andere economische structuur: het was vooral agrarisch en grotendeels autarkisch georiënteerd. Boerengemeenschappen leefden in kleine dorpen, die als groene oases tussen uitgestrekte heidevelden en zandverstuivingen lagen. Was dit het toonbeeld van een arcadische bio-economie, waarin mensen in evenwicht leefden met de omringende natuur?

De autarkische zandgronden

De zelfvoorzieningsgraad van de Nederlandse bevolking was het hoogst op de oostelijke en zuidelijke zandgronden. De landbouwbedrijven in deze gebieden waren over het algemeen klein. Voor eigen gebruik verbouwde men onder meer rogge (voor brood), boekweit (pap en pannenkoeken), aardappelen, kool, wortelen of bonen. Men kon in bescheiden mate beschikken over vlees van het varken, vet en melk, karnemelk en boter van een koe, eieren, olie uit koolzaad en fruit uit een boomgaard. Daarnaast voorzag men zich grotendeels zelf van brandstof door hout te kappen of turf te steken. Men voorzag in de eigen behoefte aan textiel, door uit vlas (linnen) en wol garen te spinnen en stoffen te weven. Uit de opbrengst van de verkoop van vlees en zuivelproducten kon men een aantal levensmiddelen en andere zaken kopen die de lokale markt in de regel niet kon leveren, zoals zout, zeep, azijn, stroop, koffie, thee, bier en tabak en zo nu en dan meubels, schoeisel, aardewerk en werktuigen. De dorpsgemeenschappen konden in het algemeen net in de eigen behoeften voorzien.² Het romantische beeld van een autarkische agrarische samenleving in harmonie met de omgeving - dat uit het bovenstaande zou kunnen oprijzen - staat echter ver af van de werkelijke situatie. Het evenwicht tussen opbrengsten, consumptie en afdrachten was zeer fragiel. Zelfvoorziening was noodzaak, geen doel.³ Het bestaan op de zandgronden was sterk begrensd door de grillen der natuur. De gemiddelde levensverwachting was niet hoog, ongeveer 35 jaar. Het leven in de Brabantse Meierij werd in de achttiende eeuw dan ook aangeduid als 'een slaeffelijken arbeyt, geaccompaneert met armoe en miserie'.⁴ Met alle mogelijk middelen trachtten de boeren hun armoede te verlichten. Naast de arbeidsintensieve landbouw ontstond hierdoor ook een kleinschalige huisnijverheid in textiel en leder die in de rustigere perioden werd bedreven.

2 Gabriël van den Brink, *De grote overgang, een lokaal onderzoek naar de modernisering van het bestaan. Woensel 1670-1920*, SUN, Nijmegen, 1996, p. 131 en 136

3 Jan Bieleman, *Boeren in Nederland, geschiedenis van de landbouw 1500-2000*, Uitgeverij Boom, Amsterdam 2008. p. 234)

4 *Syncere Remonstratie en nederigh vertoog dat de gecommiteerden voor Staats-Brabant in 1716 opstelden, om de verschillen tussen de Hollandse en de Brabantse landbouw te schetsen.*

Geciteerd in Gabriël van den Brink, *De grote overgang*, 1996, p. 113

Grondstoffenhonger: mest als tweede God

De ellende en miserie op het platteland konden alleen verlicht worden door de landbouwopbrengsten te verhogen. Een gebrek aan voedingsstoffen in de bodem vormde hierbij een belangrijk obstakel. Bemesting was het heikele punt van de agrarische bedrijven op de zandgronden. Mest heette bij de Brabantse boeren zeer toepasselijk: zijn tweede Heer God.⁵ Alleen met meer bemesting was productieverhoging mogelijk. Om een met de rivier- en zeekleigebieden vergelijkbare opbrengst te halen, hadden boeren op de zandgronden echter meer dan tweehonderd karren mest per hectare per jaar nodig. De mestopbrengst van de beperkte veestapel op de eigen boerderij was veelal veel kleiner. Als aanvulling plagden en maaiden boeren vrijwel dagelijks heide, russen en andere 'ruigten' af teneinde dit organisch materiaal onder de beesten te strooien.⁶ Deze praktijk had echter ook negatieve bijwerkingen. Door de eenzijdige aard van de bemesting verzuurde de grond, en geleidelijk verdween de productie van economisch aantrekkelijke graangewassen als gerst en haver om grotendeels plaats te maken voor die van rogge. In de achttiende eeuw intensiverde het plaggen van de heide ten behoeve van een steeds toenemende mestvraag. In Drenthe veranderde onder invloed van de intensieve mestproductie de veeteelt van rundvee- naar schapenhouderij. Het Drents plateau ontwikkelde zich tot een van de schapenrijke gebieden van ons land.⁷

De agrarische productie in deze rurale samenlevingen was gebaseerd op gezamenlijk grondbeheer. Zogenaamde marken, maalschappen of herdgangen waren in de middeleeuwen ontstaan om de bos- en weidegronden te beheren. Zij vaardigden regels uit over de omvang van het te houden vee en de te winnen hoeveelheden turf en hout. Zij streefden een zeker ecologisch evenwicht na. Door een geleidelijk toenemende economische druk van buiten de zandgronden konden deze besturen een geleidelijke overexploitatie en uitputting van het landschap niet voorkomen. De intensieve schapenhouderij maakte van hoog Nederland een kale open vlakte. Door het voortdurende afplaggen kreeg de begroeiing steeds minder kans om te herstellen, hetgeen op verschillende plaatsen leidde tot zandverstuiving en woestijnvorming, die met regelmaat voor lokale overlast zorgden.⁸

De zandgronden met hun zelfvoorziening waren dus verre van paradijselijk, maar moeten eerder beschouwd worden als een ecologisch en sociaal rampgebied. De levensstandaard werd begrensd door de klimatologische omstandigheden

-
- 5 W.J.D. van Iterson, *Schets van de landhuishouding der Meierij, herinneringen*, 's-Hertogenbosch, 1868, geciteerd in Bieleman, *Boeren in Nederland*, 2008, 266
- 6 Gabriël van den Brink, *De grote overgang*, 1996, p. 112.
- 7 Bieleman, *Boeren in Nederland* 2008, p 244-246
- 8 J.L van Zanden en S.W. Verstegen *Groene geschiedenis van Nederland*, Het Spectrum, Zeist, 1993, p. 23-25; Auke van der Woud, *Het lege land, de ruimtelijke orde van Nederland*, 1798-1948, Meulenhof, Amsterdam, 1987, p. 213-216

en mogelijkheden tot bemesting. Tussen de grote kale heide- en zandvlaktes trachtten de bewoners van deze gebieden met alle mogelijke middelen in hun karige levensonderhoud te voorzien en het fragiele evenwicht tussen opbrengsten en levensminimum in stand te houden.

Laag Nederland: gras en handelsgewassen

De situatie in het westen en noorden van Nederland verschilde in velerlei opzicht van de armetierige omstandigheden op de zandgronden. Dit stedenrijke gebied lag in een groen eldorado van grasland met vee, boomgaarden tussen de grote rivieren en vruchtbare akkers met aardappelen en zogenaamde handelsgewassen als vlas, hennep, meekrap en tabak. Het landschap van laag Nederland was zeer waterrijk. Het telde talrijke rivierarmen, plassen, vaarten en kanalen die zorgden voor excellente verbindingen tussen de veelal kleine maar zeer dichtbevolkte steden in dit gebied (zie tabel 5.1). De steden waren het brandpunt van internationale economische activiteiten, waarbij overslag en scheepsbouw in en rond de havens het eerst in het oog vielen. Verschillende vormen van nijverheid, die ingevoerde en lokale producten verwerkten, ondersteunden deze activiteiten.

Ook hier behoeft de idyllische eerste indruk correctie. Het groene oneindige laagland was feitelijk het gevolg van een eerdere ecologische crisis, die vanaf de late middeleeuwen was ingezet. Tot in de late middeleeuwen beperkte de bewoning van West-Nederland zich tot de duingebieden en de oeverwallen van de rivieren. Van de tiende tot de veertiende eeuw gaven de graven van Holland en bisschoppen van Utrecht concessies uit voor de ontginning van de veenmoerassen. Tijdens de zogeheten 'grote ontginning' werd het moerasbos gerooid en het veen, dat een halve tot vier meter boven zeeniveau lag, ontwaterd door middel van sloten die uitkwamen op weteringen en natuurlijke veenstromen. Het drooggevalen veen diende als landbouwgrond, voornamelijk voor graanteelt. Het ontwateren leidde echter tot de oxidatie van het veen en dit biologisch afbraakproces had een onomkeerbare bodemdaling tot gevolg.

Grondbewerking versterkte dit proces van inklinking en vormde daarmee het startpunt van Hollands klassieke strijd tegen het water. Dammen, uitwateringsluizen en dijken moesten het inklinkende land droog houden. Vanaf de dertiende eeuw bleek het verbouwen van graan steeds moeilijker. Alleen extensieve veehouderij op de weidegronden en 'vissen en vogelen' bleken nog mogelijk in dit natte platteland. Een belangrijk deel van de plattelandsbevolking trok naar de steden, waar de nijverheid kon profiteren van de aanwas van goedkope arbeidskrachten. Stad en platteland raakten nauw met elkaar verbonden. De steden werden het overslagpunt van gespecialiseerde agrarische producten zoals kaas en boter, nijverheidsproducten en geïmporteerd graan en hout. Hieruit ontstond een voor die tijd moderne markteconomie gebaseerd op handel.⁹

9 P.C.M. Hoppenbrouwers, 'Van Waterland tot stedenland' in Thimo de Nijs en Eelco Beukers, *Geschiedenis van Holland, deel 1 tot 1572*, Verloren, Hilversum, 2002, p. 103-148; J.L. van Zanden en S.W. Verstegen *Groene geschiedenis van Nederland*, Het Spectrum, Zeist, 1993, p. 19-23

Tabel 5.1 Inwonertal en bevolkingsdichtheid van de grootste vijf Nederlandse steden in 1850¹⁰

Stad	inwoners	inwoners/km ²
Amsterdam	224.000	13.500
Rotterdam	90.000	11.900
's-Gravenhage	72.000	
Utrecht	49.000	
Leiden	37.000	21.400

Bron: Nederlands Interdisciplinair Demografisch Instituut

Ter plaatse geteelde gewassen, zoals hennep en vlas (lijnzaad), vonden toepassingen in deze klassieke bio-economie. Molens wonnen olie uit de zaden. Het residu van de persing, de lijnkoeken, vormde als veevoer het tweede belangrijk handelsproduct. De vezels van deze planten vormden belangrijke binnenlandse grondstoffen voor de linnenindustrie en voor de vele honderden lijnbanen, die ze verwerkten tot touwen en garens.¹¹

Handel werd de belangrijkste economische activiteit van dit gebied, dat profiteerde van de veilige handelsroutes 'achter de duinen' tussen de Hanzesteden en Vlaanderen. De opkomst van de nijverheidsbedrijven leidde tot een grote vraag naar brandstoffen voor ruimteverwarming en productieprocessen. Hierin werd in eerste instantie voorzien door turfwinning uit het laagveen. Deze zogeheten vervening veranderde enorme gebieden in plassen. Het land werd hierdoor van binnenuit uitgehold. De landschappelijke gevolgen waren enorm: in de omgeving van Gouda en Haarlem ontstonden enorme meren, die vele eeuwen het Hollandse landschap bepaalden.¹²

Voor het belangrijkste constructiemateriaal, hout, werd Nederland vrijwel volledig afhankelijk van import. Hout diende voor de bouw van woningen en van schepen voor handelsvloot en marine. In de Zaanstreek ontstond een vroegmodern industrieel complex, waar het hout uit Noorwegen en het Oostzeegebied werd verwerkt tot constructiematerialen. Dordrecht en omgeving verwerkte het hout uit de Duitse gebieden dat in enorme vloten werd aangevoerd.¹³

10 Peter Ekamper, Rob van der Werf en Nicole van der Graag, *Bevolkingsatlas van Nederland, demografische ontwikkeling van Nederland 1850 tot heden*, Nederlands Interdisciplinair Demografisch Instituut, Elmar, Rijswijk, 2003

11 D.A. Zoethout, *De Plant in Nijverheid en Handel*, 1914 (p. 46-47); B.R. Feis, H. Hoogendoorn en P.M. Stoppelenburg, *Holland in touw, hennep teelt en touwfabricage in het Groene Hart*, Groene Hart Producties, Woerden, 2002

12 Jan de Vries en Ad van der Woude, *Nederland 1500-1815, de eerste ronde van economische groei*, Balans, Amsterdam, 1995, p. 58

13 J. Buis, *Historia Forestis: Nederlandse bosgeschiedenis*, Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen, 1985, p 487-518

De Gouden Eeuw versterkte de handel door de invoer en verwerking van exotische goederen. Technische innovaties schroefden de productie van de Nederlandse Republiek verder op. Door de toepassing van de windmolen konden binnenmeren worden drooggemaakt. De stedelijke burgerij investeerde in deze droogmakerijen, waar de landbouw zich richtte op kapitaalintensieve melkveehouderij. De positie van Nederland, en Amsterdam in het bijzonder, als knooppunt van alle goederenstromen werd strategisch uitgebuit. Veredelingsbedrijven bewerkten geïmporteerde en eigen grondstoffen, waarna de eindproducten grotendeels voor de export bestemd waren.

Het economische succes van Nederlands Gouden Eeuw liet echter ook een ecologische voetafdruk achter in de directe omgeving. Rond 1640 waren vrijwel geheel Nederland en de aangrenzende gebieden in Duitsland ontbost door de massale behoefte aan hout voor scheeps- en woningbouw. De zogenaamde *Höllanderflößerei* op de Rijn leidde tot kaalslag in de bossen van Baden en Württemberg. Op de Rijnvlakte in het Odenwald, de Pfalz en in gebieden rond Hannover was nauwelijks nog eikenhout te vinden als gevolg van de enorme houthonger van de Nederlandse republiek.¹⁴ De enorme kaalslag in Europese bossen leidde in Duitsland tot de eerste publicaties over een duurzame bosbouw.¹⁵ In de eeuwen erna zouden deze ideeën en verwachtingen over uitputting nog vaak wedijveren met economische belangen.

Alleen door toenemende internationale handel kon laag Nederland in zijn materiaalbehoefte voorzien. Laag Nederland rekte de klassieke bio-economie op tot buiten de landsgrenzen. De ligging van de steden op het kruispunt van vele handelsroutes bleek hierin cruciaal. Al voor de industriële revolutie was de economie van laag Nederland verknoopt met buitenlandse toeleveranciers van hout en graan, bouw materiaal en brandstof voor mens en dier. Deze werden op de Nederlandse markten uitgeruild met nijverheidsartikelen en agrarische specialiteiten. Laag Nederland moest met bemaling worden drooggehouden. Ook dit gebied bleek een fragiel systeem waarin de bevolking alleen met behulp van bemaling en door middel van handel het hoofd fysiek en economisch boven water kon houden.

Aan het begin van de negentiende eeuw stelden de nieuwe economische verhoudingen in Europa en een toenemende verzilting van de gronden als gevolg van de steeds verdergaande inklinking laag Nederland voor enorme opgaven. Alleen met radicale veranderingen in techniek en organisaties kon de problemen in hoog en laag Nederland het hoofd worden geboden.

14 Henk van Zon, *Geschiedenis en duurzame ontwikkeling, duurzame ontwikkeling in historisch perspectief; enkele verkenningen*, Vakreview duurzame ontwikkeling deel 5, Universitair Centrum Milieuwetenschappen, Katholieke Universiteit Nijmegen, 2002, p. 61-63

15 Henk van Zon, *Geschiedenis en duurzame ontwikkeling*, Nijmegen, 2002, 19-22

5.3 Transitie naar een geïndustrialiseerde samenleving

Aan het begin van de negentiende eeuw was Nederland geen schim meer van het economische wonder van de Gouden Eeuw. Mercantilistische handelspraktijken hadden internationaal de overhand gekregen en in technologisch opzicht was Nederland ingehaald door de verlichte economieën in Frankrijk en vooral Engeland, waar de industriële revolutie had ingezet. Het Britse economische succes berustte op een wereldwijd koloniaal rijk en op de opkomst van een moderne industrie gebaseerd op mijnbouw, staal en textielproductie. Steenkool - 'het ondergrondse bos' - zorgde voor de benodigde energie. De stoommachine werd het iconische instrument van de industriële revolutie.

Na Napoleons nederlaag in 1815 koesterde het nieuwe Nederlandse koninkrijk kortstondig de hoop snel aan te sluiten bij deze ontwikkelingen. De samenvoeging van de Oostenrijkse en Noordelijke Nederlanden verenigde de Waalse industriegebieden met de Hollandse handelssteden. Plannen voor verregaande integratie werden ontwikkeld. De ambities werden echter in de kiem gesmoord door de Belgische omwenteling van 1830.

De technologische en economische ontwikkeling van onze buurlanden Engeland en België vormde het lokkend perspectief voor de Nederlandse samenleving in het midden van de negentiende eeuw. De vraag die zich opdringt is waarom niet onmiddellijk werd overgeschakeld. De introductie van nieuwe technologie en de stap naar deze nieuwe industriële maatschappij vroegen echter om een nieuwe, andere mentaliteit en het doorbreken van de oude begrenzingen. Dit vereiste radicale veranderingen in sociaal-culturele en economische structuren. Dit transitieproces wordt in de volgende paragrafen geïllustreerd aan de hand van twee voorbeelden, de bemesting en ontginning van de zandgronden en de innovaties in de meekrap, de grondstof voor natuurlijke kleurstoffen die een van de handelsgewassen van laag Nederland vormde.

Transitie op de zandgronden: bemesting en ontginning

Hoe ontsnapten de bewoners van de zandgronden uit de armoedige situatie die daar heerste? De eerste initiatieven voor verbetering van de gronden werden al rond 1800 genomen, maar het zou nog bijna een eeuw duren voordat de ontginningen in het zuiden en oosten van Nederland het gebied veranderden in een landschap van vruchtbare akkers en weidegronden. De vraag dringt zich op waarom dit zo lang duurde en wat de belangrijkste factoren waren in deze transitie. Het voor de hand liggende antwoord is: de kunstmest moest nog worden uitgevonden. Toch is dat antwoord te gemakkelijk. We zullen laten zien dat er eerst ook andere barrières moesten worden genomen.

De radicale verandering in deze gebieden kon daardoor pas doorgang vinden nadat een aantal samenhangende beperkingen werden overwonnen. Op de eerste plaats waren dit de onduidelijkheden over de eigendomsverhoudingen en de daarmee samenhangende ruimte voor investeringen. Het moge duidelijk

zijn dat de kleine arme boeren geen grote financiële risico's konden nemen. Voor innovaties en experimenten waren bij hen geen middelen voorhanden. Daarnaast misten ze goede landbouwkundige kennis die radicale verbetering van de grond en productieverhoging mogelijk maakte.

Eigendomsverhoudingen en investeringen

De eerste belemmering voor ontginning van de zandgronden vormde de status van de gronden. Een deel van de agrarische gemeenschappen hier kende een gezamenlijk beheer van (een deel van) de gronden, met eigen bestuursvormen en landbouwpraktijken. Zoals we zagen vormden de gezamenlijk beheerde heidevelden een belangrijke bron voor de verhoging van de mestproductie, maar economische groei kon nauwelijks worden gerealiseerd, noch kon een geleidelijke uitputting van de gronden worden voorkomen.

De traditionele praktijken en verhoudingen waren amper een prikkel voor een uitbreiding van de productieve landbouwgronden en belemmerden de economische en sociale vooruitgang van deze gebieden. In 1806 lanceerde koning Lodewijk Napoleon de eerste plannen om de *petits déserts* ('kleine woestijnen') te ontwikkelen. Het duurde echter ruim veertig jaar voordat de regelgeving vervolledigd werd. Dit kwam door verzet van de lokale bestuurders en de vele politieke wisselingen in de vroege negentiende eeuw. Onduidelijkheid over eigendomsverhoudingen maakte de koop van gronden tot een moeilijke zaak. Slechts geleidelijk kon het in 1832 (her)ingestelde Nederlandse kadaster duidelijkheid verschaffen over de vele conflicterende grondclaims. De kadastrale beschrijving, taxaties en andere administratieve rompslomp die grondverwerving nu met zich mee bracht, resulteerden erin dat grote grondaankopen gunstiger uitvielen dan kleine, waardoor de maatregelen gunstiger uitvielen voor 'landheren' en grootgrondbezitters met meer financiële slagkracht.¹⁶

Kennis en mogelijkheden

Een tweede obstakel voor een snelle transitie van de zandgronden bestond uit beperkte kennis van en mogelijkheden tot grondverbetering. Het gebrek aan betaalbare mest vormde hier de beperkende factor. Een deel van de welgestelde investeerders loste dit op door te kiezen voor een natuurlijke bemesting via zogenaamde houtcultuur, de aanplant van bos. Na een periode van twintig tot dertig jaar kon dit bos worden gerooid en bleef een vruchtbare humuslaag over. Deze natuurlijke bemestingsvorm betekende een investering op lange termijn en vergde een ruime beurs (zie kader *Herbebossing van Nederland*).¹⁷ Naast deze langetermijninvestering startten ook in Nederland op kleine schaal de

16 Auke van der Woud, *Het lege land*, p. 213-226; Eric Berkers, *Geodesie, de aarde verbeeld, berekend en getekend*, Walburg pers, Zutphen, 2004

17 Auke van der Woud, *Het lege land*, p. 197 en 236; W. Boerhave Beekman, *Hout in alle tijden, deel V, toegepast hout van thans*, Kluwer, Deventer, 1951, in inleiding (z.p.); J.L. van Zanden en S.W. Verstegen *Groene geschiedenis van Nederland*, Het Spectrum, Zeist, 1993, p. 65

Herbebossing van Nederland

Cijfers over de omvang van de natuurlijke bemesting voor heel Nederland ontbreken, maar een studie van het grondgebruik in het Brabantse Woensel laat zien hoe met deze praktijk het bos aldaar groeide ten opzichte van het overige grondgebruik, vooral heide.

Tabel 5.2 Gebruik van grond in Woensel (Noord-Brabant) in procenten

	bouwland	grasland	bos	overig	Totaal
1794	21	14	2	63	100
1832	30	13	4	53	100
1852	31	14	9	46	100
1880	32	14	15	39	100
1895	31	16	21	32	100

Bron: Van den Brink, De grote overgang, p. 115)

Het bosareaal in Nederland besloeg in 1833 met 170.000 ha ongeveer 5% van het landoppervlak; in 1900 was dit gegroeid tot 250.000 ha ofwel 7,6% van het oppervlak. Voor het eerst sinds de zestiende eeuw groeide het bosareaal van Nederland. Eind negentiende eeuw werden bossen steeds meer aangewend voor houtproductie: met de industrialisering groeide de vraag naar dennenstammen die als stutten dienden in de kolenmijnen. Gedurende de twintigste eeuw bleef het areaal bos vrijwel constant, maar bleef Nederland, samen met Groot-Brittannië en Ierland, een van de bosarmste landen van Europa, en niet in staat te voorzien in de eigen behoefte.

eerste ontginningen, waarbij werd geëxperimenteerd met diverse bemestingsvormen. Initiatieven hiertoe kwamen van de Maatschappijen van Landbouw, opgericht in de eerste helft van de negentiende eeuw door de lokale elite, zoals bestuurders, juristen en grootgrondbezitters. In navolging van Franse en Britse Landbouwgenootschappen richtten ze zich vanuit een verlicht gedachtegoed op de verwetenschappelijking van de landbouw. De landbouwmaatschappijen speelden een belangrijke rol in het experimenteren met nieuwe technologie, waaronder vele proefnemingen met nieuwe middelen van bemesting. Diverse binnen- en buitenlandse voorbeelden lieten zien dat bemesting de arme zandgronden kon omvormen tot vruchtbare landbouwgrond. Fecaliën en afval uit de steden waren hiertoe geschikte meststoffen. De Groningse veenkoloniën en de Hollandse tuinbouw maakten veelvuldig gebruik van deze meststoffen. De benodigde hoeveelheden op de zandgronden en de daarbij horende transportkosten stonden een uitgebreid gebruik van deze meststoffen echter in de weg. Dit veranderde met de komst van guano, gedroogde vogelmest die

door de Britten vanuit Peru in Europa was geïntroduceerd. Uit Britse experimenten bleek dat guano, meegebracht in 1841, een hoge bemestingswaarde had. In 1843 werd de eerste guano ook in Nederland geïmporteerd en toonden experimenten ook hier de kracht van deze kunstmatige bemesting. Rapportages toonden aan dat 1 ton guano gelijk stond aan 30 ton mest van paarden, runderen of varkens. Door deze enorme bemestingskracht was het - ondanks de veel grotere afstand - goedkoper om deze meststof te importeren dan reguliere bemestingsmiddelen aan te voeren.¹⁸ Experimenten en het gebruik van deze Zuid-Amerikaanse meststof namen hierdoor snel toe. De winning geschiedde onder erbarmelijke omstandigheden door goedkope arbeidskrachten uit China en zorgde voor de verwoesting van de Chileense en Peruaanse kuststreken en eilanden.¹⁹

Na enkele decennia raakten de beste voorraden uitgeput en startte een zoektocht naar substituten. Gedroogde vogelmest uit andere werelddelen bleek minder werkzaam en eigen mengsels waren zelden succesvol. Chemici zochten naar een verklaring voor de bemestende waarde van guano. Geleidelijk werd het belang van de aanwezige fosfaten en nitraten in guano duidelijk. Onderzoek naar plantvoeding en bemesting vormde een van de speerpunten van de in 1876 opgerichte Rijkslandbouwschool in Wageningen (de latere Landbouwuniversiteit). Met de oprichting hiervan werd de verwetenschappelijking van de landbouw in Nederland ingezet.²⁰

In kwantitatieve zin bleef de toepassing van guano in Nederland tamelijk beperkt. Op het hoogtepunt van de guanohausse rond 1870 werd per jaar ongeveer 7000 ton verbruikt, iets minder dan drie kilogram per hectare. Het belang moet dan ook vooral gezocht worden in de rol die deze bemestingsvorm speelde in het doorbreken van de oude structuren. Guanogebruik doorbrak de lokale cyclus van natuurlijke voedingsstoffen uit mest en afvalstoffen van platteland en stad. Bovendien gaf het de aanzet tot een wetenschappelijke benadering, ondersteund door de landbouwmaatschappijen.

Verbeterde transportmogelijkheden, zoals stoomschepen, veroorzaakten tussen 1880 en 1895 een landbouwcrisis waarbij de aanvoer van graan en andere goederen zorgde voor steeds verdere prijsdalingen, ook in het Nederlandse achterland.²¹ Tegelijkertijd groeide de veestapel en werd na 1880 het mest-

18 J.L. van Zanden, 'Mest en Ploeg' in H.W. Lintsen (red.) *Techniek in Nederland, de wording van een moderne samenleving, 1800-1890*, deel 1, Walburg Pers, Zutphen, 1992, pp. 53-69

19 Clive Ponting, *A New Green History of the World, The environment and the collapse of great civilizations*, Penguin Books, London, 2007, p. 193

20 J.L. van Zanden, 'Mest en Ploeg' in H.W. Lintsen (red.) *Techniek in Nederland, de wording van een moderne samenleving, 1800-1890*, deel 1, Walburg Pers, Zutphen, 1992, pp. 53-69

21 J. Bieleman, J. en H.K. Roessingh, 'Wie zaait zal oogsten? De ontwikkeling van het rogge-beschot op de noordelijke zandgronden op lange termijn', in H. Diederiks, J.-Th. Lindblad & B. de Vries (Eds), *Het platteland in een veranderende wereld*. Hilversum, 1994, pp. 194, p. 176-178

probleem minder acuut.²² De overheid drong aan op betere samenwerkingsvormen binnen de landbouw om de crisis het hoofd te bieden. Met de coöperatiewet van 1876 werd het voor kleinere boeren mogelijk voordeel te halen uit gezamenlijke inkoop en verkoop. De primeur had de aankoopvereniging voor meststoffen Welbegrepen Eigenbelang in het Zeeuwse Aardenburg. Het voorbeeld vond spoedig navolging. Via het in 1891 opgerichte Nederlands Landbouw-Comité verbeterde de samenwerking tussen landbouwverenigingen en kennisinstituten. Hierdoor nam de introductie van nieuwe kunstmatige meststoffen, zoals superfosfaten, vanaf de jaren 1890 een hoge vlucht. In de twintigste eeuw volgden andere kunstmeststoffen als uitvloeisel van de steenkool- en aardolieraffinage.

Het duurde echter nog een halve eeuw voordat kunstmest belangrijker werd dan stalmest.²³ De transitie was ingezet, maar verliep net als andere veranderingen met een gematigde snelheid, afhankelijk van het tempo waarin sociale en economische structuren veranderden.

Transities in de handelseconomie van laag Nederland

Op de zandgronden duurde het bijna een eeuw voordat de initiatieven voor verbetering enige omvang kregen. Oude structuren moesten worden hervormd om investeringen en innovaties mogelijk te maken. Voor laag Nederland leek het gebrek aan financiële slagkracht minder relevant. Toch duurde ook daar het transformatieproces meerdere decennia. Vanwaar deze traagheid? Hoe verliep hier de transformatie van de pre-industriële veredelingsbedrijven naar een moderne industrie?

Dat industrialisering meer betekende dan alleen de introductie van nieuwe apparatuur of andere technische vindingen is fraai te illustreren aan de hand van innovaties in de meekrapverwerking. De gedroogde en gemalen wortel van de meekrapplant, kortweg meekrap, diende als een rode kleurstof voor het verven van textiel en leer. Meekrap werd verbouwd in de zeekleigebieden van Zuidwest-Nederland.

22 Merijn Knibbe, 'Landbouwproductie en -productiviteit, 1807-1997' in Ronald van der Bie en Pit Dehing (red.), *Nationaal goed, feiten en cijfers over onze samenleving (ca.) 1800-1999*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, 1999, 37-55

23 Ernst Homburg en Henk van Zon, 'Grootschalig produceren: superfosfaat en zwavelzuur, 1890-1940' in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p 278-297; Jan Bieleman, *Boeren in Nederland*, p 285-287; Hans Veldman, Eric van Royen en Frank Veraart, *Een machtige schakel in de land- en tuinbouw, de geschiedenis van Cebecco-Handelsraad, 1899-1999*, Stichting Historie der Techniek, Eindhoven, 1999, p. 16-22, Merijn Knibbe, 'Landbouwproductie en -productiviteit, 1807-1997' in Ronald van der Bie en Pit Dehing (red.), *Nationaal goed, feiten en cijfers over onze samenleving (ca.) 1800-1999*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, 1999, p. 55

Tot de jaren 1820 was Nederland de marktleider in deze kleurstof. Na die tijd ondervond het op de Engelse markt steeds meer concurrentie van Franse meekrap. De Fransen wisten hun marktaandeel na 1830 verder uit te bouwen door in een chemisch proces de kleurstoffen uit de plant te concentreren tot een nieuw product. Dit geconcentreerde pigment werd door de Fransen *garancine* genoemd. De Nederlandse producenten reageerden echter nauwelijks: pas na 1845 kwamen initiatieven van de grond om de Nederlandse meekrap te industrialiseren. De vraag dringt zich dan ook op: wat hield deze innovaties tegen?

Voor een verklaring moeten allereerst de verschillen tussen de Nederlandse en Franse productiewijzen worden geduid. De Nederlandse productie was kleinschalig georiënteerd. De meestof waar de meekrapwortels werden gedroogd en vermalen was het gezamenlijke bezit van een aantal boeren. In het langgerekte gebouw had iedere landbouwer een eigen ruimte om zijn partij meekrap op te slaan. De oogst werd op individuele basis aan de stapelhandelaar verkocht, die hem doorverkocht aan ververijen en drukkerijen. De Franse productie was fabrieksmatig, waarbij grote hoeveelheden wortels werden verwerkt tot een homogeen product. De fabrikanten verkochten de meekrap direct aan de textielindustrie en de rol van de boeren bleef beperkt tot de toelevering van de wortels.

Vanaf de jaren 1830 trachtten Nederlandse ondernemers, vaak tevergeefs, een meekrapfabriek op te zetten. De redenen hiervoor moeten allereerst gezocht worden in belemmerende wettelijke kaders. Talloze stedelijke, provinciale en landelijke voorschriften bevatten regels om de goede naam van de meekrap te beschermen. Zo was het verboden om meekrap van verschillende kwaliteiten te mengen, dit om vervalsing tegen te gaan. De kwaliteit van de meekrap werd bepaald op basis van de smaak, via het zogenaamde mondproeven. Na 1845 maakten nieuwe methoden, zoals wasproeven en chemische analyse, het mogelijk de kwaliteit van de kleurstof op objectievere wijze vast te stellen.²⁴ De mengverboden werden opgeheven, maar de weg naar een industriële verwerking was nog altijd niet zonder belemmeringen. Landbouwers en handelaren verzetten zich tegen de vorming van meekrapfabrieken. De zelfstandigheid van de boeren en het voortbestaan van de handel waren hierbij in het geding. Een toenemende vraag naar een homogeen product zette de Nederlandse meekrapproductie echter verder onder druk. Daardoor ontwikkelde zich een fraaie tussenvorm, waarbij de boeren meekrap leverden aan garancinefabrieken, opgericht door de handelaren. Tussen 1847 en 1865 kwamen twintig garancinefabrieken tot stand, die de eerste wat grotere chemische bedrijfstaking van Nederland vormden. De Nederlandse garancine-industrie was echter slechts een kort, zij het ook winstgevend, leven beschoren. Vanaf 1870 kreeg ze steeds meer concurrentie van de Duitse productie van synthetische alizarine, de in meekrap aanwezige kleurstof. Deze wist binnen enkele jaren de markt voor de rode textielkleurstof

24 Harry Lintsen, *Made in Holland*, 2005, p. 298

te veroveren. Voor afnemers veranderde nauwelijks iets; zij schakelden dan ook vrijwel moeiteloos over. Nederlandse fabrikanten ontbrak het echter aan chemische kennis en kunde om deze overstap te kunnen maken. De Nederlandse garancineproductie doofde langzaam uit en werd gereduceerd tot een aantal kleine nichemarkten die de vraag naar speciale kleurnuances bediende.²⁵

De lange weg van transities

De overgang naar een moderne samenleving bleek een langdurig traject waarin vele hobbels moesten worden overwonnen. Dit wordt duidelijk uit de beide voorbeelden van radicale veranderingen in hoog en laag Nederland. De introductie van kunstmest en de industrialisatie van de meekrap bleken geen uitzonderingen. Ook op andere terreinen van de Nederlandse industrialisering liep de transformatie naar een moderne samenleving parallel aan het tempo waarin de sociaal-economische kaders konden worden gewijzigd.

De doorbraak van de stoommachine bijvoorbeeld duurde bijna tachtig jaar. Tot voor kort beschouwden historici dit als een toonbeeld van Nederlandse industriële achterstand in de negentiende eeuw. Maar ook hier waren lokale omstandigheden in het spel. Het ontbrak Nederland aan de industriële sectoren waarin de eerste stoommachines in het buitenland tot ontwikkeling kwamen, zoals mijnbouw, ijzerproductie en grootschalige textielindustrie. De eerste succesvolle toepassing betrof hier de bemaling van de polders. Pas met het kleiner en energiezuiniger worden van de stoommachines kreeg deze krachtbron een algemenere toepassing en vanaf 1880 nam ze ook in Nederland een hoge vlucht (zie tabel 5.3).²⁶ De transitie van stal- naar kunstmest duurde vijftig jaar. Ook andere transities in de landbouw namen een aanzienlijke tijd in beslag. Uit onderzoek blijkt dat het gebruik van paarden na introductie van de vrachtwagen in 1925 in de landbouw nog ruim veertig jaar voortduurde. Het grootschalig gebruik van bestrijdingsmiddelen had meer dan een halve eeuw nodig om van de grond te komen.²⁷

In de industrialisering van Nederland speelden ook natuurlijke hulpbronnen uit Nederlands-Indië (het huidige Indonesië) een belangrijke rol. Koloniale grondstoffen werden door Nederlanders geëxploiteerd en veelal in Nederland ver-

25 J.W.Schot en E.Homburg, 'Meekrap en garancine' in H.W.Lintsen et. al. (red.) *Techniek in Nederland, de wording van een moderne samenleving 1800-1890*, deel IV, Walburg Pers, Zutphen,

26 Harry Lintsen, *Made in Holland*, p. 133-141, H.W. Lintsen, 'Een land met stoom', in H.W.Lintsen et. al. (red.) *Techniek in Nederland, de wording van een moderne samenleving 1800-1890*, deel VI, Walburg Pers, Zutphen, 1995, p. 191-216

26 Harry Lintsen, *Made in Holland*, p. 133-141, H.W. Lintsen, 'Een land met stoom', in H.W.Lintsen et. al. (red.) *Techniek in Nederland, de wording van een moderne samenleving 1800-1890*, deel VI, Walburg Pers, Zutphen, 1995, p. 191-216

27 Merijn Knibbe, 'Landbouwproductie en -productiviteit, 1807-1997' in Ronald van der Bie en Pit Dehing (red.), *Nationaal goed, feiten en cijfers over onze samenleving (ca.) 1800-1999*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, 1999, p. 55

bewerkt. In 1830 kreeg deze praktijk een extra impuls door de invoering van het zogeheten cultuurstelsel in de kolonie. Dit leidde tot omvangrijke plantages van suiker, palmolie, natuurrubber en andere voor de moderne economie interessante producten. In Nederland vond gelijktijdig een proces van industrialisering plaats, waarbij technologieën gebaseerd op hout, wind en plantaardige grondstoffen vervangen werden door een technisch regime gebaseerd op steenkool, ijzer, zout, zwavel en kalk.

De veranderingen werden geïnitieerd door nieuwe technische mogelijkheden, maar gerealiseerd in een proces waarin maatschappelijke kaders en sociale, wetenschappelijke en economische structuren moesten veranderen. Nieuwe structuren betekenden de ontwikkeling van nieuwe gebruiken, regels en machtsverhoudingen. Traditionele werkwijzen verdwenen en oude economische en machtsverhoudingen erodeerden. Deze transitie riep op veel plaatsen wrijvingen op en verliep hierdoor langzaam.

Tabel 5.3 Aantal krachtwerktuigen in de nijverheid naar aard en aantal²⁸

	Circa 1850	Circa 1860	Circa 1880	Circa 1890
Paardenmolens	1930	1710	910	570
Windmolens*	3050	3400	3120	1790
Watermolens	470	500	250	160
Stoommachines	290	820	2740	3930
Gasmotoren			10	500

* exclusief poldermolens

5.4 De fossiele economie

De beperkingen van de traditionele bio-economie vormden een van de belangrijkste problemen van de Nederlandse samenleving. Ontwikkelingen waren in Nederland begrensd door lokale omstandigheden en uitruilmogelijkheden met het buitenland. In hoog Nederland zorgden deze omstandigheden tot een noodgedwongen autarkie. In laag Nederland werden gespecialiseerde producten geruild tegen basisbehoeften als graan en hout. De inzet van fossiele grondstoffen doorbrak de natuurlijke grenzen van de grondstoffencyclus. Door de inzet van fossiele grondstoffen werden de late negentiende en de twintigste eeuw een periode waarin door wetenschappelijke en technische ontwikkelingen grenzen keer op keer werden verlegd. Deze doorbraak van fossiele grondstoffen en de gevolgen daarvan werden nadrukkelijk zichtbaar in twee toepassingen: als energiebron en bij de ontwikkeling van nieuwe materialen.

²⁸ Cijfers zijn afgerond op tientallen. Gegevens H.W.Lintsen et. al. (red.) *Techniek in Nederland, de wording van een moderne samenleving 1800-1890*, deel VI, Walburg Pers, Zutphen, 1995, tabel 7.1 p. 192

Fossiel als vervanger van natuurlijke energiebronnen

De industrialisering van Nederland vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw leidde meerdere transitie van de energievoorziening in. Natuurlijke energiebronnen maakten plaats voor machines werkend op stoom, opgewekt met behulp van steenkool. De stoommachines verdrongen in eerste instantie vooral de toepassing van spier- en waterkracht (zie tabel 5.3). Tegen het einde van de negentiende eeuw vervingen de stoommachines ook de traditionele windmolens die de Nederlandse industrialisering tot dat moment hadden gedragen. Met deze overgang nam het opgestelde vermogen in de industrie sterk toe (zie tabel 5.4).

Tabel 5.4 Energiebronnen in nijverheid en bouw, 1815-1913 (in kW per 1000 inwoners)²⁹

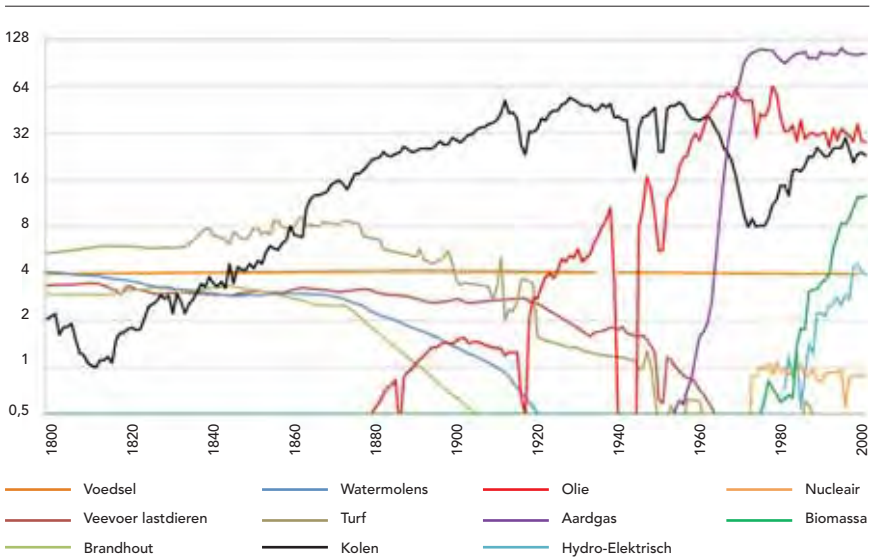
	1815	1830	1846	1873	1895	1913
Wind en water	21,6	17,5	16,0	14,9	10,5	5,4
Stoom	0,1	0,7	3,1	35,9	89,8	128,7
Elektriciteit					0,6	80,4
Steenkoolgas					0,4	7,7
Olie / Benzine						8,9

Bron: Albers 1998

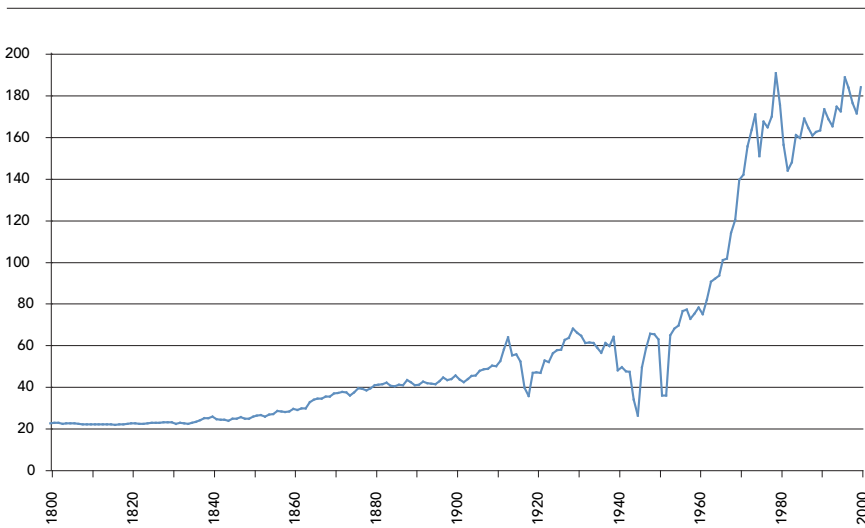
Deze transitie voltrok zich niet alleen in de industrie. Cijfers over de gehele Nederlandse energieconsumptie in de negentiende en twintigste eeuw tonen fraai de vervanging van turf, hout en spierkracht door fossiele energiebronnen (zie figuur A). De grafiek toont de geleidelijke opkomst van de fossiele economie met de doorbraak van kolen halverwege de negentiende eeuw, de opkomst van aardolieproducten vanaf de jaren 1920 en de doorbraak van aardgas in de jaren zestig. De cijfers over de kolenconsumptie verhullen de technische transitie naar elektriciteit en (kolen)gas. Beide transitie hadden evenwel grote invloed op de ontwikkeling van nieuwe patronen in industrie en huishoudens. Beide werden primair gevoed door steenkool die in elektriciteitscentrales en gasfabrieken werd omgevormd in stroom en gas. Naast de opkomst van nieuwe energiebronnen toont de grafiek ook de zeer geleidelijke afbouw van turf en andere natuurlijke energiebronnen en de herwaardering van biomassa in de laatste decennia van de twintigste eeuw. De snel toegenomen totale energieconsumptie als gevolg van het moderniseringsproces is te zien in figuur B. Achter deze cijfers gaan complexe processen schuil: industrialisering, de opkomst van de consumptie-maatschappij en een groeiende mobiliteit. Met name na de Tweede Wereldoorlog groeide de Nederlandse energievraag snel. Tussen 1948 en 2000

²⁹ Omgerekend van pk naar kW. Bron: R.M. Albers, *Machinery Investment and Economic Growth: the Dynamics of Dutch Development, 1800-1913*, Groningen 1998, Appendix Table A-6.3, geciteerd in Jan Luiten van Zanden en Arthur van Driel, *Nederland 1780-1914, staat, instituties en economische ontwikkeling*, Uitgeverij Balans, 2000, p. 387

Figuur A Nederlandse energieconsumptie in GJ/inwoner (logaritmische weergave)³⁰



Figuur B Energie consumptie in Nederland in GJ/inwoner



30 Gegevens Ben Gales, samengesteld uit cijfers CBS, International Energy Agency en eigen reconstructie. Onder andere gepubliceerd in G.B.A.Gales, 'Delfstoffen' in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*, Walburg Pers, Zutphen, 2000, grafiek 2.1, p. 22

verviervoudigde het totale energiegebruik per persoon. De toename in energie en consumptie vormde de motor achter de hedendaagse Nederlandse welvaartsstaat en bevolkingsspreiding over vele middelgrote steden. Dit hoofdstuk kan nauwelijks recht doen aan de omvang van deze processen en kan slechts een zeer klein gedeelte hiervan belichten.

De transitie in de energiebronnen lijkt opvallend genoeg nauwelijks gerelateerd te zijn aan de lokale winning. De expansie van de Nederlandse kolenmijnbouw, met de opening van de Oranje-Nassau en de Staatsmijnen aan het begin van de twintigste eeuw, vond plaats toen de overgang naar de steenkoolsamenleving al voltooid was. Import stond aan de basis van deze transitie. Dit gold evenzeer voor de latere transitie naar aardolie. Alleen de overgang naar aardgas hield verband met de exploitatie van eigen voorraden.

De ontwikkeling van het Nederlandse chemisch-industrieel complex

De ontginning van de natuurlijke reserves had belangrijke gevolgen voor de chemische industrie in Nederland. Anno 1900 bestond die uit kleine tot middelgrote bedrijven.³¹ Door de uitbouw van de binnenlandse steenkoolwinning en de exploitatie van koloniale aardolie veranderde haar focus in de twintigste eeuw radicaal.

De Duitse chemie was rond de eeuwwisseling leidend. Deze was grotendeels gebaseerd op steenkoolexploitatie. De belangrijkste grondstof vormde steenkoolteer, een restproduct van de gas- en cokesfabricage. Via destillatie en diverse bewerkingen ontstonden hieruit aromaten die het basismateriaal vormden voor eindproducten als geneesmiddelen, kleurstoffen en springstoffen. Een vergelijkbaar netwerk ontwikkelde zich in Nederland zelf rond de exploitatie van koloniale olie door de Bataafsche Petroleum Maatschappij, een dochter van Koninklijke Shell. Het hoge gehalte aan aromaten in de Borneo-olie vormde de basis voor de oprichting van de Shell-laboratoria in 1907. Shell paste hierbij de in de koolteerchemie verzamelde kennis toe op eigen grondstoffen en tussenproducten. In Rotterdam bouwde het bedrijf een raffinaderij, die olie uit Balikpapan (Borneo) verwerkte. Nabij Düsseldorf bouwde Shell een nitreefabriek, waar kleurstoffen uit de geraffineerde benzine werden vervaardigd. De Duitse afzetmarkt voor kleurstoffen bepaalde hierbij de keuze voor deze locaties.³² De Eerste Wereldoorlog legde de basis voor een verdere vervlechting binnen de Nederlandse chemische industrie. De vervaardiging van springstoffen resulteerde in een samenwerking van verschillende chemische bedrijven. In een

31 Ernst Homburg, 'Chemische techniek en chemische industrie', in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p. 270-277

32 Ernst Homburg, 'Van carbo- naar petrochemie, 1910-1940', in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p. 332-357; Ernst Homburg, 'Explosives from oil: the transformation of Royal Dutch/Shell during World War I from oil to Petrochemical Company' in Brenda J. Buchanan, *Gunpowder, Explosives and the State, a technical history*, Ashgate, Aldershot, 2006, p 385-408

later stadium ontstonden hieruit samenwerkingsvormen in de productie van alizarine, de synthetische kleurstof die de meekrapindustrie grotendeels had weggevaagd.³³ Samenwerking tussen bedrijven op basis van de verschillende stofstromen werd met de uitbouw van de chemische industrie een steeds belangrijker uitgangspunt.

De verwetenschappelijking van de chemie

De synthese en veredeling van stofstromen werd het leidende principe voor de opbouw van de chemische industrie. Hieruit groeide een chemisch complex van onderling van elkaar afhankelijke materiaalstromen en tussenproducten. De kennisbasis hiervoor werd gelegd in de scheikundige laboratoria van universiteiten en bedrijfsleven.

Aan het einde van de eeuw was het systematiseren van de organische en anorganische chemie vrijwel voltooid. Op basis van de wetenschappelijke kennis was een transformatie mogelijk naar een moderne samenleving. De uitdaging voor de twintigste eeuw lag in het bereiden en bestuderen van nieuwe chemische verbindingen en het vaststellen van hun eigenschappen.³⁴

Chemische laboratoria van universiteiten en in toenemende mate bedrijven gingen deze uitdaging aan. De Gist- en Spiritusfabriek te Delft had in 1885 het eerste chemische bedrijfslaboratorium van Nederland. In 1906 volgde de Bataafsche Petroleum Maatschappij. Andere bedrijfslaboratoria werden opgericht rond de Eerste Wereldoorlog. Onder invloed van deze oorlog ontstond een nieuwe onderzoeksagenda. Door het wegvallen van vrijwel alle internationale handel deed zich ook in Nederland grondstoffenschaarste voor, resulterend in een speurtocht naar alternatieven. Bovendien zorgde de afgenomen buitenlandse concurrentie voor talrijke kansen voor nieuwe producten en processen. In de Eerste Wereldoorlog werd de grondslag gelegd voor de Nederlandse industriële research, die in het interbellum en na de Tweede Wereldoorlog sterk groeide (zie tabel 5.5).³⁵

33 Ernst Homburg, 'De Eerste Wereldoorlog, samenwerking en concentratie binnen de Nederlandse chemische industrie', in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel II: *Delfstoffen, Energie en Chemie*, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p. 316-331

34 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 2, de ontwikkeling van chemie en chemische technologie in de eerste helft van de twintigste eeuw*, Delft University Press, 1997, p. 1- 13

35 Ernst Homburg, Ari Rip en James Small, 'Chemici, hun kennis en de industrie' in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel II: *Delfstoffen, Energie en Chemie*, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p. 296-315

Tabel 5.5 Aantal medewerkers van de zes grootste industriële laboratoria³⁶

	1940	1950	1955	1960	1970
Kon. Shell Laboratorium Amsterdam (KSLA)	1350	1640	1800	2173	2000
Philips Natuurkundig Laboratorium - Eindhoven	516	900	1250	1600	2200
Algemene Kunstzijde Unie* - Arnhem	150	530	925	1075	1500
Centraal Laboratorium Staatsmijnen /DSM	80	420	630	780	1200
Unilever Research - Zwijndrecht, Vlaardingen en Duiven	30	50	175	500	1350
Gist & Spiritusfabriek /Gist-Brocades - Delft	90	165	290	430	555

* inclusief proeffabriek

De vervanging van de natuur: synthetische stoffen

Wetenschappelijk onderzoek maakte de weg vrij voor de ontwikkeling van geheel nieuwe stoffen. De materiaalontwikkeling had aanvankelijk natuurlijke producten en processen als startpunt, maar onder invloed van de verdere verwetenschappelijking verdwenen de natuurlijke voorbeelden en toepassingen geleidelijk naar de achtergrond en ontstonden geheel nieuwe synthetische producten.

Op basis van cellulose ontwikkelden Britse en Amerikaanse chemici celluloid, de eerste commercieel succesvolle kunststof, die gepresenteerd werd als vervanging van ivoor.³⁷ Natuurlijke materialen als cellulose en caseïne vormden de basis van de productie van kunstzijde en kunsthoorn die in Nederland van de grond kwam.³⁸ De Belgische chemicus Leo Baekeland patenteerde in 1909 de eerste volledig synthetische kunststof, bakeliet. Hij presenteerde die als een vervangend product voor schellak, een natuurlijke hars die afgescheiden wordt door de schildluis. In de jaren 1920 zorgden de elektrotechnische toepassingen hiervan voor de grote doorbraak en in Nederland opende in 1923 Philips in Eindhoven een bakelietfabriek.

Duitse, Britse en Amerikaanse scheikundigen zorgden aan de vooravond van de Tweede Wereldoorlog voor de ontwikkeling en de toepassing van kunststoffen, die tijdens de oorlog een hoge vlucht namen. Kunststoffen vervingen de voor

36 Ernst Homburg en Lodewijk Palm (red.), *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 3, de ontwikkeling van de chemie van 1945 tot het begin van de jaren tachtig*, Delft University Press, 2004, p. 6, tabel 1.1 37

37 M. Boot et al, *De eerste plastic eeuw*, Haags Gemeentemuseum, 1981, 10 en T.Friedling, voorgeschiedenis van de kunststoffen in H.M. Brüggemann (red.) *Kunststoffen 1986 Terugblik en Toekomst*, 12

38 E. Bijker et al, *The Social Construction of Technological Systems*, 7e editie, 1999, 177; P.M.A.V Hooghoff, *70 Jaar Plastics, van persplastic tot spuitgietwerk*, Van Nifeterik in Putte van 1929 tot 1999, Putte, 1999, 11. ; Frank van der Most, et. al 'Nieuwe synthetische producten: plastics en wasmiddelen na de Tweede Wereldoorlog in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel II: *Delfstoffen, Energie en Chemie*, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p. 296-315

de oorlogsinzet belangrijke metalen en vonden daarnaast toepassing in de zich snel ontwikkelende luchtvaarttechnologie.

Duitse kennis lag in de naoorlogse periode ten grondslag aan de Nederlandse kunststoffenindustrie. Bij wijze van herstelbetaling kwamen de octrooien van de Duitse chemische industrieën vrij beschikbaar. In maart 1946 gelastte het ministerie van Economische Zaken een onderzoek naar de ontwikkelingsmogelijkheden van kunststoffen in Nederland. Een aantal producenten, waaronder Staatsmijnen (nu DSM), maakte hiervan gebruik. Op basis van Duitse kennis ontwikkelde Staatsmijnen zich tot een van de belangrijke producenten van caprolactam, dat de nieuwe basis vormde voor de nylonproductie van de Algemene Kunstzijde Unie (AKU). In de jaren vijftig volgde de productie van polyetheen, synthetische rubbers en diverse andere kunststoffen. Hiermee was de basis gelegd voor een verdere uitbouw van de kunststoffenproductie van Staatsmijnen/DSM.³⁹ Het Shell-concern startte in 1946 met de productie van pvc. In de jaren vijftig bouwde het de kunststofproductie verder uit door diverse overnames van Amerikaanse en Britse bedrijven. Shell werd hiermee producent van synthetische rubber, polystyreen, polyethyleen en harsen.⁴⁰

Bulkproductie na de Tweede Wereldoorlog zorgde voor een aantrekkelijk prijsniveau, waardoor de toepassing van kunststoffen snel om zich heen greep. Plastics werden het toonbeeld van het modernistische Nederland dat in de jaren vijftig en zestig gestalte kreeg, zoals het damesblad *Libelle* in 1946 voorzag:

*"[...] over eenigen tijd bent u geheel synthetisch gekleed, want uw boodschappentasch en uw schoenen zullen ook van plastic zijn."*⁴¹

Natuurlijke materialen werden na de Tweede Wereldoorlog in toenemende mate vervangen door kunststoffen. Dit proces werd steeds zichtbaarder in kleding en gebruiksvoorwerpen. Kunststoffen waren bovendien goedkoop en maakten aldus fysieke welvaart voor iedereen bereikbaar. De nylonkousen waren wellicht het krachtigste symbool van deze verandering. Natuurlijke materialen werden als ouderwets betiteld en raakten uit de mode - wie wilde er nog wollen sokken of een badpak van katoen? De toekomst was aan de kunststoffen, zo leek het.

In de jaren zestig werden kunststoftoepassingen in de bouw nog aangeprezen als zeer 'duurzaam' vanwege het onverslijtbare karakter. Met de groei van het aantal, vooral ook goedkope, toepassingen keerde deze eigenschap zich echter tegen het gebruik van kunststoffen. Het gebruik als verpakkingsmateriaal en in goedkope artikelen zorgde voor de ontwikkeling van een wegwerpcultuur. Het zorgde voor een vervuiling van de omgeving met nauwelijks afbreekbare

39 F. Veraart en T. van Helvoort, 'Grondstoffen voor Kunststoffen, 1945-1970, in H. Lintsen et al, *Research tussen Vetkool en Zoetstof*, Stichting Historie der Techniek, Eindhoven, 2000, p. 32-43

40 Stephen Howarth en Joost Jonker, *Stuwmotor van de koolwaterstofrevolutie, 1939-1973, Geschiedenis van Koninklijke Shell*, deel 2, Boom Amsterdam, 2007, p. 346-353

41 C. Erkens 'Plastic het wonderproduct' in *Weekblad Libelle*, 1946, nr. 9 (juni), p. 16-17.

stoffen. Het begrip 'plastic' werd synoniem aan goedkoop en onnatuurlijk. Kunststoffen werden een afvalprobleem. Samen met de lucht- en waterverontreiniging kregen ze een symboolwaarde in de kritiek op de industrialisering van de jaren zeventig en tachtig.⁴²

5.5 De industriële landbouw

De fossiele economie werd niet alleen zichtbaar in energiebronnen en nieuwe materialen. Ook de vaak met de natuur in verband gebrachte landbouw industrialiseerde. Dit gold uiteraard voor de veranderingen in consumptiepatroon die in de gehele samenleving zichtbaar was. Niet anders dan de rest van de Nederlanders schakelde ook de plattelandsbevolking voor haar warmte- en transportbehoefte over op fossiele brandstoffen.

Sinds de landbouwcrisis in de negentiende eeuw nam de invloed van de staat op de landbouw toe. De Landbouwcrisiswet uit de jaren dertig vergrootte deze verder. Omvangrijke subsidiëringprogramma's hielden de landbouw en de voedselvoorziening overeind. Na de Tweede Wereldoorlog gaf landbouwminister en later Europees landbouwcommissaris Sicco Mansholt op bezielende wijze vorm aan een nieuw beleid. Dit moest de voedselvoorziening in Nederland en Europa veiligstellen. In het zogeheten structuurbeleid stonden productie en schaalvergroting voorop. Mechanisering, ingrijpende ruilverkavelingprogramma's en vaste afzetprijzen in het kader van de Europese Economische Gemeenschap (voorloper van de Europese Unie) waren belangrijke pijlers onder dit beleid.⁴³

Een nauwe samenwerking tussen wetenschap en landbouworganisaties maakte de industrialisering van de landbouw mogelijk. De oprichting en uitbreiding van diverse onderzoeks- en opleidingsinstituten, waaronder de Landbouwhogeschool in Wageningen, versterkten deze samenwerking. Na de Tweede Wereldoorlog institutionaliseerden de landbouwinstellingen op het gebied van onderzoek, voorlichting en onderwijs, het zogenaamde OVO-drieluik. Deze samenwerking tussen kennisinstellingen en de agrarische praktijk bleek succesvol in diverse hervormingen in het landbouwbeleid, onder andere op het gebied van mechanisering en andere productieverhogende maatregelen. De introductie van nieuwe productiemiddelen zoals stoomkracht en later ook tienduizenden tractoren werd mede vormgegeven door dit samenwerkingsverband.⁴⁴

Een ander gevolg van de succesvolle OVO-samenwerking was een sterke

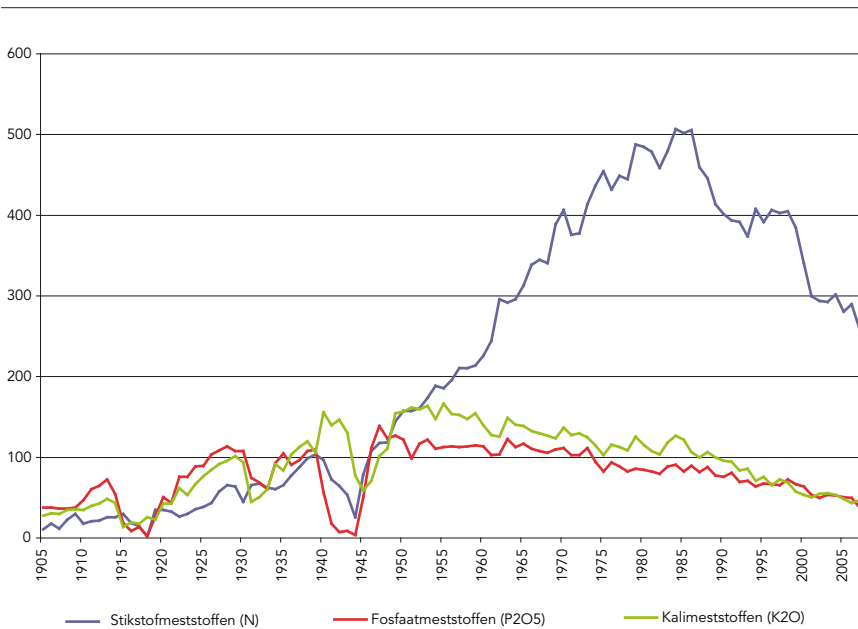
42 E.M.L. Bervoets en F.C.A.Veraart, 'Bezinning, ordening en afstemming, 1940-1970' in J.W.Schot et al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel VI: *Stad, Bouw, Industriële productie*, Walburg Pers, Zutphen, 2003, 214-239.; Jesse Goossens, *Plastic Soep*, Lemniscaat, Rotterdam, 2009 43

43 Jan Bieleman, *Boeren in Nederland*, p. 461- ; John Grin, 'Modernization Process in Dutch Agriculture, 1886 to the present', in John Grin, Jan Rotmans and Johan Schot, *Transitions to Sustainable Development*, Routledge, Oxon, 2010, p 249-264

toename van het kunstmestgebruik (zie figuur C). Tot de jaren twintig bediende de Nederlandse landbouw zich nog grotendeels van ingevoerde meststoffen. Deze werden verdrongen door zwavelzure ammonia, een restproduct van de cokesfabricage. Het gebruik hiervan groeide door het wegvallen van restricties op Duitse importen en de ingebruikname van de cokesfabrieken van de Staatsmijnen (1919) in Limburg en bij de IJmuidense Hoogovens (1923) (zie tabel 5.6).

Uitbreiding van de lokale productie en prijsdalingen als gevolg van overproductie op de Europese markt maakten het gebruik van stikstofmeststoffen nog aantrekkelijker.⁴⁵ De toepassing groeide dan ook enorm. In het interbellum passeerde het Nederlandse verbruik per hectare dat van de ons omringende landen (zie tabel 5.7).

Figuur C Ontwikkeling kunstmestgebruik in Nederland 1905-2007 in kilotonnen



Bron: : CBS/LEI

44 J. Bieleman (red.), 'Landbouw' in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel III: *Landbouw en Voeding*, Walburg Pers, Zutphen, 2000 p. 72-81; Jan Bieleman, *Boeren in Nederland*, p. 464

45 Ernst Homburg, 'Van carbo- naar petrochemie, 1910-1940', in J.W.Schot et. al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel II: *Delfstoffen, Energie en Chemie*, Walburg Pers, Zutphen, 2000, p. 332-357 46

Tabel 5.6 Aandeel van verschillende stikstofmeststoffen in de Nederlandse landbouw, bemestingsjaren 1923/1924 - 1928/1929 in procenten⁴⁶

	1922/1923	1924/1925	1926/1927	1928/1929
Chilisalpeter	83,3	57,6	32,6	32,1
Zwavelzure ammoniak	14,7	39,9	57,5	41,7
Kalksalpeter	1,6	1,4	5,9	17,3
Kalkstikstof	0,4	1,1	1,0	3,1
Overig	-	-	3,0	5,8

Bron: Homburg 2004

Tabel 5.7 Verbruik van stikstofmeststoffen in enkele Europese landen (in kg per ha)⁴⁷

	1913	1925	1926	1927	1928
Nederland	7,1	16,5	20,5	21,6	26,3
België	16,0	19,7	18,7	19,8	19,3
Duitsland	7,2	10,0	11,2	13,6	13,9
Frankrijk	0,2	3,1	3,0	3,4	4,0
Engeland	2,3	2,0	1,8	2,1	4,0

Bron: Homburg 2004

Het technologisch optimisme had gesteund op ontwikkelingen in kernenergie en informatietechnologie alsmede op de vondst van grote hoeveelheden fossiele brandstoffen; in Nederland met name de aardgasbel van Slochteren. Lucht- en waterverontreiniging in industrie- en havengebieden lieten echter de keerzijde van de industrialisatie zien. Deze vervuiling legde de basis voor de eerste milieuwetten op het gebied van water- (1968) en luchtverontreiniging (1970) en het instellen van een ministerie voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne in 1971. De verandering van Nederland in een moderne samenleving werd steeds zichtbaarder. Dit leidde tot nostalgie zoals die doorklinkt in het lied *Het dorp*, gezongen door Wim Sonneveld, maar ook tot het ontstaan van een actieve milieubeweging.

46 Ernst Homburg, *Groeien door kunstmest*, DSM Agro 1929-2004, Uitgeverij Verloren, Hilversum, 2004, tabel 2.2, p. 43

47 Ernst Homburg, *Groeien door kunstmest*, DSM Agro 1929-2004, Uitgeverij Verloren, Hilversum, 2004, tabel 2.3, p. 44

Tabel 5.8 Ontwikkeling van opbrengsten van diverse landbouwproducten in Nederland
in ton/ha ⁴⁸

	Tarwe	Rogge	Aardappelen	Gerst	Suikerbieten
1852	1250	1100	6200	1800	
1881	1550	1200	8700	1930	24500
1898	1930	1480	12000	2280	31300
1910	2290	1830	12900	2550	36500
1938	3230	2370	21170	3230	36700
1970	4630	3260	35300	3640	47630
1996	8600	5430	43000	6300	56000

Bronnen: Knibbe, CBS/LEI

In de vroege jaren tachtig gebruikte de Nederlandse landbouw maar liefst 500 kiloton kunstmest per jaar, een equivalent van circa 250 kg per hectare.⁴⁹ De totale jaarlijkse energie-input voor de productie van kunstmest bedroeg 17 petajoule (1 PJ is 10^{15} J). Dit staat gelijk aan het jaarlijkse gasverbruik van circa 340.000 huishoudens of de energie die de kerncentrale te Borssele in anderhalf jaar tijd produceert.⁵⁰ Meer dan de helft van de (directe) bemesting van Nederlandse akkers kwam uit kunstmest. Met deze enorme input haalde Nederland wereldwijd de hoogste opbrengsten per hectare (zie tabel 5.8). Dit succes van het Nederlandse en Europese landbouwbeleid was niet mogelijk geweest zonder de fossiele grondstoffen waarop de kunstmestproductie draaide. De industriële landbouw raakte nadrukkelijk verknoopt met de fossiele economie.

5.6 De omstreden industrialisatie

Aan het begin van de jaren zeventig kwamen steeds vaker de schaduwkanten aan het licht van de industrialisatie op basis van fossiele grondstoffen. De modernistische, door technologie gedreven toekomstverwachtingen van de jaren vijftig en zestig, waarbij het energiegebruik en de welvaart tot in de hemel leken te groeien, raakten meer en meer omstreden.

48 Merijn Knibbe, 'Landbouwproductie en -productiviteit, 1807-1997' in Ronald de Bie en Pit Dehing (red.) *Nationaal goed, feiten en cijfers over onze samenleving (ca. 1800 - 1999)*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, 1999, p. 37-57

49 Ernst Homburg, *Groeien door kunstmest, DSM Agro 1929-2004*, Uitgeverij Verloren, Hilversum, 2004, p. 94

50 Eigen berekeningen op basis van gegevens Harry L. Brown, Bernard B. Hamel en Bruce A. Hedman, *Energy Analysis of 108 Industrial Processes* US Department of Energy, 1985 en A.J.D. Lambert, *Energy, Production and Process Integration*, (2e editie), Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2008

Natuurbeschermingsorganisaties hadden al sinds het begin van de twintigste eeuw via politieke lobby aandacht gevraagd voor de effecten van industrialisering op het landschap. Een nieuwe vorm van protest ontwikkelde de Amsterdamse milieugroep Anti-Progil, die in 1968 demonstreerde tegen de vestiging van een zwavelfabriek van die naam. In navolging van Provo en Kabouterbeweging hanteerden ze een strategie waarbij via media-uitingen de publieke opinie als drukmiddel werd ingezet. Deze aanpak, met protestacties en mediaspektakel, werd als nieuwe norm nagevolgd door tientallen milieu-actiegroepen die in het hele land ontstonden.⁵¹

De maatschappelijke milieudiscussies van de vroege jaren zeventig verklaren de grote belangstelling in Nederland voor het rapport *Grenzen aan de groei* van de Club van Rome, dat in 1972 verscheen. Het rapport presenteerde scenario's over de ontwikkeling van de bevolkingsomvang, voedselvoorziening, industrialisatie, uitputting van natuurlijke hulpbronnen en vervuiling op wereldschaal. Het stelde dat voortgaande industrialisatie, na een aanvankelijke exponentiële groei, zou resulteren in uitputting van de voorraden en een dramatische daling van de bevolking. De Club van Rome concludeerde dan ook dat er fundamentele veranderingen moesten plaatsvinden om demografische en economische groeispiralen te beteugelen en dat het daarnaast noodzakelijk was de welvaart te herverdelen.⁵²

De boodschap van de Club van Rome was niet nieuw en werd onmiddellijk gerelateerd aan de achttiende-eeuwse theorieën van de Britse demograaf Thomas Malthus over de relatie tussen voedselproductie en bevolkingsomvang. Ook over het opraken van voorraden was al sinds de start van de industriële revolutie op diverse plaatsen heftig gedebatteerd. In 1866 stelde het Britse parlement zelfs een Royal Commission on Coal in die in 1871 en 1905 rapporteerde over de schattingen van de kolenvoorraden. Ook in Duitsland werden dergelijke inschattingen gemaakt.⁵³ In Nederland rapporteerde F.M. Jaeger in 1928 'Over onze natuurlijke hulpbronnen in heden en in de toekomst'.⁵⁴ Telkens veroorzaakten dergelijke rapportages discussies, waarin zorgen werden geuit over zelfvoorziening, veiligstellen van voorraden en economische en maatschappelijke ontwikkeling.

51 Jacqueline Cramer, *De groene golf, geschiedenis en toekomst van de Nederlandse milieubeweging*, Jan van Arkel, Utrecht, 1989.

52 Geert Verbong et al., *Een Kwestie van Lange Adem, de geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, Aeneas uitgeverij, Boxtel, 2001, p. 55

53 Henk van Zon, *Geschiedenis en duurzame ontwikkeling, duurzame ontwikkeling in historisch perspectief; enkele verkenningen*, Vakreview duurzame ontwikkeling deel 5, Universitair Centrum Milieuwetenschappen, Katholieke Universiteit Nijmegen, 2002, p. 33-51

54 F.M. Jaeger, 'Over onze natuurlijke hulpbronnen in heden en in de toekomst', *Chemisch Weekblad* XXV (1928), p. 482-491

Het rapport *Grenzen aan de groei* was vooral uniek in zijn mondiale beschouwing. Bovendien werden de effecten van de boodschap versterkt door de Arabische olieboycot van 1973. De Nederlandse regering rantsoeneerde de benzine via een bonnensysteem en zeven autoloze zondagen. Dit confronteerde vele Nederlanders met de toegenomen afhankelijkheid van olie.

De oliecrisis, het rapport van de Club van Rome en de uitvoerige discussie hierover zetten energie en milieu nog nadrukkelijker op de politieke agenda. Het energievraagstuk richtte zich in eerste instantie vooral op de productie van elektriciteit en werd gedomineerd door de discussie over kernenergie. Het duurde echter tot begin jaren tachtig alvorens er enige serieuze aandacht kwam voor 'bio-energie'.⁵⁵

Omstreden industriële landbouw

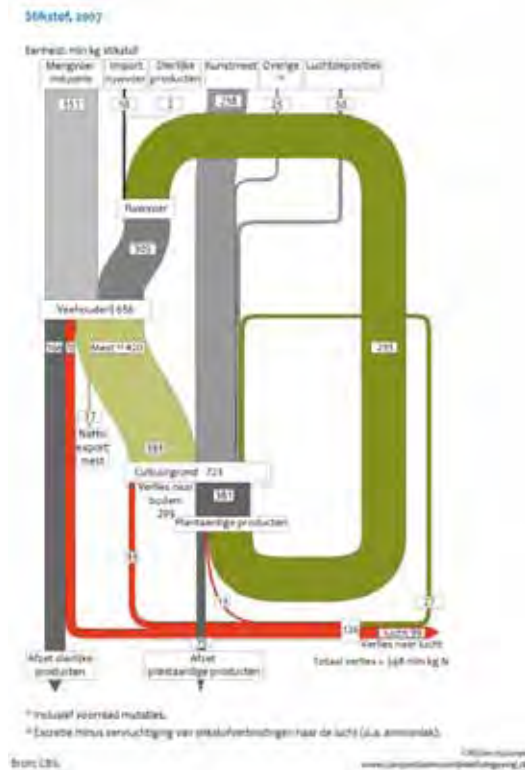
De enorme verrijking van de landbouwgronden met meststoffen kreeg vanaf de jaren zeventig steeds meer trekken van datgene wat Goethes tovenaarsleerling aanricht. In diverse landbouwsectoren ontstonden productieoverschotten, met melkplassen, boterbergen en dumpingen op de wereldmarkt als gevolg. Mestoverschotten veroorzaakten lokaal problemen als zure regen en een ongekende algengroei in het oppervlaktewater. De overschotten en mestproblemen werden mede veroorzaakt door een continue input van kunstmest. De toevoer van stikstoffen in de Nederlandse bodem, via kunst- en dierlijke mest, werd gevoed door een buitenlandse invoer van mengvoeders en door met kunstmest geteelde lokale gewassen (zie figuur D). Al bijna een eeuw lang worden de Nederlandse landbouwgronden op deze wijze steeds verder verrijkt.

Het landbouwbeleid kwam onder sterke maatschappelijke druk om te veranderen. Beleidsmakers introduceerden productiequota, mestboekhoudingen en nieuwe verwerkingsmethoden om de perversiteiten in het beleid te bestrijden. Ook de organisatiestructuur van de landbouw veranderde sterk. De privatiserings- en liberaliseringsgolf van de jaren negentig zorgde voor de verzelfstandiging van onderzoeks- en voorlichtingsinstellingen. Dit leidde het einde in voor de coördinatie van het oorspronkelijke OVO-drieluik. De afschaffing van het Landbouwschap (2000), dat de gehele agrarische sector sinds 1954 had vertegenwoordigd, en de overdracht van zijn taken aan productschappen, waarin belangen per productgroep werden gecoördineerd, betekenden een belangrijke verschuiving in machtsstructuren. Hiermee ontstond ruimte voor nieuwe kansen en nieuwe spelers in het veld.⁵⁶

55 Geert Verbong et.al., *Een Kwestie van Lange Adem, de geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, Aeneas uitgeverij, Boxtel, 2001, p. 237-275

56 John Grin, 'Modernization Process in Dutch Agriculture, 1886 to the present', in John Grin, Jan Rotmans and Johan Schot, *Transitions to Sustainable Development*, Routledge, Oxon, 2010, p. 249-264; Hans Veldman, Eric van Royen en Frank Veraart, *Een machtige schakel in de land- en tuinbouw, de geschiedenis van Cebeco-Handelsraad, 1899-1999*, Stichting Historie der Techniek, Eindhoven, 1999

Figuur D Stroomschema stikstof in de Nederlandse landbouw in 2007



Bron: CBS

Sinds de invoering van de Europese nitraatrichtlijn ter bescherming van het aquatisch milieu (1991) daalt het gebruik van stikstofmeststoffen. In 1990 bedroeg het stikstofoverschot 209 kg per hectare; in 2007 was dit gedaald tot 149 kg. Toch had Nederland tussen 1991 en 2005 nog altijd een cumulatief overschot van 3500 kg stikstof en 435 kg fosfor per hectare landbouwgrond - het hoogste ter wereld.⁵⁷ Het bleek onmogelijk de beoogde norm van 50 mg stikstof per liter oppervlaktewater te halen. In 2008 drong de minister van Landbouw aan op veranderingen in bemestingspraktijken.⁵⁸ De verschillende maatregelen zijn stappen op weg naar een verduurzaming van de mestpraktijk. Maar net zoals eerder lijken ook nu de implementatie van beleid en veranderingen van organisatiestructuren en gedrag een tijdrovend proces te zijn, waarin geleidelijk vele weerstanden moeten worden overwonnen.

57 *Monitor Duurzaam Nederland 2009*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, 2009, p. 45

58 Ministerie van Landbouw, '4e Actieprogramma inzake de Nitraatrichtlijn' 17 juni 2008 - kamerstuk in *Dossier Mest en Milieu* via www.minlnv.nl (geraadpleegd 20 april 2010)

De kiemen van een moderne bio-economie?

Vanaf het midden van de jaren zeventig kwam er een einde aan de naoorlogse industriële groei, door monetaire ontwikkelingen en stijgende loonkosten, energieprijzen en kosten als gevolg van milieuwetgeving. Traditionele bedrijfstakken als de textiel, de mijnbouw en de scheepsbouw kwamen in grote moeilijkheden en sloten hun poorten. Voor veel industrieën begon een periode van heroriëntatie en reorganisatie, met vele faillissementen in de economische crisis van de vroege jaren tachtig.⁵⁹ Zo begon het chemieconcern DSM vanaf de jaren zeventig een geleidelijk transformatieproces, waarbij bulkgoederen geleidelijk plaatsmaakten voor gespecialiseerde producten. Door diverse overnames verbreedde het bedrijf de activiteiten in de richting van biochemie en farmacie.⁶⁰ In de petrochemie bevorderden Europese richtlijnen uit 2003 de productie en consumptie van biobrandstoffen. De overslag van biodiesel in de Rotterdamse haven nam tussen 2005 en 2007 toe van 50 naar 1200 kiloton. In 2009 vormden biobrandstoffen 3,1 % van het benzine en 3,6% van het dieselverbruik in het wegverkeer in Nederland.⁶¹

Productieoverschotten in de landbouw leidden in het begin van de jaren tachtig tot een zoektocht naar nieuwe markten, onder andere voor gespecialiseerde gewassen. Het onderzoek van dit zogenaamde agrificatiebeleid richtte zich op niet-voedselgerelateerde gewassen. Een aanscherping van de focus verengde de aandacht tot kennisintensieve gewassen met hoge toegevoegde waarde. Het beleid werd rond de eeuwwisseling afgesloten. Door een gering aantal toepassingen en een gebrekkige aansluiting met het bedrijfsleven werd het als een mislukking beoordeeld. Het kennisnetwerk maakte vanaf 2004 echter een doorstart in het beleid rond de bio-economie. Duurzame energie en nieuwe producten vormden hierbij de belangrijkste speerpunten.⁶²

In de energiesector plaatste de klimaatdiscussie aan het einde van de jaren negentig diverse experimenten in een ander daglicht. Mestvergisting was in de jaren tachtig ooit gestart als oplossing voor het mestprobleem. Het icoon van deze experimenten, de grote Promest-centrale in Helmond, strandde in 1995. Dit fiasco leidde in agrarische kringen tot een zekere antipathie jegens deze

59 Jan Luiten van Zanden, *Een klein land in de 20e eeuw, Economische geschiedenis van Nederland 1914-1995*, Het Spectrum, Utrecht, 1997

60 H. Lintens (red.) *Research tussen vetkool en zoetstof, zestig jaar DSM Research, 1940-2000*, Walburg Pers, Zutphen, 2000

61 Informatie SenterNovem, via www.senternovem.nl/gave/index.asp; Platform Groene Grondstoffen, *Biomassa, hot issue, Slimme keuzes in moeilijke tijden*, Sittard, z.j. (waarschijnlijk 2009); Gegevens biobrandstoffen in het wegverkeer via CBS Statline.

62 Harriëtte L. Bos, 'Beyond agrification: twenty five years of policy and innovation for non-food application of renewable resources in the Netherlands', in *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, 2008, p. 343-357

technologie, maar eind jaren negentig ontstonden er desondanks weer experimenten op dit vlak, nu met het oog op de productie van duurzame energie.⁶³

De klimaatdiscussie bracht ook het bijmengen van biomassa in verbrandingsprocessen van afvalovens en elektriciteitscentrales op de agenda. De brancheverenigingen van afvalverwerkers promootten deze technologie aanvankelijk vooral als 'groene energiebron'. Het veroorzaakte heftige debatten tussen afvalverbranders, energieproducenten en milieugroeperingen. De verschillende emissie-eisen waaraan afvalverbranders en energiecentrales moesten voldoen, behoorden tot de belangrijkste twistpunten. Ook over de vraag of biomassagebruik als duurzaam kon worden aangemerkt, waren de partijen het niet eens. Maar nadat hierover uiteindelijk compromissen waren gesloten, ontwikkelde verbranding zich tot de grootste en snelst groeiende vorm van biomassagebruik in de Nederlandse energieopwekking.⁶⁴

De heroriëntatie van de chemische sector, de crises in de landbouw en de klimaatcrisis vonden allemaal plaats in de jaren tachtig. Door deze samenloop van ontwikkelingen kwamen gevestigde ideeën en structuren onder druk te staan en ontstond er ruimte voor nieuwe ideeën en experimenten in energievoorziening, landbouw en chemie. De drie sectoren zochten, elk met hun eigen agenda, naar oplossingen van de eigen problemen. Dat leidde soms tot interessante combinaties, die wellicht een kiem kunnen zijn voor een transitie naar een duurzame bio-economie.

Voortdurende noodzaak

De onverminderde noodzaak voor een verandering in de energie- en materiaalconsumptie mag blijken uit de vele onderzoeken die sinds de alarmerende boodschap van de club van Rome zijn uitgevoerd. Nieuwe gegevens over fossiele voorraden hebben sinds 1970 de mensheid wellicht wat meer tijd gegeven voor een transitie naar duurzame grondstoffen. Maar de inschattingen over de gevolgen van de klimaatverandering verhogen de druk op de transitie naar duurzaamheid steeds meer.

Onderzoek naar de Nederlandse consumptiepatronen laat zien dat deze een onverminderd groeiend beslag op ruimte leggen. Ook de projecties voor de nabije toekomst gaan hiervan uit.⁶⁵ De CO₂-emissies per hoofd van de bevolking zijn in Nederland evenals in andere geïndustrialiseerde landen hoog, en de

63 Rob Raven, *Strategic Niche Management for Biomass. A comparative study on the experimental introduction of bioenergy technologies in the Netherlands and Denmark*, proefschrift Technische Universiteit Eindhoven, 2005

64 Geert Verbong et. al., *Een Kwestie van Lange Adem, de geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, Aeneas uitgeverij, Boxtel, 2001, p. 237-275

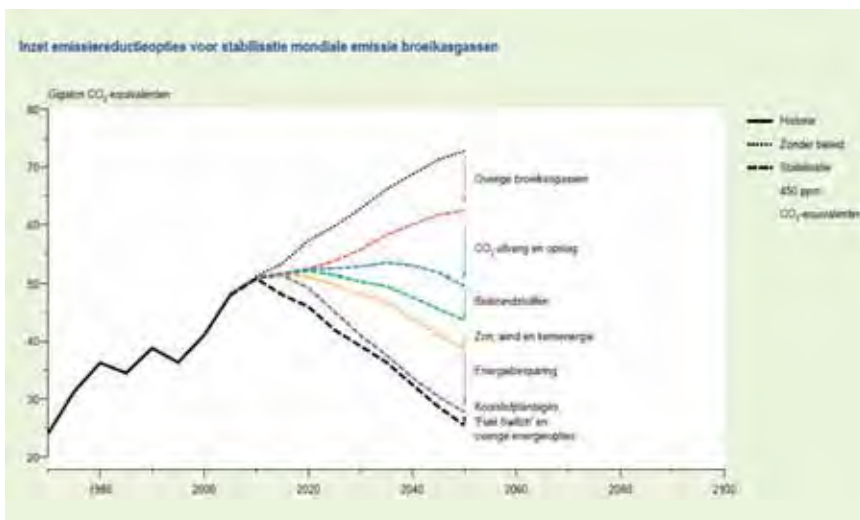
65 J.G. Elzenga, J.P.M. Ros en A.F. Bouwman, *Het ruimtebeslag van Nederlanders, 1995-2030*, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 2000

voorspelling is stijgend. Dit, terwijl deze met een factor vijf zouden moeten afnemen om de doelstelling van maximaal twee graden temperatuurstijging in 2040 te realiseren.⁶⁶ Om het tij te keren presenteerde het Planbureau voor de Leefomgeving dan ook een breed palet aan maatregelen (zie figuur E). Doorrekening van de computermodellen, waarin aannames zijn verwerkt voor technische en economische indicatoren, toont de potentie van de verschillende technische oplossingen. Helaas zijn deze modellen nog slecht in staat rekening te houden met de sociale componenten van politieke keuzes, gedragsverandering en onverwachte gebeurtenissen. De voorgaande historische terugblik laat zien dat deze factoren juist van grote invloed zijn op de keuze en snelheid van technologische ontwikkeling.

5.7 Conclusie: van mythe naar uitdaging

In tweehonderd jaar ontwikkelde Nederland zich van een land dat grotendeels georiënteerd was op biologische, deels geïmporteerde grondstoffen, tot een land met een open economie, gebaseerd op grondstoffen van voornamelijk fossiele oorsprong. Dit was een enorme transitie die niet mag worden onder-

Figuur E De zogenaamde 'kostenoptimale' emissiereductie ontwikkeld door het Planbureau voor de Leefomgeving. Hierin zijn technisch-economische optimalisaties doorgerekend die leiden tot de afname van CO₂-emissies die noodzakelijk is om de Nederlandse bijdrage aan de 2°C-doelstellingen te kunnen halen.⁶⁷



Bron: Planbureau voor de Leefomgeving

⁶⁶ *Monitor Duurzaam Nederland 2009*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, 2009, p. 123

⁶⁷ A. Hanemaaijer (red.) *Nederland en een duurzame wereld. Armoede, klimaat en biodiversiteit. Tweede Duurzaamheidsverkenning*, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven, 2007

schat. De omvang en impact hiervan wordt duidelijk uit een vergelijking van enkele belangrijke karakteristieken van beide jaren. Van een leeg, gefragmenteerd land met grote armoede werd Nederland een van de welvarendste en dichtstbevolkte landen ter wereld. Tussen 1850 en 2010 vervijfvoudigde de bevolking en verdubbelde de levensverwachting van de gemiddelde Nederlander (zie tabel 5.9).

Uit een land met een behoorlijke mate van zelfvoorziening ontstond een economie met duidelijke specialisaties. Dit is onder andere te zien aan de materiaalstromen van een aantal onbewerkte grondstoffen en producten tussen 1850 en 2005 (zie tabel 5.10). Zowel op het gebied van delfstoffen als van landbouwproducten dekte in 1850 de eigen productie grotendeels de eigen consumptie. 2005 toont een heel ander beeld, met diverse specialisaties in de goederenstromen. Aardgas, groenten en fruit zijn belangrijke exportproducten. Aardolie, steenkool, erts en granen zijn voor Nederland belangrijke importartikelen. De omvang van niet-voedselgerelateerde biologische producten nam echter, met uitzondering van dierlijke mest, dramatisch af ten opzichte van de overige goederenstromen in delfstoffen en landbouwproducten. Vastgesteld kan worden dat de premoderne samenleving in velerlei opzicht ver

Tabel 5.9 Kerngegevens Nederland 1850 en 2010

	1850	2010
Inwoners	3,1 miljoen	16,5 miljoen
Gemiddelde levensverwachting ⁶⁸	36(m)- 38 (v) jaar	76 (m) - 81 (v) jaar
Oppervlakte ⁶⁹	31640 km ²	33729 km ²
Oppervlakte gebruik ⁷⁰	(gegevens 1833)	(gegevens 2002)
Landbouwgrond	63,0 %	67,8 %
Bos	5,6 %	10,6 %
'Woeste gronden'/ Open natuur	30,2 %	3,7 %
(Spoor)wegen	0,4 %	3,4 %
Bebouwd	0,8 %	11,6 %

Rathenau Instituut

68 Peter Ekamper, Rob van der Werf en Nicole van der Graag, *Bevolkingsatlas van Nederland, demografische ontwikkeling van Nederland 1850 tot heden*, Nederlands Interdisciplinair Demografisch Instituut, Elmar, Rijswijk, 2003, 93-101.

69 Gegevens Centraal Bureau voor de Statistiek (www.statline.nl), Kerncijfers grondgebruik, Totale oppervlakte exclusief water

70 Gegevens 1833 omgerekend uit J.L van Zanden en S.W. Verstegen *Groene geschiedenis van Nederland*, Het Spectrum, Zeist, 1993, p. 65 (oorspronkelijke gegevens Verslag van den Landbouw 1875); Gegevens 2002 – CBS Statline – Regionale kerncijfers Nederland en Probos, *Kerngegevens Bos en Hout in Nederland*, Stichting Probos, Wageningen, december 2009, p. 2

van onze huidige levensomstandigheden afstaat. Ze bleek niet het arcadia van biologisch materiaalgebruik dat velen zich wellicht hadden voorgesteld. De biologische oriëntatie bleek het probleem te zijn dat de ontwikkeling van Nederland limiteerde. Met een proces van industrialisering en productieverhoging in de landbouw op basis van fossiele grondstoffen konden de pre-industriële productieplafonds worden doorbroken.

In een moeizaam proces werden fossiele grondstoffen, nieuwe technologie en wetenschappelijke inzichten ingezet en ingebed in de maatschappij. Deze transformeerde naar een moderne industriële samenleving, waarin fossiele grondstoffen een fundamentele rol spelen in de energie en materiaal voor-

Tabel 5.10 Overzicht van materiaalgebruik van een aantal onbewerkte producten in Nederland, Extractie/productie, import, eigen gebruik en mate van zelfvoorziening - 1850 en 2005

Product	1850				2005			
	extractie/ productie	netto import	verbruik	zelfvoor- ziening	extractie/ productie	netto import	verbruik	zelfvoor- ziening
	in kton	in kton	in kton	%	in kton	in kton	in kton	%
Delfstoffen								
Klei, zand en grind ⁷¹	1.444	5	1.449	100%	29.750	17.722	47.472	62%
Turf	3.500	14	3.514	99%	0	1.377	1.377	0%
Steenkool	20	620	640	17%	0	13.515	13.515	0%
Aardolie				n.v.t.	1.402	51.513	53.005	3%
Aardgas				n.v.t.	60.313	-22.435	37.878	159%
Landbouwproducten								
Granen, bijv. tarwe	670	85	755	89%	1.706	6.435	8.141	21%
Knolgewas, o.a. aard-appelen, suikerbieten	8.660	-10	856	101%	13.910	-2.332	11.578	120%
Groenten, bijv. spinazie en prei	70	-10	60	112%	1.516	-1.026	490	309%
Vruchtgroenten bijv. tomaten				n.v.t.	1.500	-1.203	297	506%
Boomvruchten bijv. appels	n.b.	n.b.	n.b.		595	-668	1.263	47%
Non-food bio-based								
Hout	n.b.	304	>304	> 0%	1.000	5.000	6.000	17%
Dierlijke/secretmest	n.b.	-7	n.b.	n.v.t.	70.100	-250	69.850	n.v.t. ⁷²
Meekrap	9	0	9	100%	0	0	0	n.v.t.
Lijnzaad	10	18	28	40%	4	16	20	20%
Kool- en raapzaad	60	8	68	90%	8	52	60	10%
Vlas	7	0	0	>100%	27	-10	15	235%

De massastromen van bewerkte en samengestelde producten zijn niet opgenomen. Deze zijn vanwege het samengestelde karakter moeilijk in te schatten.

Bron: CBS Import & Exportstatistieken en eigen onderzoek

71 Exclusief ophoogzand

72 De definitie van het mestoverschot is arbitrair.

ziening. Uitputting van de voorraden, lokale verontreiniging en het globale klimaat markeren echter de grenzen waar de huidige samenleving op stuit en stellen ons voor nieuwe uitdagingen.

Een nieuwe uitdaging

Aan het begin van de 21^e eeuw staat Nederland aan de vooravond van een nieuwe, beoogde transitie: naar duurzaam energie- en grondstoffengebruik. Biologische grondstoffen kunnen daarin wellicht opnieuw een rol spelen. Een terugblik op tweehonderd jaar Nederlandse economische ontwikkeling levert een rijke verzameling aan impressies op over veranderingen in de samenleving, het energie- en materiaalgebruik, consumptiepatronen en de rol die wetenschap en technologie hierin hebben gespeeld. Deze terugblik heeft zich vooral gericht op de sociotechnische veranderingen, een element dat in technische en economische verkenningen slechts marginaal aan bod komt.

Het historisch overzicht toont talloze parallellen met actuele discussies en voorspellingen, en kan deze aldus in een ander perspectief plaatsen. Uit het overzicht blijkt dat de transitie naar duurzaamheid moet worden geplaatst in een reeks van transities in materiaal- en energiegebruik. Grondstoffenschaarste, uitputting en buitenlandse afhankelijkheid zijn terugkerende thema's in deze geschiedenis. En transities blijken vooral processen van de lange adem te zijn. De verwachtingen over klimaatverandering voegen een belangrijk element van duurzaamheid toe, dat zijn gelijke in de geschiedenis echter niet kent. Een transitie naar een duurzame samenleving wordt hiermee dé uitdaging voor de 21^e eeuw. Hoe deze overgang moet worden gemaakt en met welke middelen is de grote vraag, waar helaas ook een historische studie geen concreet antwoord op kan geven. De vorige paragrafen en hoofdstukken geven vooral inzicht in de complexiteit en omvang van een transitie naar een bio-economie en in de vragen en keuzes die tijdens dit proces aan de orde kunnen komen.

Op zoek naar nieuwe grenzen?

Tijdens de transitie naar een moderne samenleving doorbraken technische vernieuwingen de grenzen die de premoderne maatschappij inperkten. In het midden van de negentiende eeuw liep de Nederlandse economie gebaseerd op natuurlijke grondstoffen, wind en spierkracht tegen haar productieplafond. De hoogtijdagen van groei waren gevierd tijdens de gouden zeventiende eeuw, maar met het terugvallen van de handelspositie verdween hiervan de glans. Voor de meeste Nederlanders veranderde het leven in slafelijke arbeid om het hoofd - soms letterlijk - boven water te houden.

Alleen nieuwe technologieën op basis van fossiele grondstoffen en nieuwe wetenschappelijke kennis konden deze impasse doorbreken. Met stoomtechnologie konden de polders permanent droog worden gehouden. Met chemische analyse en synthese kon de samenstelling van goederen objectief worden vastgesteld, waardoor kwaliteitsbewaking geheel nieuwe vormen kon aan-

nemen. Chemische inzichten zorgden in een tweede fase voor de creatie van nieuwe stoffen, met als belangrijke basis de 'natuurlijke reserves' van fossiele grondstoffen. De optimalisatie van deze processen creëerde na de Tweede Wereldoorlog een uitgebreid chemisch complex met een fysieke infrastructuur van terminals, transportmiddelen en leidingen die winplaatsen en chemische bedrijven met elkaar verknoopten. De hieruit ontwikkelde 'synthetische' stoffen vervingen steeds vaker de toepassingen met natuurlijke materialen.

Met nieuwe transportmogelijkheden, kennis en kunstmest kon de landbouw-productiviteit sterk worden opgevoerd. Bevolkingsomvang, levensverwachting, welvaart en welzijn namen allemaal toe. De economie zette in op groei door toename van de materiële welvaart en industrialisering. Dit werd de drijvende kracht achter het kapitalistische economisch model.

Sinds de jaren zeventig raakte het blazoen van dit economisch model besmeurd met de keerzijde van de industrialisatie. Aandacht voor vervuiling, sociale en mondiale uitbuiting, ecologische uitputting en klimaatverandering plaatste de op fossiele grondstoffen gebaseerde industrialisering in een ander daglicht. De moderne samenleving liep tegen haar grenzen aan. De fossiele economie leek haar langste tijd te hebben gehad.

Nieuwe perspectieven lokken: zonne-energie, windkracht, de bio-economie, waterstof, een combinatie of misschien kernfusie? Allemaal veelbelovende nieuwe technische opties. Kunnen deze zomaar worden ingeplugd? Andere randvoorwaarden die de samenleving bepalen lijken onbesproken te blijven. Het begrip duurzaamheid lijkt definitief te moeten afrekenen met begrensde cycli van eindige voorraden. Maar het zoeken naar oplossingen die tot in lengte van dagen aan de energie- en materiaalbehoefte kunnen voldoen is een utopisch streven, dat vanuit een pragmatisch politiek en beleidsoogpunt eerder naïef lijkt.

De oplossing zal dan ook niet alleen in de richting van een onbegrensde energiebron moeten worden gezocht. De ideeën van de bio-economie zouden zich eerder moeten richten op slim en duurzaam gebruik van biomaterialen binnen de natuurlijke begrenzing van ecologische cycli. Dit stelt echter nieuwe vragen aan een aantal hedendaagse initiatieven op het gebied van de bio-economie.

Nieuwe vragen aan de nieuwe bio-economie

De meeste hedendaagse initiatieven op het gebied van de bio-economie lijken vooral te worden gevoed door belangen in de landbouwsector. Deze is momenteel echter nog volledig vervlochten met de fossiele economie. De ideeën van een bio-economie richten zich in hoge mate op een nieuw gebruik van plant-materiaal, de opbrengsten van de landbouw. Maar de hoge landbouwopbrengsten in Nederland kunnen niet los gezien worden van de input van fossiele grond-

stoffen. Hoe deze opbrengsten gerealiseerd worden, lijkt in het huidige denken een blinde vlek te zijn. De vraag is of hiermee de bio-economische initiatieven hiermee geen 'groen'waspraktijk van de industriële landbouw worden. Anderzijds lijkt een volledige ontvlechting van de landbouw uit de fossiele economie geen eenvoudige opgave.

Ontvlechten, ombouwen en verworvenheden en gebruiken herzien: het zijn grote stappen, die niet van vandaag op morgen gezet kunnen worden. Ook hier lijken radicale veranderingen noodzakelijk, die niet altijd stroken met de belangen van (delen van) de petrochemie en landbouw. Het is pijnlijk om in eigen vlees te snijden. Een dergelijke transitie zal een grote uitdaging vormen voor komende generaties. De gevolgen lijken verstrekkend, met een veelvoud aan uitdagingen op het gebied van technologie, economische structuren en mondiale coördinatie.

De lange weg

Het historisch overzicht liet zien hoe de Nederlandse samenleving in tweehonderd jaar veranderde van een premoderne in een moderne samenleving. Van een land dat technologieën uit de buurlanden overnam naar een land dat momenteel inzet op kennisvalorisatie en dat proactief de uitdagingen van de 21^e eeuw tegemoet wil treden. De introductie van nieuwe kennis en techniek speelde een grote rol in de transformatie. Dat proces was echter veel meer dan het simpelweg 'inpluggen' van nieuwe technische mogelijkheden - sterker nog, zo'n simplistische strategie bleek vaak een garantie voor mislukking. Technische innovaties stelden gevestigde praktijken, organisatiestructuren, regelgeving, financiën en machtsverhoudingen ter discussie. Veranderingen hierin verliepen pijnlijk en moeizaam. Ze gaven niet alleen kansen aan de nieuwe technologie, maar veranderden tevens de samenleving.

De historische terugblik liet zien dat de economische en levensomstandigheden van de Nederlanders anno 2010 in niets lijken op die van onze overgrootouders uit het midden van de negentiende eeuw. De radicale verandering voltrok zich in ongeveer anderhalve eeuw. Hoe moet deze snelheid worden gekwalificeerd? Waren onze voorouders conservatief en zijn wij bereid onze gebruiken en ordening van de samenleving sneller op te geven? Er zijn geen tekenen dat dit nu sneller zou gaan. Zeker als hierbij rekening wordt gehouden met de toegenomen internationale complexiteit van de maatschappelijke en economische orde en de vervlechting in technische en economische zin van belangen en goederenstromen. Net als de voorgaande transities, lijkt ook de realisatie van een nieuwe, duurzame samenleving een complex, moeilijk voorstelbaar en langdurig proces.

Referenties

- Berkers E. (2004). *Geodesie, de aarde verbeeld, berekend en getekend*. Zutphen: Walburg pers.
- Bervoets, E.M.L & F.C.A. Veraart. (2003). 'Bezinning, ordening en afstemming, 1940–1970'. In Schot et al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel VI: *Stad, Bouw, Industriële productie*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 214-239.
- Bieleman, J. & H.K. Roessingh. (1994). 'Wie zaait zal oogsten? De ontwikkeling van het rogge-beschot op de noordelijke zandgronden op lange termijn'. In: Diederiks, Lindblad & De Vries (red.), *Het platteland in een veranderende wereld*. Hilversum: Uitgeverij Verloren, pp. 167-197.
- Bieleman, J. (red.) (2000). 'Landbouw'. In J.W.Schot et al. (red.) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel III: *Landbouw en Voeding*. Zutphen: Walburg Pers.
- Bieleman, J. (2008). *Boeren in Nederland. Geschiedenis van de landbouw 1500–2000*. Amsterdam: Uitgeverij Boom.
- Bijker, E. et al. (1999). *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, MA: MIT Press, 7e editie.
- Bilderdijk, W. (1803). *Het Buitenleven in vier gezangen*. Amsterdam: Johannes Allart.
- Boerhave Beekman, W. (1951). *Hout in alle tijden. Deel V, toegepast hout van thans*. Deventer: Kluwer.
- Boot, M. et al. (1981). *De eerste plastic eeuw*. Den Haag: Haags Gemeentemuseum.
- Bos, H.L. et al. (2008). 'Beyond Agrification. Twenty Five Years of Policy and Innovation for Non-Food Application of Renewable Resources in the Netherlands'. In *Biofuels, Bioproducts & Biorefining 2*, no. 4, pp. 343-357.
- Brink, G. van den. (1996). *De grote overgang, een lokaal onderzoek naar de modernisering van het bestaan. Woensel 1670–1920*. Nijmegen: SUN.
- Brown, H.L., B.B. Hamel & B.A. Hedman. (1985). *Energy Analysis of 108 Industrial Processes*. US Department of Energy85.
- Buis, J. (1985). *Historia Forestis. Nederlandse bosgeschiedenis*. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen, pp. 487-518.

Cramer, J. (1989). *De groene golf. Geschiedenis en toekomst van de Nederlandse milieubeweging*. Utrecht: Jan van Arkel.

Ekamper, P., R. van der Werf en N. van der Graag. (2003). *Bevolkingsatlas van Nederland, demografische ontwikkeling van Nederland 1850 tot heden*. Rijswijk: Elmar, pp. 93-101.

Elzenga, J.G., J.P.M. Ros & A.F.Bouwman. (2000). *Het ruimtebeslag van Nederlanders, 1995–2030*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

Erkens, C. (1946). 'Plastic het wonderproduct'. In: *Weekblad Libelle*, nr. 9, pp. 16-17.

Feis, B.R., H. Hoogendoorn & P.M. Stoppelenburg. (2002). *Holland in touw, hennepsteelt en touwfabricage in het Groene Hart*. Woerden: Groene Hart Producties.

Friedling, T. (1986). 'Voorgeschiedenis van de kunststoffen'. In Brüggemann (red.). *Kunststoffen 1986, Terugblik en Toekomst*. Delft: Kunststoffen en Rubber Instituut TNO.

Gales, G.B.A. (2000). 'Delfstoffen'. In Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*. Zutphen: Walburg Pers.

Grin, J. (2010). 'Modernization Process in Dutch Agriculture, 1886 to the Present'. In: Grin, Rotmans & Schot, *Transitions to Sustainable Development*. Oxon: Routledge, pp. 249-264.

Goossens, J. (2009). *Plastic Soep*. Rotterdam: Lemniscaat.

Hanemaaijer, A. & C. Brink. (2007). *Nederland en een duurzame wereld. Armoede, klimaat en biodiversiteit. Tweede Duurzaamheidsverkenning*. Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

Hardin, G. (1968). 'The Tragedy of the Commons'. In: *Science. New Series* 162, no. 3859, pp. 1243-1248.

Homburg, E. (2000). 'Chemische techniek en chemische industrie'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 270-277.

Homburg, E. & H. van Zon. (2000). 'Grootschalig produceren: superfosfaat en zwavelzuur, 1890–1940'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de*

twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie. Zutphen: Walburg Pers, pp 278-297.

Homburg, E., A. Rip & J. Small. (2000). 'Chemici, hun kennis en de industrie'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 296-315.

Homburg, E. (2000). 'De Eerste Wereldoorlog, samenwerking en concentratie binnen de Nederlandse chemische industrie'. In Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 316-331.

Homburg, E. (2000). 'Van carbo- naar petrochemie, 1910–1940.' In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 332-357.

Homburg E. & L. Palm. (red.) (2004). *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. 3. De ontwikkeling van de chemie van 1945 tot het begin van de jaren tachtig*. Delft: University Press.

Homburg, E. (2004). *Groeien door kunstmest. DSM Agro 1929–2004*. Hilversum: Uitgeverij Verloren.

Homburg, E. (2006). 'Explosives From Oil: the Transformation of Royal Dutch/Shell During World War I From Oil to Petrochemical Company'. In: Buchanan. *Gunpowder, Explosives and the State. A Technical History*. Aldershot: Ashgate, pp. 385-408.

Hooghoff, P.M.A.V. (1999). *70 Jaar Plastics Van Niftrik te Putte. Van persplastic tot spuitgietwerk. Van 1929 tot 1999*, Putte: Van Niftrik.

Hoppenbrouwers, P.C.M. (2002). 'Van Waterland tot stedenland'. In: De Nijs & Beukers. *Geschiedenis van Holland, deel 1 tot 1572*. Hilversum: Uitgeverij Verloren.

Jaeger, F.M. (1928). 'Over onze natuurlijke hulpbronnen in heden en in de toekomst'. In: *Chemisch Weekblad XXV*, pp. 482-491.

Knibbe, M. (1999) 'Landbouwproductie en -productiviteit, 1807–1997'. In: Van der Bie & Dehing (red.). *Nationaal goed, feiten en cijfers over onze samenleving (ca.) 1800–1999*. Voorburg: Centraal Bureau voor de Statistiek, pp. 37-55.

Lambert, A.J.D. (2008). *Energy, Production and Process Integration*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2e editie,.

Lintsen, H.W. et al. (red.) (1995). *Techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800–1890*, deel VI. Zutphen: Walburg Pers.

Lintsen H. (red.) (2000). *Research tussen vetkool en zoetstof. Zestig jaar DSM Research, 1940–2000*. Zutphen: Walburg Pers..

Lintsen H. (2005). *Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland 1800–2000*. Zutphen: Walburg Pers.

Stephen Howarth en Joost Jonker, *Stuwmotor van de koolwaterstofrevolutie, 1939-1973, Geschiedenis van Koninklijke Shell, deel 2*, Boom Amsterdam, 2007

LNV. (2008). *4e Actieprogramma inzake de Nitraatrichtlijn*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2008/06/17/4e-actieprogramma-inzake-de-nitraatrichtlijn.html>

Monitor Duurzaam Nederland 2009. (2009). Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek, p. 45.

Most, F. van der et al. (2000). 'Nieuwe synthetische producten. Plastics en wasmiddelen na de Tweede Wereldoorlog'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw, deel II: Delfstoffen, Energie en Chemie*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 296-315.

EnergieTransitie. *Biomassa, hot issue. Slimme keuzes in moeilijke tijden*. Sittard: Platform Groene Grondstoffen. [z.j.].

Ponting, C. (2007). *A New Green History of the World. The Environment and the Collapse of Great Civilizations*. Londen: Penguin Books, p. 193.

Probos. (2009). *Kerngegevens Bos en Hout in Nederland*. Wageningen: Stichting Probos.

Raven, R. (2005). *Strategic Niche Management for Biomass. A Comparative Study on the Experimental Introduction of Bioenergy Technologies in the Netherlands and Denmark*. Eindhoven: Technische Universiteit.

Schot, J.W. & E. Homburg. (1993). 'Meekrap en garancine.' In: Lintsen et al. (red.) *Techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800–1890, deel IV*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 223-241.

Smil, V. & T. Kortbeek. (1999). *Elementaire Kringlopen. Wisselwerking tussen biosfeer en beschaving*. Beek: Natuur & Techniek

Smil, V. (1994). *Energy in World History*. Oxford: Westview Press.

Snelders, H.A.M. (1993). *De geschiedenis van de scheikunde. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900*. Delft: Delftse Universitaire Pers.

Snelders, H.A.M. (1997). *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. 2. De ontwikkeling van chemie en chemische technologie in de eerste helft van de twintigste eeuw*. Delft: Delft University Press.

Turner, G.M. (2008). 'A Comparison of Limits to Growth With 30 Years of Reality'. In: *Global Environmental Change* no. 18, pp. 397-411. <http://www.csiro.au/files/files/plje.pdf>.

Veldman, H., E. van Royen & F. Veraart. (1999). *Een machtige schakel in de land- en tuinbouw. De geschiedenis van Cebeco-Handelsraad, 1899–1999*. Eindhoven: Stichting Historie der Techniek, pp. 16-22.

Geert Verbong et al., *Een Kwestie van Lange Adem, de geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, Aeneas uitgeverij, Boxtel, 2001

Veraart, F. & T. van Helvoort. (2000). 'Grondstoffen voor Kunststoffen, 1945–1970'. In: Lintsen et al. *Research tussen Vetkool en Zoetstof*. Eindhoven: Stichting Historie der Techniek, pp. 32-43.

Vries, J. de & A. van der Woude. (1995). *Nederland 1500–1815. De eerste ronde van economische groei*. Amsterdam: Uitgeverij Balans, p. 58.

Vuuren, D.P. van & A. Faber. (2009). *Growing With Limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL).

Woud, A. van der. (1987). *Het lege land. De ruimtelijke orde van Nederland, 1798–1948*. Amsterdam: Meulenhoff.

Zanden, J.L. van. (1992). 'Mest en Ploeg'. In Lintsen (red.). *Techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving, 1800–1890, deel 1*. Zutphen: Walburg Pers.

Zanden, J.L. van & S.W. Verstegen. (1993). *Groene geschiedenis van Nederland*. Zeist: Het Spectrum.

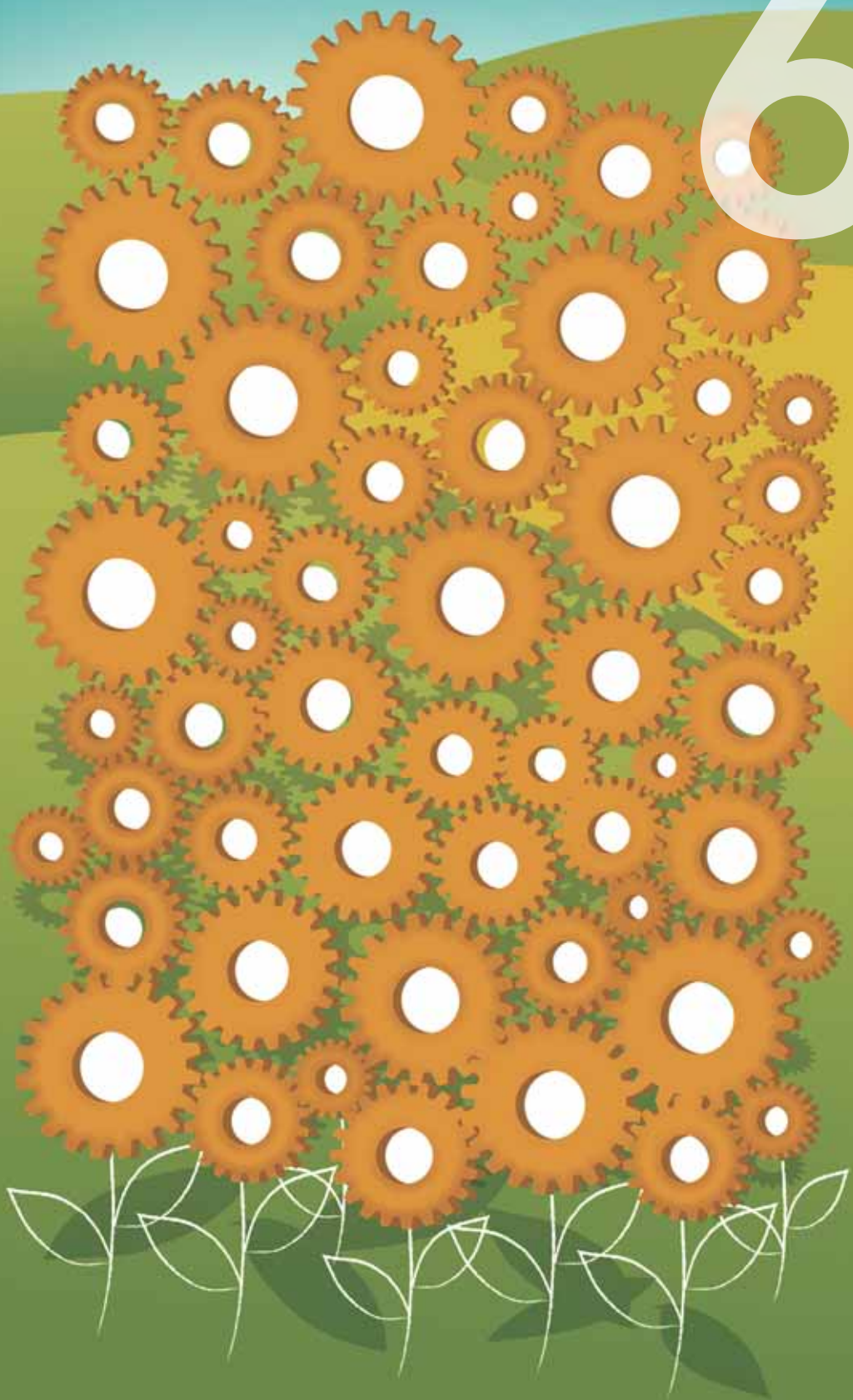
Zanden, J.L. van (1997). *Een klein land in de 20e eeuw, Economische geschiedenis van Nederland 1914–1995*. Utrecht: Het Spectrum.

Zanden, J.L. van & A. van Driel. (2000). *Nederland 1780–1914. Staat, instituties en economische ontwikkeling*. Amsterdam: Uitgeverij Balans.

Zoethout, D.A. (1914). *De Plant in Nijverheid en Handel*. Amsterdam: Elsevier.

Zon, H. van. (2002). *Geschiedenis en duurzame ontwikkeling, duurzame ontwikkeling in historisch perspectief; enkele verkenningen*, Vakreview duurzame ontwikkeling deel 5, Nijmegen: Universitair Centrum Milieuwetenschappen, Katholieke Universiteit.

6



6 Naar de kern van de bio-economie: beleidsaanbevelingen

Lotte Asveld, Rinie van Est en Dirk Stemerding

Onze studie heeft op verschillende manieren het denken over de bio-based economy of de bio-economie belicht: vanuit visievorming, het Nederlandse beleid, maatschappelijke kwesties, innovatie- en historisch perspectief. Hoofdstuk 1 beschreef diverse actuele visies vanuit de wetenschap en overheid op de toekomst van een economie die grotendeels draait op het gebruik van biomassa en daardoor (veel) minder afhankelijk is van fossiele brandstoffen. Hoofdstuk 2 ging specifiek in op het Nederlandse biomassabeleid. We beschreven de lastige relatie tussen de visie op de bio-based economy en het beleid op het gebied van met name biobrandstoffen. Vervolgens zijn tal van maatschappelijke kwesties in kaart gebracht. Belangrijke vragen zijn onder meer of een hogere inzet van biomassa wel op duurzame wijze kan; of er naast vervanging van fossiele grondstoffen door biomassa niet meer aandacht dient te komen voor besparing van grondstofgebruik; en of er überhaupt voldoende biomassa beschikbaar is. Hoofdstuk 4 keek vanuit technisch perspectief naar de bio-economie en bracht in beeld wat reeds mogelijk is en welke innovaties te verwachten zijn. We zagen dat het zogenaamde generatiedenken een sterke drijvende kracht is. Het gaat hier om het dominante idee dat de bio-economie mogelijk zal worden gemaakt door een technologische ontwikkeling die loopt van de huidige eerste generatie van biomassaproducten naar een tweede en derde generatie van technieken. Tenslotte bood hoofdstuk 5 een historisch perspectief op de huidige ideeën over een toekomstige bio-economie. De opkomst van de *fossil-fuel based economy* verloor de westerse wereld uit de greep van de armzalige bio-economie van de negentiende eeuw. Op dit moment loopt onze economie, die draait op makkelijk winbare en goedkope fossiele grondstoffen, zelf tegen allerlei grenzen aan.

Idealiter staat de bio-economie voor een toekomstig duurzaam economisch systeem dat niet meer volkomen afhankelijk is van fossiele grondstoffen, maar grotendeels draait op biomassa: plantaardige grondstoffen zoals bomen, andere planten en algen, maar ook dierlijk materiaal, zoals slachtafval en frituurvet. In Nederland wordt op dit moment biomassa voornamelijk gebruikt voor de elektriciteitsvoorziening (bijstoken) en voor transport (bijmengen van biobrandstoffen). Maar het is ook bruikbaar om hoogwaardiger producten te maken, zoals biochemicalïën, medicijnen en bioplastics. De overheid ziet voor Nederland een cruciale rol weggelegd in het ontwikkelen van een bio-economie,

omdat het gebruik van biomassa mogelijkheden biedt om onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verkleinen, klimaatverandering tegen te gaan en economische ontwikkeling te stimuleren. Het heftige politieke debat rondom de inzet van biobrandstoffen laat al zien dat de voorgestane overgang naar een duurzame, op biomaterialen gebaseerde economie niet zonder slag of stoot zal verlopen. Het historische hoofdstuk laat zien dat het hier gaat om transitieprocessen die meerdere decennia in beslag nemen en die in sterke mate onvoorspelbaar zijn. De toekomst is zagezegd in nevelen gehuld.

Vanuit dat besef benoemt dit slothoofdstuk een aantal centrale uitdagingen die reeds nu te herkennen zijn. Een eerste uitdaging is om van de kern van de bio-economievisie, te weten optimale waardebenutting van biomassa, een sturend beleidsconcept te maken. De tweede majeure uitdaging betreft de totstandkoming van een dúrzame bio-economie. De massale inzet van biomassa garandeert namelijk niet vanzelf duurzaamheid, laat staan een sociaal rechtvaardige wereldeconomie. Een derde vraag die in het maatschappelijke debat prominent wordt gesteld is of we de overgang naar een duurzame bio-economie het beste kunnen bewerkstelligen door al doende te leren of door het voorzorgsprincipe centraal te stellen. Een vierde uitdaging betreft onze omgang met natuurlijke hulpbronnen en de natuur. De rol van gentechnologie is een belangrijk element in die discussie. Tenslotte kijken we naar de innovatieve en economische rol die Nederland zou kunnen spelen bij een overgang naar een bio-based economy en de manier waarop we de genoemde uitdagingen hierbij tegenkomen. Bij al deze uitdagingen benoemen we een aantal aandachtspunten voor beleidsmakers. Dit hoofdstuk sluiten we af met een aantal aanbevelingen voor het beleid.

6.1. Meer sturende rol voor bio-based economy-beleid

Onze studie laat zien dat de ideologische kern van de beleidsvisie op de bio-based economy breed wordt ondersteund. Het biobased economy-beleid streeft het gebruik van biomassa met de hoogste toegevoegde waarde na. Een zogeheten waardepiramide moet richting geven aan dat streven. Volgens die piramide is het economisch en ecologisch gezien het meest interessant om biomassa te gebruiken voor medicijnen en gezondheidsproducten. Een belangrijk deel van de beschikbare biomassa dient vervolgens als bron van voedsel en veevoer, en van chemicaliën en materialen. Wat rest, zou ten slotte ingezet kunnen worden voor energiedoelinden. Daarbij wordt bovendien veel waarde gehecht aan het sluiten van ketens. Politiek, wetenschap, bedrijfsleven en milieuorganisaties onderschrijven dit kernprincipe van de bio-economie in sterke mate. Hoewel het bio-based economy-beleid in potentie een alomvattende visie op het gebruik van biomassa biedt, blijkt zijn integrerende en sturende werking nog zeer gering te zijn. We pleiten ervoor dat het denken in optimale verwaarding van biomassa een centralere plaats krijgt in het politieke en publieke debat, in Nederland en internationaal. Betere interdepartementale, maar ook internationale, beleidsafstemming op dat gebied is daarvoor een cruciale voorwaarde.

6.1.1. Stel optimale waardebenutting van biomassa centraal

De geringe sturende invloed van het jonge beleidsveld bio-based economie heeft onder meer te maken met de confrontatie van dat veld met twee wat oudere bio-energiebeleidslijnen, die hun eigen autonome doelstellingen hebben. Sinds 2002 zijn er gerichte subsidies voorhanden om biomassa voor elektriciteit en warmte in te zetten. Nederland is sinds 2003 verplicht om zijn beleid op het gebied van biobrandstoffen volgens Europese richtlijnen uit te voeren. Het doel van dat biobrandstoffenbeleid – gedeeltelijke vervanging van fossiele door biobrandstof – staat op gespannen voet met de wens uit het bio-economiebeleid om biomassa zo efficiënt mogelijk toe te passen. Dit beleid roept veel discussie op over de vraag of het gebruik van biobrandstoffen niet ten koste gaat van de voedselvoorziening en of het niet leidt tot opdriving van voedselprijzen. Vanuit het perspectief van de waardepiramide van de bio-economie is het helder dat gebruik van biomassa voor voedsel voorrang dient te hebben boven het gebruik ervan voor energie en chemie. De nadruk in het politieke debat op de kwesties die het gebruik van biobrandstoffen oproept, ontnemt echter het zicht op de mogelijkheden om biomassa op efficiëntere manieren in te zetten. In het afvalbeleid geeft al sinds eind jaren zeventig de zogeheten ladder van Lansink – met de voorkeursvolgorde preventie, hergebruik, verbranden, storten – de toon aan. Het zou goed zijn als de waardepiramide een soortgelijke rol gaat spelen voor biomassagebruik. Op die manier kan er meer ruimte en structuur komen in het debat en het beleid omtrent de effectieve en efficiënte inzet van biomassa.

Aandachtspunt 1: Optimale waardebenutting

Stel de kern van de bio-economievisie – optimale waardebenutting van biomassa – centraal in het politieke en publieke debat over de toekomst van de bio-economie.

6.1.2. Optimale verwaarding behoeft beleidsafstemming

Biomassa kan op verschillende manieren worden ingezet: voor voedsel, veevoer, chemie en energie. De verantwoordelijkheid hiervoor is verdeeld over verschillende ministeries. Tot oktober 2010, toen enkele ministeries fuseerden, waren de ministeries van EZ en VROM verantwoordelijk voor het bio-energiebeleid, terwijl het ministerie van V&W over de implementatie van de Europese bio-brandstoffenrichtlijn ging. LNV had de inzet van biomassa voor voedsel en veevoer onder zijn hoede, en was daarnaast trekker van het interdepartementale bio-economiebeleid. Dit bio-economiebeleid had, en heeft, echter formeel geen hogere status dan de andere beleidslijnen. Om biomassa optimaal te kunnen verwaarden is interdepartementale beleidsafstemming cruciaal. Het ligt dan ook voor de hand om op termijn het bio-economiebeleid formeel een meer sturende invloed te geven. De fusies die hebben geleid tot de ministeries van Economie, Landbouw en Innovatie en van Infrastructuur en Milieu bieden daarvoor kansen.

Aandachtspunt 2: Beklim de waardepiramide

Biomassabeleid moet er op gericht zijn om biomassa zoveel mogelijk de waardepiramide te laten 'beklimmen'. Dit streven dient tevens inzet te zijn bij interdepartementale (en internationale) beleidsafstemming.

6.2. Werken aan een duurzame bio-economie

Het historisch hoofdstuk liet zien dat de Nederlandse economie zich in de negentiende eeuw sterk ontwikkelde op basis van de import van grondstoffen uit andere delen van de wereld. Op die manier doorbrak Nederland de 'natuurlijke' begrenzings van de traditionele bio-economie. Die ontgrenzing vormde de grondslag voor onze huidige welvaart en bevolkingsdichtheid. Rond 1850 konden veel boeren met de middelen die het land bood nauwelijks het hoofd boven water houden. De Nederlandse landbouw kon groot worden door grondstoffenimport. Guano, vogelmest uit Peru, doorbrak als eerste de lokale begrenzings, ten koste van rijke ecosystemen in het land van herkomst. Dit was de opmaat voor het grootschalig gebruik van kunstmest: een belangrijk element in de overgang naar een geïndustrialiseerde en gemechaniseerde landbouw die is gebaseerd op fossiele grondstoffen.

Fossiele grondstoffen, de huidige motor van de economie, zijn niet duurzaam. De voorraden aardolie zijn eindig en het verbranden van fossiele grondstoffen verandert het klimaat. Duurzaamheid is dan ook een van de belangrijkste drijfveren voor het streven naar een bio-based economy. Biomassa biedt mogelijkheden om aardolie als grondstof voor allerlei producten te vervangen. Daarnaast lijkt biomassa belangrijke beperkingen van fossiele grondstoffen te kunnen overwinnen. Zo is het een hernieuwbare en in principe CO₂-neutrale grondstof. Een ander voordeel van biomassa is dat het in vrijwel elk land ter wereld geproduceerd kan worden. Het risico op machtsconcentratie, zoals we die nu zien in de oliewinning, neemt daardoor af. De inzet van biomassa kan dan ook gezien worden als een volgende fase in het ontsluiten van nieuwe grondstoffen om de begrenzings van het huidige economische systeem te overwinnen. Duurzaamheid is daarbij de grote belofte van de bio-economie. Om die in te lossen is een breed perspectief op duurzaamheid van belang. Het is daarom, hoe lastig ook, noodzakelijk om duurzaamheid te operationaliseren. Alleen dan wordt het mogelijk om de duurzaamheid van productie en verwerking van biomassa te monitoren en te belonen. Op dit moment wordt gewerkt aan duurzaamheidscriteria voor de productie van biobrandstoffen. Een bredere inzet van dit instrument voor allerlei biomassatoepassings lijkt op termijn voor de hand te liggen.

6.2.1. Brede uitdaging van duurzaamheid

Vooralsnog loopt de productie van biomassa zelf tegen allerlei ecologische en sociale grenzen aan, zoals een tekort aan vruchtbaar land en, daarmee verband houdend, grootschalige ontbossing en mondiale handel in landbouwgrond (*land grabbing*). Er bestaan echter tal van technologische beloften om de

huidige grenzen aan de productie en het gebruik van biomassa in de toekomst veel verder op te rekken. Hoofdstuk 4 beschrijft nieuwe technologieën die het mogelijk maken om biomassa, zoals algen en niet eetbare delen van planten, op nieuwe manieren te ontsluiten als bron van grondstoffen en energie. Op die manier is de productiviteit van marginale gronden en het zeeoppervlak sterk te verhogen. Innovatie richt zich ook op radicalere technologische oplossingen, zoals 'bio-zonnecellen', die energie uit fotosynthese meteen omzetten in vloeibare energiedragers, zonder de tussenstap van biomassa. Deze nieuwe technologieën belichamen het bio-economische ideaal om op een intelligente en efficiënte manier gebruik te maken van de mogelijkheden die biomassa biedt. Op dit moment hebben deze technologieën echter nog weinig te betekenen. Het gevaar van deze vergezichten die van een *technological fix* uitgaan, schuilt in hun versluisende werking in het politieke debat: ze verlenen aan biomassagebruik een vanzelfsprekend, maar in feite onbewezen, groen aura. Het gaat hier om een wenkend, maar vooralsnog ongefundeerd toekomstperspectief, dat soms zo krachtig is dat het zelfs de negatieve sociale en milieueffecten van reeds bestaande toepassingen lijkt te legitimeren. De huidige problemen lijken vanuit dit perspectief immers van voorbijgaande aard te zijn. Maar de huidige discussie rondom de grootschalige inzet van biobrandstoffen is niet zozeer voorbijgaand van aard, als wel exemplarisch voor datgene wat een ontwikkeling richting bio-economie voor ons in petto heeft. Om die ontwikkeling te begeleiden is voortdurende reflectie op het kerndoel nodig: het streven naar een duurzame bio-economie.

Dit streven houdt veel meer in dan het vervangen van fossiele grondstoffen door biomassa. Dat grondstoffen hernieuwbaar zijn, wil namelijk nog niet zeggen dat het gebruik ervan ook duurzaam is. Een eerste barrière is gelegen in de onduurzaamheid van de huidige landbouw. Die is sterk afhankelijk van fossiele grondstoffen, onder meer voor kunstmestproductie. Daarnaast loopt de productie van biomassa ook tegen andere fysieke begrenzingen aan, zoals uitputting van landbouwgrond en beperkte beschikbaarheid van vruchtbaar land en water. Ten tweede heeft het streven naar duurzaamheid niet alleen met de productie (aanbodkant) maar ook met de consumptie (vraagkant) van grondstoffen te maken. De waardepiramide in zijn huidige vorm richt zich vooral op het aanbod en heeft weinig aandacht voor de gebruikerskant en de besparing van grondstoffen. Een heikel punt is bijvoorbeeld de inzet van granen als veevoer voor vleesproductie. Vanuit bio-economisch perspectief is dat zeer inefficiënt. Het is daarom belangrijk dat het beleidsveld van de bio-based economy niet alleen oog heeft voor vervanging van fossiele grondstoffen door biobrandstoffen, maar ook voor besparing op grondstoffengebruik, bijvoorbeeld door een daling van het vleesgebruik te stimuleren. Ten derde draait duurzaamheid niet alleen om het reduceren van CO₂ voor klimaatdoeleinden. Duurzaamheid dient opgevat te worden als een breder begrip, dat ook rekening houdt met zaken als lokale ontwikkeling, mensenrechten en sociale rechtvaardigheid.

Aandachtspunt 3: Verduurzaming van de landbouw

Het bio-economiebeleid dient meer aandacht te besteden aan verduurzaming van de landbouw, met name door het landbouwsysteem minder afhankelijk te maken van fossiele brandstoffen (low carbon agriculture) en te streven naar minder verspillende vormen van consumptie. Maak beide doelstellingen tot een integraal onderdeel van de waardepiramide.

Aandachtspunt 4: Zet in op duurzaamheid

Het slagen van de bio-economie hangt af van een brede inzet op duurzaamheid, die ook rekening houdt met zaken als lokale ontwikkeling, mensenrechten en sociale rechtvaardigheid.

6.2.2. Duurzaamheid leren operationaliseren

Het besef dat biomassagebruik negatieve aspecten heeft, is al stevig verankerd in het publieke debat en in het beleid, met name als gevolg van biobrandstoffen. Het gebruik van deze brandstoffen leidt tot ontbossing en biodiversiteitverlies. Ook zorgt het voor veel debat: Concurrereert de inzet van biobrandstoffen niet met de voedselvoorziening? Leidt het überhaupt wel tot minder CO₂-uitstoot, vergeleken met gebruik van fossiele brandstoffen? Verder is er vanuit het westen en Azië een run gaande op landbouwgronden in Afrika. Grote bedrijven proberen op omvangrijke schaal de eigendomsrechten op land te verwerven. In veel landen ontbreken eigendomsrechten voor kleine boeren of ontbreekt een juridisch systeem om deze rechten te beschermen. Hierdoor kunnen kleine boeren of anderen met gebrekkige toegang tot het juridisch systeem het slachtoffer worden van de strijd om land die in het kader van de bio-based economy dreigt te ontstaan. Het is vanuit Europees perspectief onhoudbaar om hier zogenaamd 'groene producten' te importeren, terwijl die zulke onduurzame en negatieve effecten hebben elders in de wereld. Het valt echter niet mee om uit te maken welke vormen van biomassa en welke toepassingen wel of niet duurzaam zijn. Duurzaamheid is zowel politiek als wetenschappelijk gezien lastig te definiëren. Ten eerste is er vaak onenigheid of onduidelijkheid over wat duurzaamheid precies inhoudt. Daarnaast zijn niet alle aspecten van duurzaamheid meetbaar. De sociale impact van biomassaproductie is bijvoorbeeld lastig vast te stellen.

De laatste jaren wordt op nationaal en internationaal niveau gewerkt aan het formuleren van duurzaamheidscriteria voor de productie van biobrandstoffen. De Nederlandse commissie Cramer heeft dit thema op de Europese beleidsagenda gezet. Momenteel werkt in Nederland de commissie Corbey aan een verdere uitwerking van deze criteria. Een lastig probleem vormt het risico op indirecte verschuivingen van landgebruik. Dat houdt bijvoorbeeld in dat een groot bedrijf grond opkoopt van lokale boeren om daarop biomassa te gaan produceren. Die actie leidt op zichzelf niet tot ontbossing. Maar niet zelden zetten die lokale boeren vervolgens wél bos om in akkerland. Op deze wijze leidt de productie van biobrandstoffen niet tot directe, maar wel tot indirecte

ontbossing. Op dit moment wordt vanuit verschillende hoeken gepleit voor het opnemen van zulke indirecte effecten op landgebruik in de Europese duurzaamheidscriteria. Men spreekt in dit verband van de ILUC-factor (*Indirect Land Use Change*). De SER (2010) adviseert om een dergelijke ILUC-factor op te nemen in de duurzaamheidscriteria. De Europese Unie zal halverwege 2011 een besluit nemen of een ILUC-factor opgenomen moet worden, nadat ze hierover in het najaar van 2010 een consultatieronde had gehouden.

Op wereldniveau is het definiëren en certificeren van duurzaamheid een heet hangijzer. Landen als Brazilië en Maleisië zien de Europese duurzaamheids-eisen aan biobrandstoffen als verkapte handelspolitiek: een manier om de toegang tot Europese markten te blokkeren. Er is dus behoefte aan een internationaal geharmoniseerd monitoringsysteem voor de negatieve effecten van biomassa-gebruik dat op internationaal draagvlak kan rekenen. Aangezien Nederland een centrale positie wil innemen in de mondiale bio-economie, ligt het voor de hand dat het zijn huidige voortrekkersrol in de discussie over het formuleren en implementeren van duurzaamheidscriteria behoudt. Daarbij dient ook steeds aandacht te zijn voor mogelijke ongewenste bijwerkingen ('perverse effecten') die een dergelijk systeem kan veroorzaken. Duurzaamheidscriteria kunnen bijvoorbeeld een hindernis opwerpen voor kleine boeren om hun producten af te zetten. Als de criteria een te zware bureaucratische belasting vormen, zijn alleen grote organisaties in staat eraan te voldoen. Daarom moet voorkomen worden dat duurzaamheidscriteria gaan fungeren als uitsluitingsmechanisme voor kleine en minder kapitaalkrachtige producenten. Zulke boeren dienen in zo'n situatie ondersteund te worden; denk bijvoorbeeld aan trainingworkshops of externe steun bij het invullen van de benodigde papieren.

Aandachtspunt 5: Maak duurzaamheid concreet

Hoewel duurzaamheid niet eenduidig is te operationaliseren, zijn zo concreet mogelijk uitgewerkte criteria noodzakelijk om de duurzaamheid van biomassa internationaal te kunnen monitoren.

Aandachtspunt 6: Voortrekkersrol Nederland duurzaamheidscriteria

Blijf als Nederland een voortrekkersrol vervullen op het terrein van duurzaamheidscriteria voor het gebruik van biomassa. Het gaat hierbij om de operationalisering, versterking van het internationaal draagvlak, het zoeken naar de meest geschikte monitoringaanpak en de reflectie op nut, noodzaak en neveneffecten.

6.2.3 Certificering van biomassa als maatschappelijke trend

De maatschappelijke roep om voor de productie van biobrandstof uit biomassa duurzaamheidscriteria op te stellen, staat niet op zichzelf. De afgelopen decennia vraagt de consument meer en meer om informatie aangaande het effect dat zijn consumptie heeft op de leefomgeving in andere landen. Dit heeft

geleid tot diverse typen van certificering van specifieke producten en ketens. Een bekend voorbeeld is, sinds 1988, het fair-trade keurmerk Max Havelaar. Ook de UTZ-certificering, eind jaren negentig opgericht door Guatemalteekse koffieboeren en Ahold, garandeert dat koffie, cacao en thee met dit keurmerk zijn geproduceerd onder goede werkomstandigheden (bijvoorbeeld geen kinderarbeid) en met respect voor het milieu. Als de Europese overheid duurzaamheidscriteria opstelt voor de productie van biobrandstoffen, past dat dan ook in een bredere maatschappelijke trend. Het is belangrijk om na te denken over de implicaties van deze trend op de wat langere termijn. Het concept bio-economie kan daarbij helpen, omdat duurzame inzet van biomassa daarin centraal staat.

Vanuit het streven naar een duurzame inzet van biomassa is het onlogisch om de ene vorm van biomassagebruik (in dit geval als brandstof) wel te certificeren en andere vormen (chemie, voedsel, kleding, medicijnen) niet. Ten eerste maakt biobrandstof maar een klein onderdeel van de wereldwijde biomassastromen uit; het merendeel betreft voedsel en veevoer. In 2007 werd er bijvoorbeeld maar 1,5 procent van de mondiaal beschikbare palmolie voor energie gebruikt (Regieorgaan EnergieTransitie, 2008). Daarnaast lijkt het niet te rechtvaardigen dat er geen regenwoud gekapt mag worden voor de productie van biomassa als dit bestemd is voor biobrandstof, maar wel als het bestemd is voor bioplastics. Toch is dat de huidige situatie: wie biobrandstoffen wil produceren, moet aan allerlei eisen voldoen; wie bioplastics wil maken niet. Het is te verwachten dat op den duur ook ander gebruik van biomassa aan duurzaamheidscriteria zal moeten beantwoorden. Als de bestaande criteria, die voor biobrandstoffen dus, een succes blijken, kunnen ze wellicht als model dienen voor deze uitbreiding. De eis om alle biomassa, dus zelfs alle voedselgewassen, te produceren in lijn met duurzaamheidseisen, zal waarschijnlijk een grote druk leggen op de productiecapaciteit van de beschikbare gronden omdat het zowel het gebruik van kunstmest en pesticiden aan banden legt, als de mogelijkheid om areaal uit te breiden. Het inzichtelijk maken van de ecologische en sociale begrenzingen van de biomassadraagkracht van onze aarde zou daarom grote gevolgen kunnen hebben voor consumptiepatronen en dus voor de westerse levensstijl.

Aandachtspunt 7: Op termijn duurzaamheidscriteria voor alle biomassa Ga ervan uit dat er op de lange termijn duurzaamheidscriteria zullen gelden voor alle gebruik van biomassa. De groeiende maatschappelijke roep om ketentransparantie en het streven naar een duurzame bio-economie wijzen erop dat dit in de toekomst zal gebeuren.

6.3. Geef de bio-economie een kans door al doende te leren

Het is een zeer lastige en complexe opgave om het huidige sociaal-economische systeem op fossiele basis om te vormen tot een bio-economie, gebaseerd op biomassa als duurzame grondstof. In de maatschappelijke discussie is de

vraag aan de orde of de bestaande sociaal-economische infrastructuur een springplank of juist een belemmering vormt voor een duurzame bio-based economy. Deze paragraaf onderzoekt hoe met lef en vallen en opstaan stappen gezet kunnen worden naar een duurzame bio-economie door biomassatoepassingen slim in te passen in het bestaande systeem.

Al doende leren, met voorzorg

In hoofdstuk 3 beschreven we twee standpunten: *learning by doing* versus handelen volgens het *voorzorgsprincipe*. Volgens het eerste standpunt – met name vertolkt door het bedrijfsleven – is de economie niet zomaar te veranderen. Bestaande economische middelen en structuren zijn nodig om te komen tot nieuwe technologieën. Vanuit deze visie kun je bijvoorbeeld kennis over de raffinage van olie en distributie van brandstof goed gebruiken om biobrandstoffen te ontwikkelen en te transporteren. Voor de chemische sector geldt hetzelfde. Op deze manier vormen de bestaande economische structuren een eerste stap op weg naar een andere, duurzamere bio-economie. Begin bijvoorbeeld met een biologische grondstof waar al veel kennis over beschikbaar is, zoals suikers uit voedselgewassen, en gebruik die om de bestaande structuren te vergroenen. Zo'n geleidelijke overgang kan ons al doende de ogen openen voor de mogelijkheden die groene grondstoffen ons bieden. Op deze manier kunnen bijvoorbeeld een aantal chemische toepassingen van biomassa voortkomen uit kennis over de productie van de eerste generatie biobrandstoffen.

Binnen de andere visie – voornamelijk vertolkt door milieuorganisaties – vormt de eerste generatie biobrandstoffen een belemmering om tot een werkelijk duurzame economie te komen. Om te beginnen vergroenen de eerste biobrandstoffen de economie helemaal niet, omdat hun CO₂-uitstoot vaak nog groter is dan die van fossiele grondstoffen. Dit is met name te wijten aan bosvernietiging bij het ontginnen van nieuwe landbouwgronden. Tevens bestaat het risico dat deze onduurzame vorm van een bio-economie zo succesvol wordt dat ze maar heel lastig te veranderen is. De angst is dat de producenten van deze eerste generatie biobrandstoffen, als ze hun marktaandeel eenmaal veroverd hebben, dit met alle middelen – dus ook politieke – zullen verdedigen. Nu al bestrijdt Maleisië, een grote producent van palmolie, de strenge klimaat-eisen die aan biobrandstoffen gesteld worden. Tenslotte wijst men erop dat de huidige technologie van de eerste generatie voor het produceren van biobrandstoffen vaak niets van doen heeft met de technologieën van de tweede of derde generatie. De productie van biodiesel uit palmolie en uit houtsnippers volgen bijvoorbeeld twee heel verschillende procedés.

Beide visies bevatten wijze lessen en lijken elkaar eerder aan te vullen dan uit te sluiten. De tweede visie waarschuwt voor maatschappelijk ongewenste *lock-in* effecten: het stimuleren, onder het mom van duurzaamheid, van onduurzame praktijken. De eerste visie benadrukt het al doende zoeken naar kansen en onderstreept de rol van serendipiteit. Het historische hoofdstuk 5 laat zien dat

toevallige gebeurtenissen niet alleen bij technische innovatie een rol spelen, maar ook bij sociale, economische en culturele veranderingen. Zo effende het gebruik van guano de weg voor de introductie van op aardolie gebaseerde kunstmest. Een innovatie kan dus als 'breekijzer' fungeren voor latere, betere toepassingen. Het is nuttig om op die manier naar de huidige, onvolmaakte generatie van biobrandstoffen te kijken. Het bovenstaande illustreert dat deze eerste generatie deels wel, maar deels ook niet de technische stap naar de volgende generaties voorbereidt. Vanuit politiek en maatschappelijk oogpunt speelt de huidige generatie biobrandstoffen wel duidelijk de rol van breekijzer. Ze heeft een beleidsdiscussie over duurzaamheidscriteria losgemaakt en entameert ook een fundamentele discussie over de relatie tussen bio-economie en duurzaamheid. In de vorige paragraaf, 6.2., is het streven naar een duurzame bio-economie met name vanuit het voorzorgsprincipe bekeken. In deze paragraaf stellen we het kansenperspectief centraal en houden we een pleidooi om al doende te leren.

Aandachtspunt 8: Eerste generatie als wegbereider

Gebruik de eerste generatie biobrandstoffen als wegbereider voor efficiëntere oplossingen. Deze eerste generatie biedt kansen om ons, op basis van de bestaande sociaal-economische infrastructuur, voor te bereiden op het gebruik van andere bio-grondstoffen. Zo verwerven we meer inzicht in de eigenschappen van biomassa, kunnen we experimenteren met duurzame landbouw stimuleren en krijgen we zicht op het complexe maatschappelijke debat en op manieren om met diverse issues om te gaan.

Slimme inpassing van biomassatoepassingen

Het ideaal van een bio-based economy is niet te bereiken zonder veranderingen in de sociaal-economische infrastructuur. De technieken en productiesystemen waar de meeste duurzaamheids- en efficiëntiewinst van te verwachten zijn, vergen aanpassingen in die infrastructuur. Het historische hoofdstuk laat het belang zien van de sociotechnische en economische context voor innovatie. Die context vormt vaak een barrière. Als de sociale context niet rijp is voor een nieuwe technologie, zal deze geen ingang vinden, of slechts met vertraging. Zo vond de omschakeling naar een fossiele economie pas plaats toen het landeigendom goed werd vastgelegd en wetenschappelijke kennis doelgericht aan boeren werd overgedragen. Toch biedt de context vaak ook tal van mogelijkheden voor (soms baanbrekende) innovaties. Om economie en duurzaamheid te integreren in een bio-economie, moet er gewerkt worden aan de slimme inbedding van biomassatoepassingen in het sociaal-economische systeem. Pas biomassaproductie bijvoorbeeld zo in dat het een gering beslag legt op land. Zo kan jatrofa als omheining gebruikt worden voor bestaande landbouwgronden, en hoeft dan dus geen beslag te leggen op extra land.

Dat neemt niet weg dat ook dit soort slim gebruik op andere vlakken om structurele veranderingen vraagt. De productie van biomassa op de bovengenoemde manier vraagt bijvoorbeeld om een meer diffuse verzamelinfrastructuur en dus een andere logistiek dan die voor voedselgewassen. Ook het efficiënt benutten van afvalstromen vereist nieuwe vormen van samenwerking en logistieke structuur. Het gaat dan vaak om sectoren die elkaar nu nog slechts mondjesmaat weten te vinden, zoals de landbouw en de chemie. De benodigde vernieuwingen hebben betrekking op uiteenlopende zaken. Petrochemische en agrarische productielijnen moeten anders worden georganiseerd om reststromen beter te kunnen benutten. Investerings in infrastructuur zijn nodig in de productiegebieden van biomassa, zeker in ontwikkelingslanden. De wetgeving over afvalverwerking zal eveneens passend gemaakt moeten worden. Ook financiële ondersteuning, bijvoorbeeld in de vorm van belastingvoordelen, is in dit stadium een goede optie, met name om slimme, geïntegreerde vormen van biomassaverwerking, zoals bioraffinage voor meerdere toepassingen, en zogeheten toepassingen van de tweede en derde generatie te stimuleren. Er moet dus ruimte en ondersteuning zijn voor ingrijpende vormen van innovatie en het moet aantrekkelijk worden om te investeren in efficiëntere toepassingen van biomassa. Mocht het in de toekomst bijvoorbeeld mogelijk worden om personenauto's op huishoudelijk afval of menselijke uitwerpselen te laten rijden (zoals nu al gebeurt met sommige stadbussen), dan zouden zeker nog radicalere veranderingen in de infrastructuur nodig zijn.

Aandachtspunt 9: Slimme inbedding

Ondersteun de slimme sociaaleconomische inbedding van biomassatoepassingen in het bestaande systeem, om zo de opkomst van een duurzame bio-economie te stimuleren.

6.4. Tussen biologie en technologie

Hoofdstuk 4 liet zien dat in een bio-economie voor zowel witte als groene biotechnologie een sleutelrol is weggelegd. Het is van belang om de rol van biotechnologie zichtbaar en bespreekbaar te maken. Het debat over gentechologie maakt deel uit van een bredere fundamentele discussie over de relatie tussen mens, technologie en natuur. Deze discussie speelt een belangrijke rol bij de maatschappelijke acceptatie van de bio-economie. Daarom dienen de verschillende noties van 'natuurlijkheid' die verweven zijn met percepties van de bio-economie, verhelderd te worden en een prominente plek te krijgen in de discussie.

De rol van biotechnologie

Bij het gebruik van biomassa voor de productie van medicijnen en biochemicaliën, biomaterialen en biobrandstoffen spelen genetisch gemodificeerde micro-organismen een belangrijke rol, evenals met behulp van genetische

modificatie vervaardigde enzymen. Innovatie op het gebied van de industriële biotechnologie is voor de verdere ontwikkeling van een bio-economie dan ook van groot belang. Over deze tak van technologie bestaat maatschappelijk weinig onenigheid. Als deze kan bijdragen aan vergroening van de chemie en het sluiten van ketens op basis van biochemische conversie, zal hij ook in de toekomst zeer waarschijnlijk op maatschappelijk draagvlak kunnen rekenen. Zoals het in hoofdstuk 4 genoemde Europese publieksonderzoek liet zien, blijkt de verwerking van biomassa voor energiedoelinden op de nodige publieke steun te kunnen rekenen, ook als daar genetische modificatie aan te pas (Europese Commissie, 2010). Onderzoek naar de publieke waardering van synthetische biologie laat eveneens steun zien voor energiegerichte toepassingen.

Het beeld ziet er anders uit als we kijken naar de rol van genetische modificatie in de groene biotechnologie. Farmagewassen stuiten internationaal op fel verzet van maatschappelijke organisaties, zo bleek in hoofdstuk 4. En hoewel er op verschillende fronten wordt gewerkt aan genetische modificatie van planten en algen om deze meer geschikt te maken als productiegewas voor biobrandstof en bioraffinage, blijft het Europese toelatingsbeleid vooralsnog een belangrijke hindernis voor het telen van deze GM-gewassen in Europa. Toepassingen van groene biotechnologie op basis van genetische modificatie zullen – meer dan andere geavanceerde plantenveredelings technieken – naar alle waarschijnlijkheid maatschappelijke weerstand blijven oproepen. Dit geldt overigens ook voor toepassingen waarbij ‘gesynthetiseerde’ micro-organismen in het milieu worden gebracht. In hoofdstuk 3 blijkt dat maatschappelijke organisaties deze vormen van biotechnologie veelal als onverenigbaar zien met duurzaamheid als centrale waarde in een toekomstige bio-economie, en wel vanwege de mogelijke ecologische en ook sociale gevolgen. Organisaties als de internationale ETC group en Friends of the Earth hebben zich in rapporten over de bio-based economy dan ook uitgesproken tegen het gebruik van genetisch gemodificeerde planten en algen.

Bij de verdere ontwikkeling van de bio-economie zullen witte en groene biotechnologie meer op elkaar betrokken raken. Met het oog op de zeer verschillende maatschappelijke waardering ervan doet de overheid er verstandig aan om beide toepassingsgebieden van genetische modificatie in het beleid toch nadrukkelijk van elkaar te blijven onderscheiden. Dat betekent op de eerste plaats dat de overheid heel goed duidelijk moet maken onder welke voorwaarden groene biotechnologie en toepassing van genetische modificatie een rol kunnen spelen in de toekomstige ontwikkeling van een bio-economie. Die voorwaarden zullen zichtbaar moeten zijn in de duurzaamheidscriteria en de daarmee verbonden regelgeving. De overheid doet er bovendien goed aan om over deze kwestie intensief en open te communiceren met diverse betrokken maatschappelijke organisaties.

Aandachtspunt 10: Groene versus witte biotechnologie

Blijf nadrukkelijk onderscheid maken tussen toepassing van genetische modificatie in de industriële biotechnologie (witte biotechnologie) en plantenbiotechnologie (groene biotechnologie). Met name voor de inzet van GM-planten zijn duurzaamheidscriteria en maatschappelijke acceptatie kritische succesfactoren bij de verdere ontwikkeling van een bio-economie.

Bio-economie en beelden van natuurlijkheid

De bio-economie roept een scala van associaties over natuur en landbouw op. Hoofdstuk 3 schetste drie extreme posities die het debat omspannen: een romantisch, een gebruikers- en een controleperspectief op de natuur. Deze visies verschillen van elkaar op punten als hun mate van vertrouwen in de industrie, in wetenschappelijke ontwikkelingen en in het menselijk vermogen de natuur te controleren. Met name noties van natuurlijkheid spelen bij de verschillende posities een hoofdrol. De drie culturele visies zetten ieder het concept van de bio-economie in een ander daglicht.

In de huidige discussie is niet helder welke visie wordt nagestreefd. Dat zorgt ervoor dat het concept van de bio-economie met twee tegenstrijdige beelden verbonden is: creëert ze een samenleving die dichter bij de natuur staat of juist één die de natuur totaal onderwerpt? Ze kan gezien worden als een groene en harmonieuze, maar ook als een mechanistische, ziellose en industriële economie. Deze laatste variant, het controleperspectief op de bio-economie, voedt de argwaan van vele maatschappelijke organisaties. Met name de Canadese ETC group – tevens een fel tegenstander van genetisch gemodificeerde gewassen – ageert ertegen op basis van dit beeld. Deze argwaan zal nog toenemen indien GM-planten een belangrijke rol blijkt te gaan spelen in de bio-economie. Om helderheid te scheppen over haar koers is het van belang dat de overheid haar achterliggende perspectief op de bio-economie expliciet maakt. Gebeurt dat niet, dan kan bij het brede publiek het vermoeden ontstaan dat het harmonieuze groene beeld misbruikt wordt om een veel minder idyllische werkelijkheid te verkopen. Het risico is dat er dan een ‘groene retoriek’ ontstaat die allerlei bio-economische activiteiten een ‘groen aura’ verleent, terwijl ze niet per se duurzaam zijn in de brede zin van het woord. Zo’n retoriek zal veel weerstand oproepen van maatschappelijke organisaties – een herhaling van het scenario dat zich rondom biobrandstoffen heeft afgespeeld.

Aandachtspunt 11: Noties van natuurlijkheid

De overheid dient haar perspectief op de relatie tussen de bio-economie en natuurlijkheid expliciet en helder te maken. Op deze wijze kunnen de verschillende noties van natuurlijkheid onderwerp van politiek en publiek debat worden.

6.5. De tweeledige innovatie-uitdaging

In hoofdstuk 4 kwam naar voren dat er verschillende opvattingen zijn over de economische en innovatieve rol van Nederland bij de ontwikkeling van een bio-economie. Moet Nederland zich ontwikkelen tot een mondiale speler op alle niveaus van de waardepiramide? Of moet het zich juist concentreren op kennisintensieve innovatie en productie van hoogwaardige producten in de bio-economie? Deze discussie verwijst naar twee verschillende scenario's (Hoefnagels e.a., 2009). Het ene scenario gaat uit van een internationaal georiënteerde ontwikkeling gebaseerd op grootschalige invoer van biomassa uit verschillende delen van de wereld. Het andere scenario betreft een nationaal en Europees georiënteerde ontwikkeling op basis van biomassa die in Europa wordt geproduceerd. De scenariostudie laat zien dat, wil de bio-economie echt een kans hebben, beide ontwikkelingen niet zonder elkaar kunnen. Wel hebben de twee scenario's verschillende consequenties voor de uitdagingen die we hebben benoemd. Een beleid dat inzet op Nederland als mondiale speler vraagt om bijzondere aandacht voor duurzaamheid, waarbij voorzorg voorop zal moeten staan. Een beleid gericht op kennisintensieve innovatie zal maximaal ruimte kunnen en moeten geven aan het al doende leren bij het ontwikkelen van slimme biomassatoepassingen en bij de daarmee verbonden transities.

Aandachtspunt 12: Combineer nationale lef en internationale voorzorg. Zoek de kansen voor Nederland in een zowel nationaal als mondiaal georiënteerde bio-economie. Die eerste vraagt om lef, de tweede vooral om voorzorg.

6.6. Slotwoord: Naar een bio-economie met toekomst

Zowel economisch als ecologisch draagt de bio-economie grote beloftes in zich. Onze studie laat zien dat de bio-economie alleen echt toekomst heeft als ze ecologisch duurzaam en sociaal rechtvaardig is en ze maatschappelijk ondersteund wordt. Vanuit economisch en ecologisch oogpunt biedt de uitdaging om biomassa op een slimme, efficiënte manier in te zetten gigantische kansen. Voor het optimaal verwaarden van biomassa is er tevens een zeer groot maatschappelijk draagvlak. Het streven naar een in brede zin duurzame bio-economie loopt echter tegen vier flinke barrières aan. Die barrières komen ten dele voort uit de geschiedenis van het gebruik van biomassa. De bio-economie komt niet uit de lucht vallen. Ze borduurt voort op bestaand beleid en bestaande technologieën waarbij biomassa voornamelijk dient voor energieopwekking. Deze 'voorlopers' van de bio-economie zijn van essentieel belang geweest voor de opkomst van de bio-economie, ze kunnen nu echter ook in de weg gaan zitten. De volgende aanbevelingen gaan over het succesvol vormgeven van de bio-economie, gegeven het bestaande gebruik van biomassa en bijbehorende technologieën en het maatschappelijk speelveld.

Ten eerste is bio-economiebeleid op dit moment niet sturend. Dat wil zeggen

dat het streven naar optimale verwaarding van biomassa beleidsmatig nog niet richtinggevend is. Ten tweede moet dit streven verankerd worden in een breed gedragen omschrijving van duurzaamheid binnen de bio-economie. Het operationaliseren van duurzaamheid door middel van het opstellen van duurzaamheidscriteria is een lastige uitdaging, maar toch noodzakelijk. Ten derde zijn veel eerste generatie biobrandstoffen zowel vanuit ecologisch als sociaal perspectief onduurzaam. Dit ondermijnt de maatschappelijke acceptatie voor een verdere inzet van biomassa, en roept ook de vraag op of een duurzame bio-economie wel via de huidige weg van de eerste generatie brandstoffen loopt. Dit laatst creëert een lastig innovatiedilemma, waar bedrijfsleven en milieuorganisaties verschillend tegen aan kijken. Het vierde obstakel betreft de rol van genetische modificatie. Realisering van een bio-economie kan niet zonder genetische modificatie, maar het gebruik van GM gewassen is tot op de dag van vandaag omstreden. Gelet op de genoemde kansen en vier barrières formuleert dit slotwoord vier aanbevelingen om te komen tot een bio-economie met een echte toekomst.

Maak bio-economiebeleid sturend

Het beleid op het gebied van biomassa is op dit moment versnipperd (aandachtspunt 2). Een beleidslijn stimuleert het gebruik van biobrandstoffen. Een ander deel mikt op het bijstoken van biomassa in energiecentrales. Deze twee oudere beleidslijnen hebben de basis gelegd voor nieuwe vormen van gebruik van biomassa in onze samenleving en zodoende de bio-economie een impuls gegeven. Het bio-based economy beleid propageert optimale verwaarding van biomassa. De bio-economie is een waardevol integrerend beleidsconcept vanwege haar streven om biomassa voor meerdere doelen tegelijkertijd in te zetten. Welke toepassing van biomassa voorrang heeft wordt daarbij bepaald door ecologische en economische overwegingen. Wil de bio-economie een kans maken, dan moeten de oudere beleidslijnen worden ingepast in het bio-based economy beleid en de dynamiek van optimale verwaarding (aandachtspunt 1).

Aanbeveling 1

Maak de bio-economie tot een leidend beleidsconcept en zorg dat er een duidelijke ministeriele verantwoordelijkheid aan verbonden is.

Operationaliseer ecologische en sociale duurzaamheid

De belofte van de bio-economie is sterk verbonden met haar veronderstelde duurzaamheid. Voor consumenten en producenten is die duurzaamheid een uniek *selling point*. Dat onderstreept dat de bio-economie, wil ze levensvatbaar zijn, die duurzaamheidsbeloftes ook moet waarmaken. Duurzaamheid moet hierbij als een breed ideaal gezien worden, dat ook kwesties als sociale rechtvaardigheid omvat (aandachtspunt 4).

Door middel van duurzaamheidscriteria wordt gepoogd de duurzaamheid van de bio-economie te garanderen. Dat valt echter nog niet mee. Daarvoor zijn twee belangrijke redenen aan te wijzen. Ten eerste bemoeilijkt de vervlechting met onduurzame landbouwsystemen de overgang naar een duurzame bio-economie (aandachtspunt 3). Ten tweede is er onenigheid over wat duurzaamheid precies inhoudt en wanneer de bio-economie dus geslaagd is als duurzaam project. Toch is het belangrijk dat duurzaamheid van biomassa gegarandeerd kan worden, anders zal de markt voor biobased producten niet van de grond komen. Dit vraagt om een constant leerproces (aandachtspunten 5, 6 en 7).

Het uitdragen van de duurzaamheidsboodschap door de overheid en (delen van) de industrie is daarbij niet genoeg. Zonder de steun en betrokkenheid van natuur- en milieuorganisaties en ontwikkelingsorganisaties kan het vertrouwen van het bredere publiek in de duurzaamheid van de bio-economie gemakkelijk worden ondermijnd. Tegelijkertijd moet duurzaamheid internationaal worden geoperationaliseerd omdat de bio-economie bij uitstek een mondiale aangelegenheid is. De duurzaamheid van de bio-economie moet op zo'n manier vormgegeven worden dat alle betrokken partijen het kunnen onderschrijven.

Aanbeveling 2

Maak het operationaliseren van duurzaamheid van het gebruik van biomassa tot een continu leerproces. Betrek daarbij in internationaal verband een breed scala aan maatschappelijke organisaties.

Beoordeel technologie op basis van duurzaamheidscriteria

In de discussie over de bio-economie en innovatie speelt het denken in eerste, tweede en derde generatie technologieën een belangrijke, maar vaak verhullende rol. Er is veel discussie over de vraag of de huidige 'eerste generatie' biobrandstoffen duurzaam zijn. Een belangrijk zorgpunt betreft de daadwerkelijke CO₂-reductie over de gehele keten en de concurrentie met voedsel. Velen verwachten haast vanzelfsprekend meer duurzaamheid van de tweede en derde generatie technologieën, omdat deze als grondstof meestal niet-eetbare plantendelen of algen hebben. Er zijn drie onderliggende aannames in het generatiedenken waar we vraagtekens bij willen zetten.

Ten eerste is het te vroeg om het gebruik van alle eerste generatie biobrandstoffen weg te zetten als onduurzaam. Hier geldt het pragmatische devies "eerst meten dan weten". Beoordeel iedere specifieke toepassing op basis van objectieve duurzaamheidscriteria. Ten tweede staat het niet zonder meer vast dat tweede of derde generatie toepassingen inderdaad duurzamer zullen zijn. Bij de eerste generatie biobrandstoffen werden de negatieve neveneffecten pas duidelijk in het gebruik, dat zal voor volgende generaties eveneens gelden. Iedere toepassing zal op zijn eigen merites moeten worden beoordeeld. Breed gedragen duurzaamheidscriteria bieden daarvoor het handvat. Ten derde vormt

de eerste generatie niet vanzelf een opstapje naar tweede en derde generaties. Velen vrezen dat de economische belangen en structuren die zich nu vormen rond de eerste generatie de toegang van innovaties tot de samenleving zullen blokkeren.

Voor dit moment kunnen we echter concluderen dat de huidige eerste generatie toepassingen onze ogen hebben geopend voor zowel de mogelijkheden van biomassa als de vele sociale en ecologische kwesties die daarbij om de hoek komen kijken. Dit leren door 'schade en schande' kan het perspectief van een levensvatbare, duurzame bio-economie dichterbij brengen als de overheid en andere partijen lering trekken uit de eerste generatie toepassingen, juist op het punt van duurzaamheid (aandachtspunten 8 en 9). Als dat niet gebeurt, is de belofte van 'learning by doing' niets meer dan een groen rookgordijn rond de eerste generatie biobrandstoffen. Dat zou de nekslag voor de bio-economie betekenen.

Aanbeveling 3

Ga er niet blindelings vanuit dat eerste generatie toepassingen van biomassa onduurzaam zijn en tweede en derde generatie toepassingen duurzaam. Beoordeel de merites van iedere technologie aan de hand van (objectieve) duurzaamheidscriteria. Trek lessen uit de huidige problemen met eerste generatie biobrandstoffen en laat zien hoe deze op te lossen zijn.

Omgang met de inzet van GM-gewassen

Genetische modificatie is volgens velen een sleuteltechnologie voor een efficiënte bio-economie, maar kan ook haar achilleshiel blijken als er niet voorzichtig mee wordt omgegaan (aandachtspunt 10). Ook voor GM gewassen moet duidelijk zijn dat ze voldoen aan de criteria van duurzaamheid, bijvoorbeeld door aan te tonen dat ze bijdragen aan een efficiënter gebruik van biomassa. Maar zelfs als GM gewassen in instrumentele zin voldoen aan criteria van duurzaamheid is maatschappelijke acceptatie nog niet verzekerd. Het verzet tegen gentechnologie heeft namelijk ook te maken met noties van natuurlijkheid (aandachtspunt 11). Duurzaamheid is in de bio-economie vooral een kwestie van efficiënte omgang met grondstoffen met behulp van technologie en van meetbare criteria. Zoals boven is betoogd, heeft zo'n technocratische benadering waarde, aangezien er behoefte is aan een zo objectief mogelijk omschrijving van duurzaamheid. Tegelijkertijd kan deze benadering echter botsen met de andere percepties van 'groen' of 'duurzaam' waarin bijvoorbeeld een ideaal van harmonie met de natuur centraal staat. In deze benadering hoeft de natuur niet efficiënter of beter gemaakt te worden, maar gaat het vooral om het respecteren van de eigenheid van de natuur.

Bij het ontwikkelen van de bio-economie moet duidelijk zijn welke notie van

duurzaamheid centraal staat. Op die manier zullen tegenstanders van gentech- nologie niet het gevoel krijgen dat er valse beloftes gedaan worden omtrent de inzet van gentechologie, waardoor er in ieder geval een basis is voor vertrou- wen in goede bedoelingen van voorstanders van gentechologie. Blijf daarbij nadrukkelijk onderscheid maken tussen groene en witte biotechnologie (aan- dachtspunt 10).

Aanbeveling 4

Het is niet genoeg dat de overheid laat zien hoe gentechologie kan bijdragen aan duurzaamheid. De overheid dient ook helder aan te geven welke opvattingen over natuurlijkheid en duurzaamheid zij hanteert.

Referenties

Biomassa, hot issue (2008) Regieorgaan Energie Transitie. Den Haag

Eurobarometer 73.1: Biotechnology. Special Eurobarometer 34.1 / Wave 73.1 – TNS Opinion & Social. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_341_en.pdf (2010) European Commission .

Over de auteurs

Dr. Lotte Asveld is sinds 2007 als senior onderzoeker werkzaam bij het Rathenau Instituut, waar zij zich bezighoudt met de biobased economy en zorgtechnologie. Lotte is opgeleid als cultuurwetenschapper aan de Universiteit Maastricht. Ze promoveerde in 2008 aan de Technische Universiteit Delft bij de sectie filosofie, op ethische vraagstukken rond technologische ontwikkelingen. Haar proefschrift gaat over technologische risico's en respect voor autonomie.

Dr. Rinie van Est werkt sinds augustus 1997 voor het Rathenau Instituut. Hij signaleert nieuwe ontwikkelingen op het raakvlak van wetenschap, technologie, politiek en samenleving. Rinie houdt zich bezig met opkomende technologieën als nanotechnologie, biotechnologie, informatietechnologie en hersenwetenschappen. Rinie van Est studeerde technische natuurkunde aan de TU Eindhoven en politicologie aan de Universiteit van Amsterdam (UvA). In 1999 promoveerde hij op het bestuurskundige proefschrift *Winds of Change*, over de interactie tussen politiek, technologie en economie op het gebied van windenergie in Californië en Denemarken. Naast zijn werk bij het Rathenau Instituut doceert Rinie van Est *Technology Assessment* en *Foresight* aan de subfaculteit Technische Innovatiewetenschappen van de TU Eindhoven.

Doenja Koppejan MSc is momenteel werkzaam als beleidsadviseur Natura 2000 bij het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Daarvoor werkte ze twee jaar als Rijkstrainee bij het ministerie LNV. Tijdens haar tijd als trainee werd ze als onderzoeker gedetacheerd bij het Rathenau Instituut. Ze studeerde in 2008 cum laude af in de studierichting Milieu- maatschappijwetenschappen aan de Radboud Universiteit Nijmegen.

Dr. Dirk Stemerding (1951) is sinds oktober 2008 als senioronderzoeker werkzaam bij de afdeling *Technology Assessment* van het Rathenau Instituut. Hij houdt zich bezig met ontwikkelingen op het gebied van de biotechnologie, genomics en synthetische biologie. Dirk is opgeleid als bioloog en promoveerde aan de Universiteit Maastricht op een proefschrift over de geschiedenis van de biologie. Sindsdien heeft Dirk zich als universitair docent en onderzoeker aan de Universiteit Twente op uiteenlopende manieren bezig gehouden met vraagstukken op het snijvlak van biowetenschap en samenleving. Als lid van twee commissies van de Gezondheidsraad heeft Dirk meegewerkt aan adviezen op het terrein van preconceptiezorg (2007) en bevolkingsonderzoek (2008).

Dr. ir. Frank Veraart (1970) is techniekhistoricus en als universitair docent transitiestudies verbonden aan de School of Innovation Sciences aan de Technische Universiteit Eindhoven. Hij heeft gepubliceerd over de ontwikkeling van de ICT en diverse bijdragen geleverd aan het project Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Sinds 2009 is hij betrokken bij het project Geschiedenis van de Duurzaamheid in Nederland in het kader van de Studies in Sustainable Transition serie.

Huib de Vriend adviseert met zijn bureau LIS (Life sciences, Innovation & Society) Consult over maatschappelijk verantwoorde innovatie in de biotechnologie. Hij studeerde Cultuurtechniek in Wageningen en is vijftientig jaar actief in het maatschappelijk debat over gentechnologie. Met diverse publicaties en activiteiten droeg hij bij aan de agendering van de gentechnologie en de behartiging van de belangen van consumenten. Hij verrichtte onderzoek naar regelgeving, innovatie, duurzaamheid, veiligheid, keuzevrijheid en publieksperecepties en publiceerde over de maatschappelijke betekenis van nieuwe ontwikkelingen in de gentechnologie en genomics.

Geïnterviewden

Roel Bol, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit,
Interdepartementaal Programma 'Biobased Economy'

Harriëtte Bos, Wageningen UR (University & Research centre)

Ewald Breunese, Shell

Geert van Grootveld, Ministerie van Economische Zaken, Energietransitie

Marieke Harteveld, Platform Groene Grondstoffen, SenterNovem

Jan Hein Hoitsma, Solarix

Madelon Meijer, Oxfam Novib

Patricia Osseweijer, Kluyver Centre

Erik van Seventer, Wageningen UR (University & Research centre)

Willem Wiskerke, Stichting Natuur en Milieu

Samenstelling adviescommissie

Drs. Wim van Velzen: o.a. voormalig voorzitter van het bestuur van het Rathenau Instituut en lid van de Commissie van Wijzen Innovatie en Kennis (voorzitter)

Erik van Seventer MSc: DLO-BU manager Agrotechnology & Food Sciences Group, Biobased Products, Wageningen Universiteit.

Prof. Dr. Ir. Patricia Osseweijer: hoogleraar Wetenschapscommunicatie, Kluyver Centre, Technische Universiteit Delft.

Drs. Willem Wiskerke: Coördinator Biomassa, Stichting Natuur & Milieu

Drs. Roel Bol: Directeur programma Bio-based Economy Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Drs. Leen van den Oever: directeur NIBI (Nederlands Instituut voor Biologie)

Wie was Rathenau?

Het Rathenau Instituut is genoemd naar professor dr. G.W. Rathenau (1911-1989). Rathenau was achtereenvolgens hoogleraar experimentele natuurkunde in Amsterdam, directeur van het natuurkundig laboratorium van Philips in Eindhoven en lid van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. Hij kreeg landelijke bekendheid als voorzitter van de commissie die in 1978 de maatschappelijke gevolgen van de opkomst van micro-elektronica moest onderzoeken. Een van de aanbevelingen in het rapport was de wens te komen tot een systematische bestuurdering van de maatschappelijke betekenis van technologie. De activiteiten van Rathenau hebben ertoe bijgedragen dat in 1986 de Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspectenonderzoek (NOTA) werd opgericht. NOTA is op 2 juni 1994 omgedoopt in Rathenau Instituut.

Van biobrandstoffen tot biopiepschuim, van bioplastic tot biomedicijnen: de bio-economie heeft veel te bieden. Fossiele grondstoffen als aardolie zijn vervuilend en bovendien eindig. Plantaardige grondstoffen zoals graan, hout en algen lijken goede vervangers. Op het eerste gezicht is de bio-economie veelbelovend.

Maar wat kunnen we nu precies verwachten van de bio-economie? Kan het ons een duurzame samenleving brengen? Kan Nederland een centrale speler zijn in de mondiale bio-economie? Biedt de bio-economie kansen voor zowel rijkere landen als ontwikkelingslanden?

Dit rapport laat zien dat de beloftes van de bio-economie niet zomaar werkelijkheid worden. De ontwikkeling van technologieën zoals genetische modificatie is slechts één onderdeel van het proces. Het bestaande economische krachtenveld zal moeten veranderen. Maatschappelijke acceptatie om de natuur in toenemende mate als grondstof te beschouwen is ook nodig. Dit rapport doet enkele handreikingen om de overgang naar een bio-economie al lerende vorm te geven.



ISBN 978-90-77364-37-6



9 789077 364376 >