

BIOBRANDSTOFFEN

Beter af met groene brandstof

Auto's en vrachtwagens kunnen niet alleen op benzine, diesel of gas rijden, maar ook op biobrandstoffen.

Dat bespaart fossiele brandstoffen en belast het milieu minder. In landen als Brazilië en de VS rijden auto's al op bio-ethanol uit suiker en mais, en in Duitsland en Zweden tanken sommige automobilisten biodiesel uit koolzaadolie. Nederland loopt daarbij achter, al maakt ons land sinds 2005 een inhaalslag.

Met de huidige generatie biobrandstoffen is de CO₂-emissie 50 procent lager. Nadeel van deze biobrandstoffen is dat relatief veel energie nodig is voor productie, transport en fabricage. Ook is veel landbouwgrond nodig voor de teelt van de benodigde energiegewassen. Het wachten is op de verbeterde tweede generatie op basis van houtige biomassa,

die naar verwachting de kooldioxide-uitstoot tot 80 à 90 procent zal verlagen. Onderzoekers werken hard aan deze geavanceerde 'klimaatneutrale' biobrandstoffen, maar voordat die in 2010 op de markt kunnen komen, zullen nog sterke technologische ontwikkelingen nodig zijn.

In deze Chemische Feitelijkeid

- De Context: De overheid wil het gebruik van biobrandstoffen stimuleren. Wat winnen we daarmee, en wat moet er gebeuren voor het zover is?
- De Basis: Hoe maken we de koolzaadolie geschikt als brandstof? En waarom moet de motor worden aangepast?
- De Diepte: De productie van biobrandstoffen kan veel efficiënter. Nieuwe conversiemethoden bieden uitkomst. |

Biobrandstoffen staan in het **brandpunt** van de belangstelling. Het kabinet wil het gebruik ervan vanaf 2006 extra stimuleren. Wat moet er gebeuren om op de groene brandstoffen te gaan rijden?

Een **beter** milieu begint bij de pomp

Biobrandstoffen, de naam zegt het al, zijn brandstoffen van biologische oorsprong. Anders dan fossiele brandstoffen als olie en aardgas worden ze gewonnen uit biologisch materiaal – ook wel biomassa genoemd. Daaronder vallen allerlei soorten organisch materiaal: variërend van hout, gras en mest tot groen tuinafval en suikerbieten. Een bekend voorbeeld is biodiesel, de methylester van koolzaadolie. Door de vetzuren uit de olie te laten reageren met methanol ontstaat deze ester.

Biobrandstoffen bestaan al meer dan honderd jaar. De uitvinder van de dieselmotor, Rudolf Diesel, liet aan het eind van de 19e eeuw zijn motoren al draaien op olie uit pinda's, ook een biobrandstof. En autofabrikant Henry Ford wilde begin vorige eeuw zijn vermaarde T-Fords laten rijden op bio-ethanol, maar stapte uiteindelijk toch over op fossiele benzine. Technisch gezien is het mogelijk een motor te laten lopen op een *blend*, dat is een fossiele brandstof waaraan een percentage biobrandstof is toegevoegd. Ero bijvoorbeeld, een mengsel van benzine en 10 procent bio-ethanol, kan zonder voor-



Vanaf volgend jaar ook 'groen' tanken in Nederland

zorgsmaatregelen de tank in. Gewone dieselmotoren rijden probleemloos op blends die 2 tot 20 procent 'groene' diesel bevatten.

Biodiesel wordt gemaakt uit oliehoudende gewassen zoals koolzaad, zonnebloemen, soja. De brandstof wordt of direct gebruikt als pure plantaardige olie (PPO) of als methylester. Bio-ethanol wordt gemaakt uit zetmeelhoudende gewassen zoals tarwe en suikerbieten en wordt als biocomponent toegevoegd aan gewone benzine. Er vindt op dit moment veel

onderzoek plaats naar methoden om de energie-inhoud van de biobrandstoffen hoger te maken. Voorbeelden zijn bio-ethanol uit houtachtige gewassen en zogeheten Fischer-Tropsch diesel. Deze 'tweede generatie' biobrandstoffen vormen een alternatief voor de bestaande biobrandstoffen, maar zullen naar verwachting pas na 2010 op de markt komen.

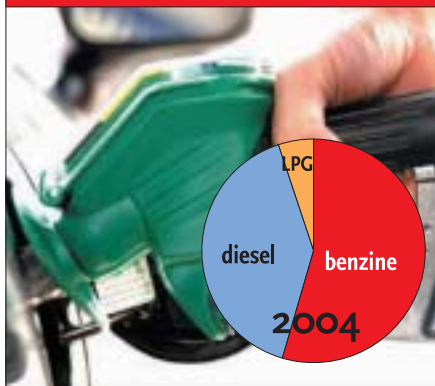
BROEIKASGAS

De voornaamste reden om biobrandstoffen te gebruiken is het verlagen van de uitstoot van kooldioxide (CO₂) door het verkeer. CO₂ is een broeikasgas dat ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Ook bij verbranding van biobrandstoffen komt dit gas natuurlijk vrij, maar dat is de CO₂ die de planten en bomen tijdens de groei hebben opgenomen. Via de fotosynthese wordt de opgenomen CO₂ omgezet in suikers, die vervolgens de basis vormen voor de biobrandstof. Bij verbranding daarvan komt diezelfde CO₂ weer vrij en is de koolstofdioxidecyclus gesloten. Dit heet 'klimaatneutraal': netto vindt er in dit geval geen uitstoot van CO₂ plaats.

Er zit echter een addertje onder het gras, want strikt genomen zijn biobrandstoffen niet helemaal klimaatneutraal. Dit hangt af van de soort biobrandstof en van de hoeveelheid fossiele brandstof die wordt gebruikt voor productie en transport. Toepassing van biobrandstoffen zorgt echter altijd voor minder CO₂-uitstoot.

De huidige biobrandstoffen, zoals biodiesel uit koolzaadolie of zonnebloemolie en bio-ethanol uit suikerbieten en mais, behoren tot de eerste generatie biobrandstoffen. Vergelijken met fossiele brandstoffen kunnen ze de uitstoot van kooldi-

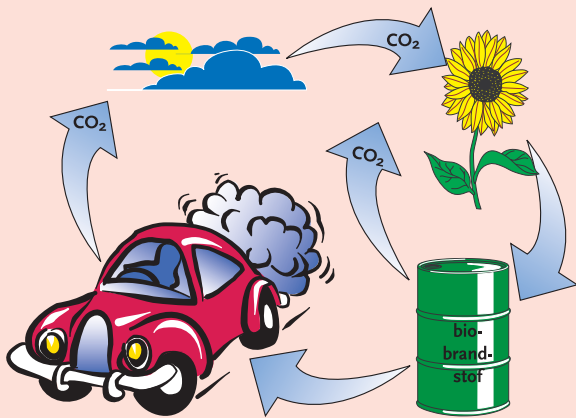
WAT WE TANKEN



In Nederland is in 2004 ruim 10 miljard liter motorbrandstoffen verkocht via tankstations, waarvan ruim de helft benzine. Het aandeel biobrandstoffen bedraagt in ons land nog maar enkele tienden van procenten, maar dat zal de komende jaren moeten veranderen. Volgens de EU-doelstelling moet in 2010 het aandeel biobrandstoffen in het vervoer 5,75% bedragen. |



KLIMAATNEUTRAAL



De CO₂ die tijdens de groei van planten en bomen wordt opgenomen, komt vrij bij gebruik van biobrandstoffen. Toch veroorzaken deze ook CO₂-emissies bij productie en transport. Om deze negatieve bijdrage zo veel mogelijk te beperken wordt veel aandacht besteed aan verbetering van conversieprocessen en vermindering van transport.

bio-ethanol. Om ook in Europa het gebruik van bio-brandstoffen te stimuleren heeft de Europese Commissie in 2003 een brandstoffenrichtlijn in het leven geroepen. De richtlijn verplicht de lidstaten zich in te spannen om biobrandstoffen voor het wegverkeer op de markt te krijgen. Vanaf 2007 geldt een verplichting voor leveranciers om twee procent van hun brandstoffen aan te bieden in de vorm van bio-brandstoffen. Om te voldoen aan de brandstoffenrichtlijn van de Europese Unie moet dit percentage in 2010 stijgen tot 5,75 procent.

Voor de productie van 'energiegewassen' is echter veel

oxide verlagen met maximaal 50 procent. Biobrandstoffen van de tweede generatie moeten die uitstoot verlagen met 80 à 90 procent.

STIMULANS

Behalve een bijdrage aan vermindering van de CO₂-uitstoot bieden biobrandstoffen een oplossing voor het dreigende tekort aan fossiele brandstoffen. Ook zijn er politieke belangen in het spel. Door meerdere energiebronnen te benutten worden we minder afhankelijk van olie en gas uit het Midden-Oosten. Brazilië produceert jaarlijks al vijftien miljard liter bio-ethanol en gebruikt die als transportbrandstof. De Verenigde Staten verbruiken jaarlijks ongeveer tien miljard liter

landbouwgrond nodig. Om tien procent van de brandstoffen in de transportsector te vervangen door biobrandstoffen op basis van koolzaad of zonnebloemen is dat bijvoorbeeld bijna de helft van het Europese landbouwersaantal, zo schat het Internationale Energie Agentschap. Vooral Frankrijk, Duitsland, Polen en Roemenië hebben potentieel veel akkerland beschikbaar voor energiegewassen. Nederland heeft hiervoor te weinig ruimte en is voornamelijk aangewezen op import van biomassa of biobrandstoffen.

AANTREKKELIJKER

Op dit moment zijn biobrandstoffen nog duurder dan fossiele brandstoffen, maar dat verschil zal naar verwachting verdwijnen de komende jaren. Fossiele brandstoffen zullen in de toekomst immers steeds schaarser worden, waardoor hun prijs stijgt. Biobrandstoffen worden hierdoor aantrekkelijker. Ook kan de prijs van biobrandstoffen dalen door ze efficiënter te produceren. Zo kan volgens een studie van ECN biodiesel uit koolzaad in 2010 bijna twee keer zo goedkoop zijn dan nu. Hierbij is aangenomen dat de biodiesel gemaakt wordt door grote fabrieken die goedkoop koolzaad uit Centraal- en Oost-Europa verwerken.

Ook dankzij fiscale maatregelen worden biobrandstoffen steeds aantrekkelijker. Al in 2003 rekende adviesbureau Ecofys uit dat pure bio-ethanol uit tarwe of suikerbieten ongeveer 0,60 euro per liter zou kosten als er geen accijns over betaald zou hoeven te worden. In 2006 trekt het kabinet 70 miljoen euro uit om mengsels van

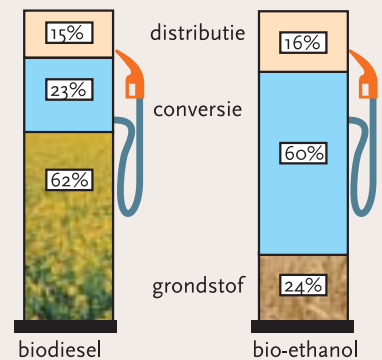
KOSTENPLAATJE

EURO	1,289
SUPER PLUS	1,339
DIESEL	989

Gemiddelde prijzen aan de pomp (november 2005).

De prijs van fossiele benzine en diesel is zonder accijns, heffingen en btw ongeveer gelijk. Gebaseerd op productie, distributie en marge kosten beide brandstoffen ongeveer € 0,35 per liter. De kostprijs voor biobrandstoffen ligt aanzienlijk hoger. De literprijs werd in 2003 geraamd op ongeveer € 0,60. Op basis van recente ontwikkelingen, zoals efficiëntere productiefabrieken en goedkopere grondstoffen, zal de kostprijs lager worden.

Voor biodiesel zitten de kosten vooral in de grondstof, terwijl voor bio-ethanol de conversie relatief duur is. In de berekeningen zijn inkomsten uit bijproducten afgetrokken van de kosten voor grondstoffen. Behalve dat de kostprijs voor een liter biobrandstof (nu nog) bijna tweemaal zo hoog is als voor een liter fossiele brandstof is ook de energetische waarde lager, waardoor de consument meer liters moet tanken. Om uit te komen op vergelijkbare prijzen voor de eindgebruiker moet voor biodiesel een vrijstelling op accijns worden verleend van € 0,45 per liter en voor bio-ethanol € 0,57 per liter.



Relatieve kosten voor productie en distributie van biodiesel uit koolzaad en bio-ethanol uit tarwe.

Ecofys rapport: Biofuels in the Dutch market, Novem, 2003

BESLAG OP LANDBOUWGROND

energiegewas	percentage
koolzaad	8,4 - 9,4
koolzaad en tarwe	7,6 - 13,1
suikerbieten en tarwe	4,7 - 10,0
suikerbieten en biomassa*	4,1 - 5,4
biomassa*	5,5 - 7,7

* houtachtige biomassa

Om in alle lidstaten te voldoen aan de EU-doelstelling (5,75% biobrandstof in 2010), is 4 tot 13% van de totale landbouwgrond nodig. Het percentage hangt af van het type landbouwgewas en de conversie-efficiëntie. Een evenredige mix van suikerbieten en houtachtige biomassa blijkt het voordeligst, terwijl koolzaad erg onvoordelig is.

Triglyceriden in plantaardige olie vormen de basis voor biodiesel. Vooral koolzaadolie wordt veel gebruikt. Maar pure olie is te stroperig om de motor gesmeerd te laten lopen. **Omzetting** tot methylesters doet wonderen.

Rijden op koolzaad

Koolzaadolie komt uit de zaden van de koolzaadplant *Brassica napus*, die in grote delen van Noord-Europa wordt geteeld. Onder meer in Duitsland, waar men vergevorderd is met de productie van koolzaadmethylester (KME) uit koolzaad. Ons land komt wat dit betreft pas kijken: sinds juli 2005 staat in Delfzijl de eerste Nederlandse 'koolzaadoliemolen'. Groningse boeren telen koolzaad en leveren dit aan de oliemolen, die olie uit de zaden perst. Vervolgens wordt de olie gefilterd en opgeslagen in tanks. Het persen gebeurt bij een temperatuur van circa 40 °C. Dit zogeheten koudpersen heeft als voordeel dat het weinig energie kost. Bovendien is de olie zuiverder doordat bij de filtratie allerlei verontreinigingen achterblijven in het restant. Deze koolzaadkoek is energierijk en kan als veevoer dienen, waardoor er geen restproducten overblijven.

Koolzaadolie bestaat uit een mengsel van triglyceriden. Dat zijn grote molecu-

len met een ruggengraat van glycerine, waaraan drie vetzuurstaarten zitten van bijvoorbeeld ericazuur, linolzuur, linoleenzuur of oliezuur. In principe kan dit mengsel als brandstof dienen in een gewone motor.

STROPERIG








Een probleem is dat door de triglyceriden koolzaadolie stroperiger is dan fossiele diesel die uit eenvoudige alkanen (C₉-C₂₅) bestaat. Daardoor loopt in een conventionele verbrandingsmotor de druk op en vloeit de biobrandstof moeizamer vanuit de tank naar de motor. Eenmaal in de motor laat de dikke olie zich bovendien lastig vernevelen in de cilinders, waardoor onvolledige verbranding plaatsvindt en er aanslag ontstaat op de wanden van de verbrandingskamer. Uiteindelijk levert dit verstoppingen op. Koolzaadolie voldoet dan ook nog niet aan de Europese kwaliteitsnorm voor dieselbrandstoffen. Daarom moet koolzaadolie

worden omgezet in de koolzaadmethylester die vergelijkbare eigenschappen heeft als minerale diesel.

In Europa is biodiesel inmiddels aan de pomp verkrijgbaar. Het percentage KME ligt hierbij tussen de twee en de twintig procent. Voor zo'n mengsel zijn geen aanpassingen nodig aan de dieselmotor. Een punt van aandacht vormt de lagere zuurgraad van KME in vergelijking met fossiele diesel. Hierdoor kunnen rubberen dichtingen en brandstofleidingen worden aangetast, waardoor ze eerder slijten en na verloop van tijd kunnen gaan lekken. Dit probleem valt op te lossen met dikke rubbers of door de onderdelen te vervangen door slijtvastere materialen als polyamide of fluorrubber. Overigens zijn sommige auto's al voorzien van deze materialen. Zij kunnen probleemloos rijden op KME, fossiele diesel of op mengsels van beide.

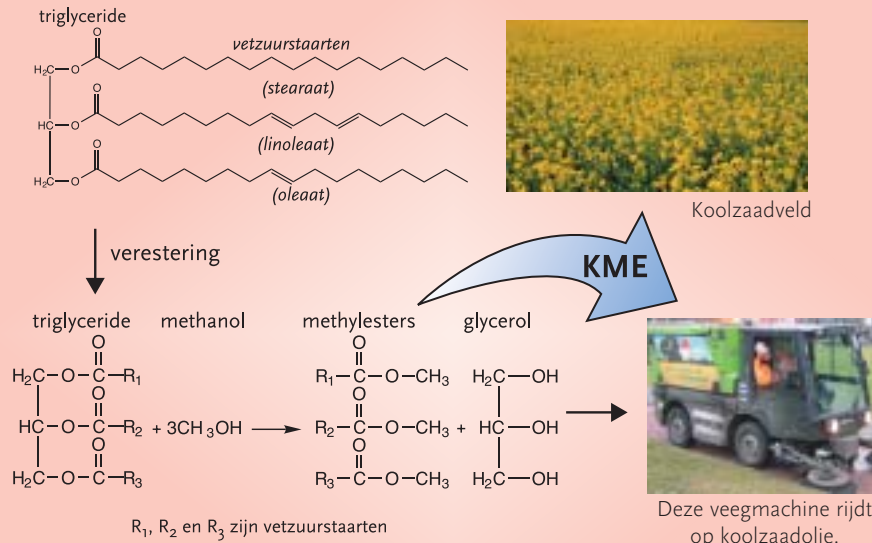
Het is ook mogelijk om op koolzaadolie te rijden zónder dat deze is veresterd.

EERSTE EN TWEDE GENERATIE BIOBRANDSTOFFEN

	eerste generatie				tweede generatie		
							
grondstof	suikerriet / mais / suikerbiet / tarwe / gerst	koolzaad / soja / zonnebloem	zonnebloem / koolzaad / soja	biomassa	stro / hout	biomassa	natte biomassa (GFT, hout, slib)
component	suikers	oliemethylester	olie	methaan	cellulose/suikers	CO en H ₂	organisch materiaal
conversie	biochemisch	chemisch	persen	biochemisch	biochemisch	Fischer-Tropsch synthese	Hydrothermal Upgrading
brandstof	bio-ethanol	biodiesel	pure plantaardige olie (PPO)	biogas	cellulose ethanol	diesel	biocrude

CHEMIE VAN BIODIESEL

VAN PLANT TOT TANK



Triglyceriden worden met een overmaat methanol omgezet in methylesters, waarbij glycerol als bijproduct ontstaat. Biodiesel uit koolzaadolie heet koolzaadmethylester (KME). Om er voor te zor-

gen dat de reactie volledig is wordt een overmaat methanol gebruikt. De overgebleven methanol moet later uit de ruwe biodiesel worden verwijderd.

Hiervoor moet de olie eerst worden verwarmd, zodat de vloeistof minder stroperig wordt. Dit kan door de dieselmotor uit te rusten met een warmtewisselaar die de olie verhit met warmte uit het koelsysteem van de motor. Hierdoor blijft de olie vloeibaarder en kan dus makkelijker worden verstoven. Ook zijn enkele andere technische aanpassingen nodig.

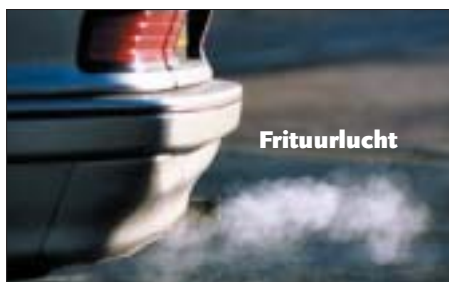
Zo'n aangepaste auto rijdt op 'pure plantaardige olie' hetzelfde als op fossiele brandstof. Voordeel is echter dat de uitlaatgassen geen zwavel of zware metalen bevatten en dat de uitstoot van roet is gehalveerd. Net als bij LPG in personenauto's werkt pure plantaardige olie het beste als de motor al even is warmge-

draaid. In de praktijk betekent dit dat men de motor start op gewone diesel, om na een paar minuten over te schakelen op koolzaadolie.

Sinds begin jaren negentig rijden pioniers al met aangepaste dieselmotoren op zuiver plantaardige olie. Nu de brandstofprijzen steeds hoger worden en koolzaadolie beter beschikbaar komt, neemt de animo toe om over te stappen. Hierdoor worden steeds meer dieselmotoren aangepast. Zo zijn er in Duitsland inmiddels al zestig ombouwstations en dit aantal groeit nog steeds. Bij onze oosterburen rijden naar schatting meer dan 75.000 omgebouwde voertuigen op plantaardige olie – variërend van personenauto's tot tractoren. Ook passen veel hobbyisten zelf hun motoren aan en wisselen ze hun ervaringen uit via internet.

SLAOLIE

Aantrekkelijk idee is dat autorijders met een voor plantaardige olie aangepaste dieselmotor in principe ook slaolie of zonnebloemolie kunnen tanken via flessen uit de supermarkt. Ze zijn immers niet afhankelijk van een tankstation zodra hun brandstof de bodem nadert. Nadeel is echter het afval in de vorm van de vele lege plastic flessen. Ook zal de prijs per liter hoger liggen dan voor koolzaadolie die in grote volumes beschikbaar is bij een groothandel.



Een omgebouwde dieselmotor die op plantaardige olie rijdt, produceert bij het starten een lichte oliebolle- of patatgeur, die verdwijnt zodra de motor warm is. De oorzaak hiervan is een onvolledige verbranding van de biobrandstof bij lagere temperaturen.

AANGEPASTE MOTOREN

Aanpassingen aan dieselmotor zijn niet nieuw. In 1973 ontwikkelde de Duitse wetenschapper Ludwig Elsbett een efficiënte en compacte dieselmotor speciaal voor het gebruik van plantaardige olie. Verbranding vindt niet plaats in de ruimte boven de zuigers, maar in tweedelige, uitgeholde zuigers zelf. Door een bepaalde plaatsing van een ander type sproeier in de cilinderkop ontstaat binnen de zuiger een centrifugale kracht. Dit beperkt de hitte die vrijkomt en maakt lucht- of waterkoeling overbodig. Vooral deze energiebesparing maakt de motor efficiënt. Het rendement ligt met 40 procent hoger dan bij een gewone benzine- of dieselmotor, die respectievelijk 21 en 30 procent leveren.



Dienstboot Harlingen met Elsbett generator.

In 1991 stopte de productie van de Elsbett-motoren. Twee zoons van Elsbett leveren momenteel ombouwssystemen voor normale dieselmotoren, zodat deze op plantaardige olie kunnen rijden. In Nederland bouwt het Friese bedrijf Solaroilsystems auto's om. Het systeem is goed te vergelijken met een LPG-installatie. Dikkere brandstofslangen, een elektrische voorverwarming en een warmtewisselaar moeten ervoor zorgen dat de olie goed kan stromen. Daarnaast wordt de olie twee keer gefilterd en werken de sproeiers onder een iets hogere druk. Ook na deze aanpassingen blijft het mogelijk om het voertuig op gewone diesel te laten rijden.

Afhankelijk van het type auto kan een systeem worden ingebouwd met een of twee tanks. Bij één tank start en rijdt het voertuig altijd op plantaardige olie uit de bestaande dieseltank. Afhankelijk van het motortype, gebruik en het weer kan het nodig zijn om een percentage fossiele diesel toe te voegen. Bij het tweetanksysteem wordt een kleine extra tank ingebouwd. Hierbij start het voertuig op fossiele diesel. Zodra de motor voldoende op temperatuur is, wordt automatisch overgeschakeld naar plantaardige olie uit de hoofdtank.



DAF tankombouw met parallel PPO leidingnet.

Bestaande biobrandstoffen leveren op de langere termijn te weinig milieuwinst op. Bovendien zijn ze duur en is de energetische waarde relatief gering. Daarom werken onderzoekers hard aan de **tweede generatie** biobrandstoffen.

Biobrandstoffen straks nog groener

Begin juli 2005 boekten Wageningse onderzoekers een bijzonder succes: het lukte hen om 25 kilo tarwestro om te zetten in ethanol. Deze vorm van bio-ethanol is een tweede generatie biobrandstof, die over vijf à tien jaar mogelijk de huidige benzine kan vervangen. Ethanol uit stro – of algemener uit biomassa met lignine – is duurzamer dan de huidige generatie biobrandstoffen. De verwerking van biomassa waarin lignine zit levert namelijk meer energie op dan ethanol uit mais of suikerbieten. De CO₂-uitstoot is bij dit soort bio-ethanol bovendien 80 tot 90 procent lager dan die van benzine. Daar komt bij dat voor de teelt niet per se akkerland nodig is, omdat ook zogeheten reststromen als grondstof kunnen dienen. Een voorbeeld: gemaaid gras

uit snelwegbermen is onbruikbaar als veevoer, maar kan goed dienen als grondstof voor bio-ethanol. Naar verwachting zal zo'n brandstof op de lange termijn qua prijs kunnen concurreren met benzine.

ECN, TNO, Shell, Purac, de Universiteit van Wageningen en alcoholproducent Nedalco werken sinds 2002 gezamenlijk aan de een productieproces voor bio-ethanol uit stro. Dit heeft een voorontwerp opgeleverd dat de afzonderlijke processtappen optimaal integreert. Hierbij is de opbrengst zo hoog mogelijk en blijft het gebruik van water, hulpstoffen en energie tot een minimum beperkt. Ook de afvalstromen zijn minimaal. Volgens ECN valt met dit procédé een rendement van 60 procent te halen. Voor de productie van 150.000 ton ethanol heeft men hierbij 700.000 ton stro nodig.

Toch vergt deze aanpak nog veel onderzoek. Een nadeel van cellulose-gewassen als stro is dat de omzetting in brandstof vrij ingewikkeld is – zeker vergeleken met het persen van olie uit koolzaad of het vergisten van rietzuiker tot alcohol.

Onderzoekers van ECN en Shell hebben in 2002 in het lab een vergassingsinstallatie voor biomassa gekoppeld aan een Fischer-Tropsch reactor. Hiermee slaagden zij erin om als eersten ter wereld 'groene diesel' uit biomassa te produceren. In de installatie vergaste men wilgen-snippers, waarna men het gas reinigde en omzette in een mengsel van koolwaterstoffen – een soort paraffinewas. Door deze was te 'kraken' ontstond een brandstof die op diesel leek, maar schoner was omdat er geen zwavel of aromaten in zaten.

Het Duitse bedrijf Choren gaat deze aanpak toepassen in een proeffabriek die momenteel wordt gebouwd. Hiermee hoopt het bedrijf vanaf 2007 uit hout groene diesel te produceren. Deze zal onder de merknaam *Sundiesel* aan de pomp worden verkocht. Dit productieproces kan echter nog efficiënter. Volgens ECN ligt de temperatuur voor een optimale pro-

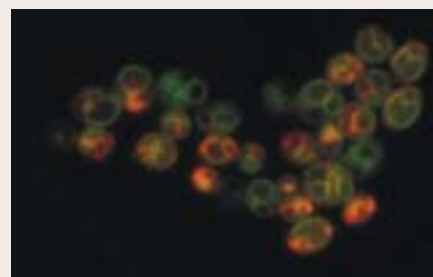


Fischer-Tropsch is een katalytische reactie waarin CO en H₂ reageren tot koolwaterstoffen (C_xH_y). Dit gebeurt bij een temperatuur van 200-350 °C en een druk van 15 -35 bar. De het proces kan worden geoptimaliseerd voor de productie van benzine (C₅-C₁₁), diesel (C₉-C₂₅) of wassen (> C₁₉). Bedrijven als Shell en Sasol zetten via Fischer-Tropsch reacties aardgas of kolen om in synthegas, ofwel *syngas*.

GROENE DIESEL

Een andere veelbelovende biobrandstof voor de toekomst is Fischer-Tropsch diesel. Deze wordt gemaakt door biomassa (met name hout of stro) te vergassen, waarna het gas wordt omgezet in een zeer schone biodiesel. Bij vergassing wordt organisch materiaal verhit bij een ondermaat aan zuurstof. Door de onvolledige verbranding ontstaan koolmonoxide en waterstof, waaruit verschillende vloeibare biobrandstoffen te maken zijn: methanol, dimethylether of Fischer-Tropsch diesel. De laatste kan direct in de bestaande infrastructuur van benzinepompen worden toegepast en lijkt daarom het veelbelovendst.

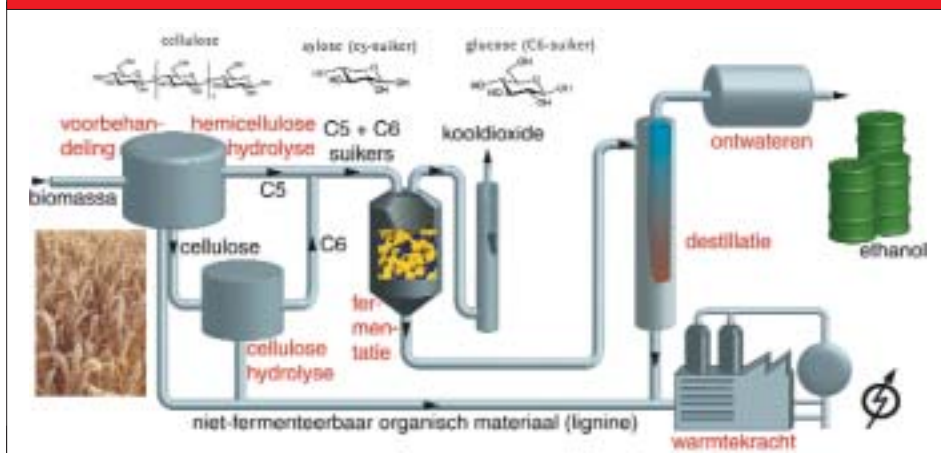
SNELLE SUPERGIST



Saccharomyces cerevisiae

Onderzoekers proberen de omzetting van cellulose in ethanol nog verder te verbeteren. De vergisting van de suikers kan namelijk aanmerkelijk beter en sneller. Al jaren gebruikt men voor de omzetting het bakkersgist *Saccharomyces cerevisiae*, maar dit micro-organisme zet alleen C6-suikers om in alcohol. Het zou

FERMENTATIE



Stro bestaat uit cellulosevezels, lignine en hemicellulose. Om er bio-ethanol van te maken moet het stro eerst worden fijngemalen en voorbehandeld. Hierbij komen lignine en hemicellulose vrij. Hemicellulose kan vervolgens makkelijk worden omgezet in enkelvoudige C5-suikers, voornamelijk xylose. Lignine (een houtachtige stof die bomen en planten hun stevigheid verleent) bestaat niet uit suikers en is daardoor ongeschikt voor de productie van ethanol. Om het tóch nut-

tig te gebruiken kan lignine in het proces gebruikt worden als brandstof voor de productie van elektriciteit en warmte. De elektriciteit die overblijft kan aan het net worden teruggeleverd als groene stroom.

De overgebleven cellulosevezels worden met enzymen omgezet in de bekende C6-suiker glucose, die men vervolgens vergist tot ethanol. Door destillatie en ontwatering ontstaat uiteindelijk genoeg zuivere ethanol (ruim 99,5 volumeprocent). |

ductie van Fischer-Tropsch diesel rond de 1300 °C. Veel conventionele vergassingsinstallaties vergassen biomassa bij 850 °C, waardoor het gasmengsel slechts de helft aan koolmonoxide en waterstof bevat en het rendement dus blijft steken op de helft van het maximaal haalbare.

UPGRADING

Naast cellulose-ethanol en Fischer-Tropsch diesel lijkt Hydrothermal Upgrading (HTU) een veelbelovende

veel mooier zijn als het ook C5-suikers zou kunnen verwerken, want dan zou het van hemicellulose afkomstige xylose de ethanol-opbrengst kunnen verhogen.

Al in 1980 lukte het om een speciale gist te ontwikkelen die xylose kan omzetten in ethanol. De opbrengst was hoog, maar de snelheid van de omzetting laag. Daarom zocht men vervolgens naar 'snellere' giststammen. Afgelopen jaren hebben onderzoekers van de TU Delft en de Radboud Universiteit een supergist ontwikkeld die xylose kan omzetten in alcohol. Dit deden ze door uit een schimmel uit olifantenpoep het gen te halen dat de afbraak van de C5-suikers regelt. Door dit gen toe te voegen aan bakkersgist kweekten ze een gistvariant die naast glucose ook xylose kan omzetten in ethanol. De nieuwe gist bleek liefst vijfmaal sneller te werken. |

optie voor de toekomst. HTU is een proces om uit natte biomassa een soort aardolie, biocrude genoemd, te produceren. Shell ontdekte in de jaren tachtig het principe. Het grote voordeel is dat deze biocrude efficiënt is te vervoeren, waardoor de energie kan worden benut ver van de plaats waar de biomassa vrijkomt. De verwachting is dat als het proces verder is ontwikkeld HTU-brandstof qua kosten kan concurreren met fossiele brandstoffen, ook bij niet te hoge oliepijzen. Op termijn kan de olie ook als grondstof gaan dienen in de petrochemische industrie.

Shell ontdekte ruim een kwart eeuw geleden het HTU-proces toen het bedrijf erin slaagde op laboratoriumschaal natte houtsnippers om te zetten in olie. Nat hout blijkt onder een druk van circa 160 bar en bij een temperatuur van ruim 300°C binnen een kwartier te ontleden tot olie. Het HTU-proces is niet wezenlijk verschillend van de vorming van aardolie uit plantenresten in de aardkorst, afgezien van de snelheid van de omzetting. De verbrandingswaarde van de olie is circa 36 MJ per kilogram. Dat is twee keer zoveel als de verbrandingswaarde van droog hout.

De energiedichtheid van biocrude is veel hoger dan van de oorspronkelijke biomassa en dat maakt het HTU-proces zeer aan-

trekkelijk. Biomassa wordt namelijk de komende decennia een belangrijke bron van duurzame energie, maar de transportafstanden vormen een groot probleem. In Nederland valt dat nog wel mee, maar in diverse andere landen is biomassa in overvloed aanwezig in afgelegen gebieden, ver van de plaats waar energie nodig is. Het verplaatsen van grote hoeveelheden biomassa naar meer verstedelijkte gebieden is duur en kost veel energie. Dit komt vooral omdat de energie-inhoud van biomassa relatief gering is, waardoor transport van grote hoeveelheden materiaal nodig is.

Verwachting is dat het nog enige jaren zal duren voordat het HTU-proces gereed is voor commerciële toepassing. Vooral opschaling en procesoptimalisatie moeten nog worden verbeterd. Verder wordt onderzocht welke biomassoorten geschikt zijn om met HTU tot olie te worden omgezet. Interessant zijn bijvoorbeeld organische reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie, organisch afval van afvalverwerkingsbedrijven, maar ook bermgras en houtachtige biomassa.

Biofuel BV werkt samen met TNO en met steun van onder andere Shell Research en SenterNovem aan de ontwikkeling van het HTU-proces. In opdracht van Biofuel heeft het Delftse onderzoeksbureau CE in april 2005 een duurzaamheidsanalyse van het HTU-proces uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de technologie in 2020 de CO₂-uitstoot aan kan reduceren met circa 2,5 tot 4,5 megaton CO₂. Biofuel verwacht dat dit bij uitbreiding van de productiecapaciteit oploopt tot 15 tot 30 Mton per jaar in 2040. |



Foto: ARKA-foto

HTU-installatie bij TNO in Apeldoorn met een capaciteit van 100 kilo biomassa per uur. In een duurproef (drie weken volcotinu) bleek de installatie uienpulp in een kwartier om te zetten in olie. Het Afval Energiebedrijf Amsterdam is van plan een demonstratieplant te bouwen met een capaciteit van zes ton per uur.

Meer weten

AANBEVOLEN LITERATUUR

- De meest gestelde vragen over biobrandstoffen, SenterNovem Utrecht, 24 juli 2005
- Biofuels under development, CE Delft, mei 2005
- Op een houtje rijden, De Ingenieur, 13 mei 2005
- Factbook Biobrandstoffen, HPA/Rabobank, juni 2004
- Biofuels in the Dutch market: a fact-finding study, Ecofys Utrecht 2003
- Scenario's voor duurzame energie in verkeer en vervoer, R.M.M. van den Brink, RIVM 2003

AANBEVOLEN WEBSITES

- Het overheidsprogramma voor Gasvormige en Vloeibare Klimaatneutrale Energiedragers: www.senternovem.nl/gave
- Website van het productschap Margarine, Vetten en Oliën over biobrandstoffen: www.mvo.nl/biobrandstoffen
- Het dossier biobrandstoffen van het Ministerie van VROM: www.vrom.nl/pagina.html?id=20929
- Noorderlicht TV getiteld 'Groene OPEC', 21 november 2000: noorderlicht.vpro.nl/afleveringen/3137202/
- Rijden op koolzaadolie (ppo): www.koolzaadolie.net
- Website van SenterNovem voor het Platform Schone Voertuigen: www.schonevoertuigen.nl
- Stuurgroep voor biomassastudies van Shell, Wageningen en ECN: www.biomassa-upstream.nl

VOOR OP SCHOOL

1. Noem drie redenen waarom het gebruik van biobrandstoffen wordt gestimuleerd. Waardoor is de kostprijs van biobrandstoffen veel hoger dan van fossiele brandstoffen?
2. Hoeveel liter fossiele olie wordt verstoekt om één liter benzine af te leveren? Hoeveel liter koolzaadolie is nodig om één liter biodiesel te maken? Welk inzicht heb je verworven door deze gegevens te verzamelen?
3. Biobrandstoffen worden wel 'klimaatneutraal' genoemd.



Toekomst met groene brandstoffen tegemoet.

Wat wordt hiermee bedoeld? Beschrijf de koolstofcyclus voor fossiele brandstoffen en voor biobrandstoffen en verklaar de verschillen. Waarom levert de tweede generatie biobrandstoffen een grotere CO₂-reductie op dan de eerste?

4. Tijdens de Tweede Wereldoorlog reden auto's op 'houtgas'. Welke brandbare verbindingen ontstaan bij de thermolyse van hout?
5. Welke intermoleculaire krachten bepalen de stroperigheid van oliën? Wat is in dat opzicht het onderscheid tussen minerale olie en plantaardige olie?
6. Verhitting van methaan en water levert synthese gas. Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van CO en H₂. Kies je een hoge of lage temperatuur voor een grote opbrengst synthese gas?
7. Waarom is biodiesel meer watergevoelig (neemt gemakkelijker water op) dan fossiele diesel.
8. Biodiesel bevat methylesters die uit plantaardige oliën zijn gemaakt. Geef met een reactievergelijking weer dat biodiesel voor ongewenste zuren kan zorgen.
9. Verbrandingsreacties in een automotor verlopen veelal via radicalen. Zuurstof functioneert als een diradicaal. Geef de Lewis-elektronenformule van het zuurstofdiradicaal en geef aan hoe dit diradicaal bij een initiatiereactie waterstof aan (bio)diesel kan onttrekken.
10. Op welke wijze kan roetvorming in dieselmotoren worden verminderd door de brandstof aan te passen? Heeft biodiesel wat dit betreft een voorsprong vergeleken met fossiele diesel?

COLOFON

Chemische Feitelikheden: actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Losbladige uitgave van de KNCV, verschijnt drie maal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

Redactiesamenstelling:

Lisette Ploeg (KNCV)
Alexander Duyndam (C2W)
Marian van Opstal (Bèta Communicaties)

Basisontwerp: Menno Landstra

Redactie en realisatie:

Bèta Communicaties
Postbus 84098, 2508 AB Den Haag
tel. 070-306 07 26
fax 070-306 07 24
betacom@planet.nl

Uitgever:

Roeland Dobbelaer
Bèta Publishers
Postbus 249, 2260 AE Leidschendam
tel. 070-444 06 00
fax 070-337 87 99
info@betapublishers.nl

Abonnementen opgeven:

KNCV-ledenadministratie
Postbus 249, 2260 AE Leidschendam
tel. 070-337 87 97
fax 070-337 87 99
ledenadministratie@kncv.nl

Abonnementen kunnen elk moment ingaan. Abonnementen worden automatisch verlengd tenzij vóór 1 november van het lopende jaar een schriftelijke opzegging is ontvangen.

Abonnementen:

• papieren editie en toegang tot digitaal archief op internet:
eerste jaar
(inclusief verzamelmap): € 90,-
KNCV- en KVCV-leden: € 80,-
tweede jaar en verder: € 56,-
KNCV- en KVCV-leden: € 46,-

• alleen toegang tot digitaal archief op internet:
eerste jaar: € 70,-
KNCV- en KVCV-leden: € 60,-
tweede jaar en verder: € 45,-
KNCV- en KVCV-leden: € 40,-

ONDERWERP

editie 48
nummer 221
december 2005

Met dank aan:

- ir. Eric van den Heuvel, SenterNovem
E.van.den.Heuvel@senternovem.nl
- ir. Jorg Raven, SenterNovem
J.Raven@senternovem.nl
- Dr. Ir. Harold Boerrigter, ECN Biomassa
Boerrigter@ecn.nl
- drs. Hans Reith, ECN Biomassa
Reith@ecn.nl
- Hein Aberson, senior staff member, Solaroilsystems
Info@solaroilsystems.nl
- drs. Gerard Stout
docent exacte vakken
Noordelijke Hogeschool Leeuwarden
g.h.w.j.stout@iec.nhl.nl