

WINDESHEIMREEKS KENNIS EN ONDERZOEK



Een rups leert vliegen

Lectoraat Kunststoftechnologie:
brug tussen onderwijs en bedrijfsleven

Harold Gankema

Lectoraat Kunststoftechnologie

Colofon

Dr. ir. H. (Harold) Gankema

Een rups leert vliegen

Lectoraat Kunststoftechnologie: brug tussen onderwijs en bedrijfsleven

Trefwoorden: kunststoffen, kunststoftechnologie, duurzaamheid, kunststofverwerking, plastics

ISBN/EAN: 978-90-77901-35-9

Dit is een uitgave van de Christelijke Hogeschool Windesheim

Postbus 10090, 8000 GB Zwolle, Nederland

Concept en vormgeving: WEDA, Leeuwarden

Fotografie: Marketing en Communicatie

Druk: Netzo Druk Zwolle

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Een rups leert vliegen

Lectoraat Kunststoftechnologie:
brug tussen onderwijs en bedrijfsleven

Harold Gankema

Lectorale rede, in verkorte vorm uitgesproken bij de aanvaarding van het Lectoraat Kunststoftechnologie aan de Christelijke Hogeschool Windesheim te Zwolle op donderdag 17 februari 2011.

“Want het dwaze van God is wijzer dan de mensen, en het zwakke van God is sterker dan de mensen.”

(1 Korintiërs 1:25)



Inhoudsopgave

Voorwoord	7
1. Hoera, een crisis!	11
2. Wat er gebeurt in Nederland	15
3. Versterking van de regio	23
4. Het onderzoeksveld	31
5. Een rups leert vliegen	49
Dankwoord	59
Curriculum Vitae	61
Appendix: Over kunststoffen	63



Voorwoord

In 2008 kreeg de Christelijke Hogeschool Windesheim signalen uit de markt om een aanvraag voor een Lectoraat Kunststoftechnologie bij het Ministerie van Onderwijs in te dienen. Windesheim pakte deze handschoen met succes op. Het lectoraat ging begin 2009 officieel van start. Als kwartiermaker heeft prof. ir. Theo Poiesz daartoe de eerste stappen gezet.

De rede die voor u ligt, is gebaseerd op inzichten die gedurende de afgelopen twaalf maanden zijn ontstaan. De rode draad die er doorheen loopt, is het bouwen van bruggen, het dichten van kloven, het leggen van verbindingen en het samenbrengen van partijen in een omgeving waar samenwerking niet vanzelfsprekend is. Deze samenwerking is noodzakelijk om goed voorbereid te zijn op de toekomst die aan grote veranderingen onderhevig is: de markt van morgen.

Het Lectoraat Kunststoftechnologie is als het ware de cocon voor de rups. In de cocon treedt een transformatie op die van de rups een vlinder maakt. En de vlinder vliegt in een open wereld de toekomst tegemoet. Dit geldt ook voor het onderwijs op Windesheim en voor het bedrijfsleven dat in contact treedt met het lectoraat. Als ze bereid zijn een kwantumsprong te maken, ondergaan beide de noodzakelijke transformatie om de toekomst aan te kunnen. Voor de één betekent dit een vernieuwing en uitbreiding van het onderwijsprogramma en voor de ander een toegenomen innovatiekracht en concurrentievoorsprong. Bescheiden als we zijn, is dit voorwaar geen geringe ambitie maar het is wel waar het lectoraat voor staat.

De titel van de rede is een knipoog naar het managementboek *Kun je een rups leren vliegen?* van Jan Bommerez¹. Hij beschrijft het verschil tussen verandering en transformatie. Veranderen is iets wat je doet. Transformeren gebeurt vaak pas na een of meer doorbraken en heeft daarom te maken met de manier waarop je tegen de dingen aan kijkt. Anders gezegd: het heeft te maken met zien en met doorzien. Wat je niet ziet, zie je niet totdat je het ziet. En wat je niet doorziet, zie je niet totdat je het doorziet. En als je het wel (door)ziet, is dat altijd een onverwachte gebeurtenis. Zoals Johan Cruijff ooit al treffend zei: *'Je ziet het pas als je het door hebt'*.

De rede bestaat uit vijf hoofdstukken.

Hoofdstuk 1 gaat in op externe factoren die het recente economische klimaat in grote mate hebben bepaald: de crisis die in 2008 begon, die in 2009 diepe sporen heeft nage-

laten en waarvan we nu nog de gevolgen van ondervinden. Ook de toenemende concurrentie van lagelonenlanden en groei-economieën als China en India zijn van grote invloed op het functioneren van de Nederlandse kunststofindustrie. Het tekort aan goed opgeleide technici is een andere bedreiging voor de kunststofindustrie in ons land, zeker voor Oost-Nederland waar een grote concentratie aan kunststofverwerkende bedrijven gevestigd is. Dit tekort is van directe invloed op de economische ontwikkeling en concurrentiepositie van Oost-Nederland.

Innovatie en samenwerking kunnen hierop een adequaat antwoord zijn. De crisis maakt overduidelijk dat het voor menig bedrijf vrijwel onmogelijk is om zich als individuele onderneming staande te houden.

Hoofdstuk 2 stelt de innovatie in Nederland centraal. Het richt zich in concreto op de vraag welke randvoorwaarden nodig zijn om tot een geslaagde uitwisseling van kennis te komen en van daaruit tot waardecreatie ('kennisvalorisatie') door de ontwikkeling van nieuwe producten en diensten. Het openen van een centraal loket voor het bedrijfsleven in kennisinstellingen als Windesheim lijkt hiervoor de oplossing te zijn. Ook de noodzaak om te komen een verhoogd aantal goed opgeleide technici wordt hier opgevoerd.

Hoofdstuk 3 beschrijft de specifieke situatie van de (kunststof)industrie in Oost-Nederland en de behoefte aan de oprichting van het Lectoraat Kunststoftechnologie, dat zowel vanuit economisch als maatschappelijk oogpunt een brug kan slaan tussen de behoeften van het bedrijfsleven en de kennisinstellingen. Ook de organisatie van het lectoraat komt hier aan de orde, inclusief een beschrijving en afbakening van het kennisdomein. Door het bedrijfsleven en verschillende instanties uit de kunststofbranche een belangrijke plaats te geven in de besluitvorming wordt de aansluiting met deze bedrijfstak geborgd.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van het onderzoeksveld van het lectoraat, zoals dat naar voren komt uit de contacten met de marktpartijen. De verschillende thema's zullen in het kort worden beschreven zonder de pretentie een volledig beeld te geven.

Hoofdstuk 5 stelt de toekomstvisie aan de orde. De oprichting van een expertisecentrum voor kunststoffen in de regio Zwolle en de invoering van een bachelor- of masteropleiding op het gebied van kunststoffen zijn de belangrijkste pijlers onder die visie.

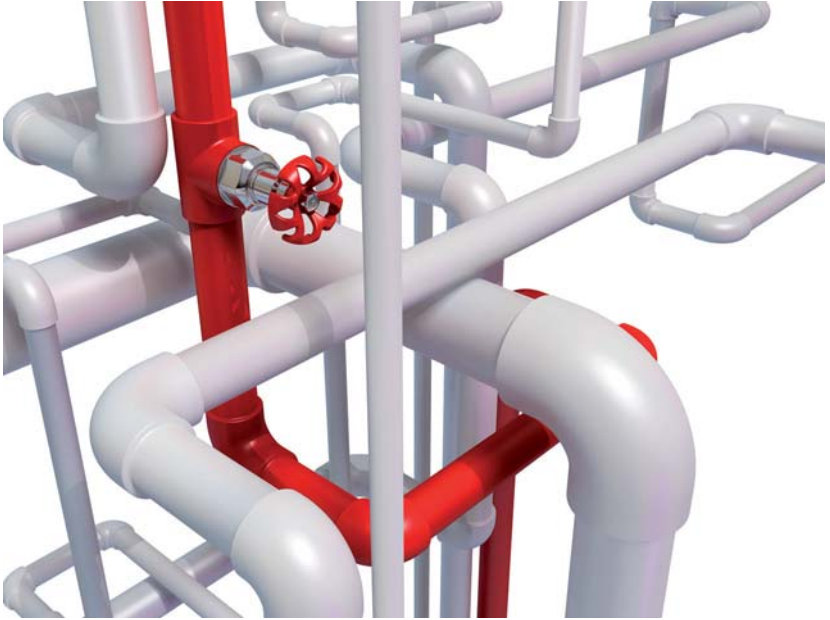
Het expertisecentrum gaat als een spin in het web de innovatie in (Oost-)Nederland stimuleren door middel van opleidingen en relevant toegepast-wetenschappelijk onderzoek op het gebied van ontwerp, ontwikkeling en verwerking van nieuwe kunststofproducten. Uitbreiding van kunststoftechnologie in het bachelorprogramma is noodzakelijk om regionaal en landelijk te kunnen voldoen aan de industriële behoefte aan voldoende en goed geschoold hoger beroepspersoneel.

De *Appendix* geeft tenslotte een beknopte inleiding in de kunststoffentechnologie en de verschillende verwerkingstechnieken. Dit gedeelte is voornamelijk bedoeld voor belangstellenden die minder bekend zijn met het vakgebied.

De in de tekst gebruikte en genummerde bronnen zijn terug te vinden aan het slot van elk hoofdstuk.

Bronnen

1. *Kun je een rups leren vliegen?*, Jan Bommerez, Nieuwe Dimensies, augustus 2001



De recessie van de afgelopen jaren heeft de kunststofindustrie zwaar getroffen. De kunststofproductie over geheel 2009 is 15% lager uitgevallen dan in 2008. De vraaguitval is veel groter dan in de 'gemiddelde' industrietak, waaruit blijkt dat de branche sterk conjunctuurgevoelig is. Het ziet ernaar uit dat het productieherstel geleidelijk zal plaatsvinden, waardoor de ondernemers voor langere tijd met overcapaciteit geconfronteerd worden. De verwachting is dat de kunststofproductie in 2010 slechts circa 4% hoger uitkomt dan in 2009. Dit is dus een bescheiden herstel in relatie tot de terugval in 2009 ten opzicht van 2008. Er wordt voorspeld dat het recordproductieniveau van 2007 pas in 2018 weer in zicht komt².

Daarbovenop heeft de Nederlandse kunststofverwerkende industrie in toenemende mate te maken met concurrentie uit lagelonenlanden. Zoals bekend is de productie in Nederland door de hogere loonkosten kostbaarder dan in opkomende afzetmarkten. Als gevolg hiervan stagneert de export en blijft de import groeien³.

Eén van de manieren om de stijgende loonkosten en de groeiende schaarste aan goed geschoold personeel te bestrijden is verdere automatisering van de productieprocessen. Op dit gebied is er in veel kunststofverwerkende bedrijven nog een wereld te winnen. Door de snelle technologische ontwikkeling worden de mogelijkheden op dit gebied steeds groter. Een andere manier om concurrerend te blijven is zo *lean* mogelijk te produceren. Bedrijven trachten daarbij verspillingen te elimineren en de toegevoegde waarde te verhogen. Voorbeelden van verspillingen zijn fabricagefouten en -verstoringen, overproductie, wachttijden, opslag, onnodige (zoek)bewegingen en verplaatsingen.

Rapid Manufacturing

Door de groeiende vraag naar persoonsgerichte producten en meer verscheidenheid in assortimenten volgen hypes en trends elkaar snel op. Opdrachtgevers eisen bovendien kortere levertijden om de time-to-market te minimaliseren en dure voorraden te vermijden. Kleinere series vereisen grotere flexibiliteit in het productieproces. Het omstellen van machines voor nieuwe opdrachten vergt relatief veel tijd. Bij kleinere series moeten machines vaker opnieuw worden ingesteld en matrijzen vaker worden verwisseld dan bij grote series. Daardoor gaat de productie van kleinere series met hogere kosten gepaard. Dit geldt in het bijzonder voor spuitgietprocessen (zie Appendix). De kosten van het maken van een matrijs maakt het spuitgietproces eigenlijk alleen geschikt voor grotere productieaantallen.

Rapid Manufacturing is een flexibel alternatief voor kleinere aantallen producten. Door snel en tegen lage kosten een product vorm te geven, kan eenvoudig iets tastbaars worden gemaakt. Het toepassingsgebied van de Rapid Manufacturingtechnieken wordt steeds groter. Niet alleen is het vervaardigen van prototypes en schaalmodellen mogelijk, maar ook in de meer seriematige productie wint deze productiewijze aan populariteit.

Aanbieders van 'standaardproducten' richten zich op het minimaliseren van kosten en levertijden. Maar de groeimarkten zijn steeds vaker specifieke niches, waarin unieke of kwalitatief zeer hoogwaardige producten een concurrentievoordeel hebben. In de branche dreigt daardoor een tweedeling te ontstaan tussen een kleine groep innovatieve bedrijven en een grote groep bedrijven die werken tegen steeds lagere marges. Doordat Nederlandse kunststofverwerkers dichtbij de eindmarkten actief zijn, kunnen zij snel reageren op veranderende behoeften en zich richten op nieuwe mogelijkheden.

Kunststof rukt op

Kunststof is al langere tijd een belangrijk materiaal voor de productie van tal van onderdelen en producten. Door de ontwikkeling van nieuwe kunststoffen en technieken zullen de toepassingsmogelijkheden van kunststof verder toenemen. Het verleden heeft laten zien dat kunststof een veelzijdig materiaal is, waarvan de voordelen bij de gebruikers lang niet altijd bekend zijn. Zo worden kunststoffen in de bouwsector bijvoorbeeld toegepast in gas- en waterleidingsystemen, profielen en buizen, maar ook kozijnen en dakkapellen worden veelvuldig uit kunststof gefabriceerd.

Voedingsmiddelen worden steeds vaker van kunststofverpakkingen voorzien. Voorbeelden van innovaties in voedselverpakkingen zijn: folies die de doorlaatbaarheid van lucht reguleren om de houdbaarheid van het product te vergroten en biologisch afbreekbare, eetbare of oplosbare verpakkingen. Een ander voorbeeld is de 'in-mould-labelling'-techniek, waarbij etiketten direct in de kunststofverpakking verwerkt worden. Dergelijke vernieuwingen zijn steeds noodzakelijker om groei te kunnen bewerkstelligen.

Ook in de automobieliindustrie neemt het gebruik van kunststof nog steeds toe. Waar mogelijk worden onderdelen van metalen vervangen door kunststofonderdelen. Kunststof is lichter dan metaal waardoor het brandstofverbruik bij gebruik van kunststof kan afnemen, terwijl de toepassingsmogelijkheden groeien. Dit sluit aan bij de structureel stijgende olieprijs en de groeiende aandacht voor CO₂-uitstootbeperking. De toename van kunststofgebruik per voertuig tussen 2006 en 2010 wordt geschat op ruim 35%⁴.

De maatschappelijke trend naar een groenere samenleving biedt uitdagingen en kansen. Duurzaamheid wordt meer en meer een voorwaarde om producten te mogen leveren. Zo streeft de rijksoverheid vanaf 2010 naar een 100% duurzame inkoop. Voor provincies, gemeenten en waterschappen is het doel om in 2010 minstens de 50% te halen. Kunststofverwerkende bedrijven die niet afwachten en hun bedrijfsprocessen en producten proactief verduurzamen, kunnen zich onderscheiden van concurrenten. Niet alleen de grotere maar ook kleinere bedrijven zijn al direct of indirect met dit thema bezig, bijvoorbeeld door op energie-, grondstof- en afvalkosten te bezuinigen. Door achtereenvolgende opwarming en afkoeling van het materiaal zijn kunststofverwerkende processen zeer energie-intensief.

De overheid stelt ook steeds meer eisen aan recycling van kunststofverpakkingen. Tot nu toe levert dit echter nog niet altijd de hoogwaardige grondstoffen op die voor veel producten nodig zijn.

Structureel innoveren

Door het ontbreken van grensverleggende 'doorbraaktechnologieën' in de traditionele productietechnieken vindt technologische vooruitgang voornamelijk plaats door verfijning van bestaande technieken. Deze verfijning van de bestaande technieken leidt zowel bij spuitgiet- als bij extrusiemachines (zie Appendix) wel tot steeds kortere cyclustijden. Hierdoor wordt het productieproces steeds efficiënter. Door kleinere series moeten machines vaker opnieuw worden ingesteld. De doorwerking van dergelijk openthoud in de kostprijs van het eindproduct wordt daardoor groter. Korte omsteltijden zijn dus essentieel. Voor bijvoorbeeld buizenextrusie is een toepassing ontwikkeld om de diameter van de buis geautomatiseerd te kunnen aanpassen bij overschakeling naar een ander type buis, dus zonder dat het proces hoeft te worden stilgelegd.

Ook het terugdringen van energieverbruik blijft een belangrijk ontwikkelpunt voor het spuitgietproces. Door de toenemende energiekosten en meer aandacht voor duurzaamheid blijft de vraag naar elektrische en hybride aandrijftechnieken groeien. Enerzijds zijn deze technieken duurder in aanschaf en kennen zij een beperktere sluitkracht dan een conventionele, hydraulische aandrijving. Anderzijds kent een elektrische machine in het algemeen een kortere cyclustijd en een nauwkeuriger maatvoering. De voortschrijdende technologische ontwikkeling leidt daarnaast tot een toenemende sluitkracht van elektrische machines. Hydraulische aandrijving kent nog altijd een breder toepassingsbereik, maar verliest geleidelijk meer terrein aan elektrische en hybride technieken.

Om concurrerend te zijn en te blijven moeten kunststofverwerkende bedrijven structureel innoveren. Nieuwe toepassingsmogelijkheden liggen onder meer in het gebruik van nieuwe materialen (onder andere biopolymeren, zie hoofdstuk 4) en combinaties van verschillende materialen (composieten en zogenaamde hybride materialen). Om tot deze innovaties te komen is het van belang dat de belanghebbende partijen tijdig met elkaar in contact komen. Zo kunnen fouten in het ontwerp vroegtijdig worden verholpen en onnodige kosten worden vermeden. Het blijkt dat de innovatiekracht toeneemt naarmate meer partijen meedenken en participeren.

Samenwerking kost altijd tijd en geld. Een betere coöperatie tussen alle betrokken ketenpartijen werkt uiteindelijk echter kostenverlagend. Het Lectoraat Kunststoftechnologie kan hierbij als intermediair en stimulator optreden. De verschillende partijen kunnen op grond van de lectorale onderzoeksprojecten met elkaar in contact gebracht worden, waardoor kennisuitwisseling plaatsvindt en samenwerking ontstaat.

Bronnen

1. *Yes, een crisis*, Marc Lammers, Tirion, 2009
2. *De Nederlandse economie 2009*, CBS, september 2010
3. *Herstel kunststofindustrie vergt investeringen*, ING Economisch Bureau, april 2010
4. *The Compelling Facts About Plastics*, Plastics Europe, april 2007

‘Kennisvalorisatie is het proces van waardecreatie uit kennis, door kennis geschikt en/of beschikbaar te maken voor economische en/of maatschappelijke benutting en te vertalen in concurrerende producten, diensten, processen en nieuwe bedrijvigheid’.¹

Nederland streeft ernaar zich te ontwikkelen tot een op kennis en creativiteit gebaseerde economie en maatschappij. In het vorige hoofdstuk is uiteengezet dat onze welvaart en ons welzijn steeds meer worden bepaald door de mate waarin we innoveren. Hierbij gaat het om het ontwikkelen van nieuwe kennis en ideeën die vervolgens vertaald worden in producten, diensten, processen, oplossingen, nieuwe bedrijvigheid en nieuwe vragen. Dat proces noemen we *kennisvalorisatie*.

Voor een geslaagde kennisvalorisatie is een vloeiende samenwerking tussen kennisinstellingen en bedrijfsleven of maatschappelijke instellingen in de kennisontwikkelingsfase van groot belang is. Het instellen en oprichten van ontmoetings- en marktplaatsen tussen de werelden van onderzoek, onderwijs, bedrijfsleven en maatschappelijke sectoren is daarbij essentieel.

Onderwijs en onderzoek zijn de grondslagen van een succesvolle valorisatie. Goed opgeleide mensen nemen hun kennis mee naar bestaande bedrijven en organisaties of beginnen als nieuwe ondernemers. Verder vormt het onderzoek de voedingsbodem voor vele toepassingen. Bij de benutting van kennis spelen onderwijs en onderzoek, en vooral de interactie tussen beide, een grote rol. Deze interactie vindt in toenemende mate zijn plek op de hogescholen, die zich mede onder invloed van de lectoraten steeds verder ontwikkelen tot kennisinstellingen.

Open innovatie

Naast de pogingen tot leniging van de economische crisis moeten er ook oplossingen gevonden worden voor zaken als vergrijzing, uitputting van grondstoffen, de gevolgen van klimaatveranderingen, mobiliteit en milieuvervuiling. Onder invloed van bovenstaande uitdagingen zijn de innovatieprocessen in de afgelopen decennia veranderd van lineair en gesloten naar circulair en open: het ‘open innovatiemodel’^{2,3}.

Deze trend naar *open innovatie* is van groot belang voor de Nederlandse kennis-economie. De omzet en productiviteit, en daarmee de bijdrage aan het BNP van Nederland,

zijn de laatste jaren wel steeds gestegen (tot aan de crisis die in 2008 begon). Echter, de werkgelegenheid bij de kunststofverwerkende bedrijven in Nederland is zonder uitzondering gestaag afgenomen.

Het Platform Bètatechniek⁴ rapporteerde eind 2009 dat de arbeidsmarktperspectieven voor middelbaar en hoger beroepsonderwijs ondanks de crisis voor de komende jaren positief zijn. De voorspelde tekorten aan wetenschappelijk opgeleide bètatechnici zijn iets minder nijpend. Dit is een direct gevolg van het gevoerde beleid dat de afgelopen jaren heeft geleid tot een groei van het aantal inschrijvingen voor bètatechnische studies op de universiteiten. Het hoger technisch beroepsonderwijs heeft deze instroomgroei (nog) niet getoond, terwijl er wel een grote vervangingsvraag wordt verwacht. Voor bètatechnici op hbo-niveau wordt daarom ondanks de economische krimp nog steeds een tekort voorzien.

Savelsbergh⁵ waarschuwt in zijn afstudeerscriptie dat er dringend iets aan dit tekort gedaan moet worden: 'Als Nederland niet voldoende kenniswerkers levert, dan kun je deze als bedrijf deels uit het buitenland halen, maar daar is de vraag naar kenniswerkers vaak net zo hoog. Tevens keert een groot deel hiervan weer na enkele jaren terug naar het thuisland. Het alternatief dat een bedrijf dan rest, is zijn activiteiten binnen de keten of zelfs naar het buitenland te verplaatsen.' En dat zou voor de Nederlandse economie uiteraard een flinke domper zijn.

Valorisatiedoelen

Het doel van valorisatie, waardecreatie uit kennis dus, is te komen tot toenemende bedrijvigheid. Hiervoor is door het Innovatieplatform⁶ een aantal doelstellingen vastgelegd dat is weergegeven in tabel 2.1.

Innovatieve bedrijven met samenwerkingsverbanden met kennisinstellingen	Nu 19%, naar top 5 EU in 2011
MKB heeft ervaring met samenwerking met kennisinstellingen	Nu 15%, naar 25% in 2016
Nederlanders positief over starten bedrijf	Nu 33%, naar 45% in 2016
Meer spin-offs uit kennisinstellingen	40% meer in 2016
Aandeel snelle groeiers	Nu 6,6%, naar 9,6% in 2011

Tabel 2.1: Kwantitatieve doelstellingen van aan valorisatie gerelateerde indicatoren

Als we deze doelstellingen vergelijken met de uitgangspositie van Nederland, kunnen we zeggen dat Nederland goed scoort in de breedte en ook hoog op de kwaliteit van onderzoek. De laatste jaren is er dan ook veel geïnvesteerd in vraaggestuurd (bijvoorbeeld de Innovatieprogramma's) en praktijkgericht (bijvoorbeeld RAAK en Vouchers) onderzoek. Ook zijn er prioriteiten gesteld in de vorm van sleutelgebieden en maatschappelijke thema's. De Technologische Top Instituten (TTI's) en Publiek Private Partnerships (PPP's) zijn succesvol en een voorbeeld in Europa. Als voorbeeld in de kunststofbranche dient het Dutch Polymer Institute dat in samenwerking met voornamelijk multinationale ondernemingen en kennisinstellingen uit binnen- en buitenland wetenschappelijk onderzoek op het gebied van polymeren mogelijk maakt. Zowel op het gebied van industriële relevantie als wetenschappelijke excellentie scoort het DPI zeer hoog. Toch blijkt uit de zogenaamde Kennisinvesteringsagenda (KIA)⁶ dat de investering in kennisontwikkeling tot nu toe nog onvoldoende economisch en maatschappelijk rendeert (zie figuur 2.1).

Onderwijs	Onderzoek	Innovatief Ondernemerschap
<ul style="list-style-type: none"> ● Risicoleerlingen WE ● Uitstroom HO/Bèta ● Ranking basisonderwijs ● Prestaties beroepsonderwijs ● Jongeren met startkwalificatie ● Succesvolle doorstroom mbo>hbo ● Uitdagend HO: excellentie en internationalisering ● Kwaliteit en beschikbaarheid onderwijspersoneel ● Hoger opgeleiden in beroepsbevolking ● Leven lang leren 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ranking Universiteiten ● Output artikelen ● Citatie-impact artikelen ● Focus en massawetenschappelijk onderzoek ● Publieke R&D-investeringen ● Aandeel onderzoekers in beroepsbevolking ● Kennisbenutting: duurzame publiek-private samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> ● Snelgroeiende bedrijven ● Private R&D-investeringen ● Internationale R&D-activiteiten in Nederland ● Omzetaandeel uit innovatie in industrie en diensten ● Innovatieve starters ● Houdingen ten opzichte van ondernemerschap ● MKB'ers met ervaring, samenwerking met kennisinstellingen

Figuur 2.1: Kennisinvesteringsagenda 2010⁶ ● Op koers ● Aandacht vereist ● Niet op koers

Positieve effecten

Om als partij te besluiten mee te doen aan het proces van kennisvalorisatie, zal men zich allereerst afvragen wat het uiteindelijk oplevert. Zonder goede vooruitzichten zal de waardecreatie uit kennis niet plaatsvinden. Hieronder wordt aangegeven wat de positieve effecten kunnen zijn voor de verschillende marktpartijen.

Kennisinstellingen: vergroten (internationale) reputatie, preferred partner in research en/of onderwijs, aantrekkingskracht studenten en wetenschappelijk en ondernemend talent.

Grote bedrijven: betere toegang tot kennis (netwerk, internationaal), professionele kennispartner, betere toegang tot talent (wereldwijd), nieuwe bedrijvigheid om de hoek (leverancier nieuwe technologie/acquisitie potentieel).

MKB: (betere) toegang tot kennis (netwerk, internationaal), kortetermijnoplossingen, minder hoge kosten voor kennisontwikkeling.

Starters: (betere) toegang tot kennis (netwerk, internationaal), toegang tot stakeholders met internationale ervaring, toegang tot launching customers, toegang tot financiers, afstudeerders en stagiairs.

Maatschappelijke organisaties: (betere) toegang tot kennis (netwerk, internationaal), disseminatie van maatschappelijke kennis en ervaring.

Venture capitalists en investeerders: professionele kennispartners, meer en beter zicht op innovaties en investeringsmogelijkheden.

Overheid: een bruisende kenniseconomie met de bijbehorende werkgelegenheid en belastinginkomsten, verankering sleutelgebieden en maatschappelijke thema's.

Alle partijen: erkenning van Nederland als vooraanstaande kenniseconomie met als gevolg dat Nederland competitief is als vestigingsplaats voor innovatief bedrijfsleven, wetenschappelijk en ondernemend talent, internationale expertisecentra, financiers en investeerders.

Randvoorwaarden

Waardecreatie uit kennis is, zoals vastgesteld¹, alleen mogelijk onder een aantal randvoorwaarden. De belangrijkste is de inrichting van een *Centrum voor Waardecreatie* verbonden aan een kennisinstelling als Windesheim, met als meervoudig doel:

- het faciliteren van toegang tot wetenschappers en hun onderzoeksresultaten
- het ontwikkelen van strategische onderzoekspartnerships met (grote) bedrijven en (maatschappelijke/overheids)organisaties
- het zakelijk en administratief ondersteunen van wetenschappers bij het opzetten van grote 2^e en 3^e geldstromen voor onderzoeksprogramma's (nationaal en Europees)
- het ondersteunen van uitvinders met het beschermen van hun technologie en het verlenen van licenties aan bestaande bedrijven en startups. Het managen van de Intellectueel Eigendomportefeuille van de instelling
- het stimuleren van valorisatie, mede door het verbeteren van de valorisatieprocessen bij de instelling en
- het ontwikkelen van competenties bij medewerkers van de kennisinstelling

Het centrum kan bovendien fungeren als een regionaal servicepunt voor het MKB dat drempelverlagend werkt door te helpen de specifieke vraag helder te krijgen en door de bedrijven naar wetenschappers en hun onderzoeksresultaten te leiden. Het is dus een informatie- en ondersteuningsloket voor onderzoek en financieringsmogelijkheden op alle niveaus.

In figuur 2.2 (op pag. 20) is de samenhang tussen de verschillende marktpartijen weergegeven met daarin de centrale rol die is weggelegd voor het Centrum voor Waardecreatie (Professioneel Valorisatie Center).



Figuur 2.2: De basisfaciliteiten van valorisatie als stimulans voor kennisclustering en open innovatie¹.

Wat betekent dit nu voor kennisinstellingen als hogescholen en, specifiek, voor het Lectoraat Kunststoftechnologie van Windesheim? Hoe dat invulling gaat geven aan dit kenniscreatieproces op weg naar innovatie en nieuwe producten voor het bedrijfsleven in Oost-Nederland en de rest van het land, wordt in de volgende hoofdstukken beschreven.

“We halen met elkaar alles uit de kast om de kennis te vermarkten. Kennis, kunde, kassa, daar draait het om.....”⁷

Bronnen

1. *Van voornemens naar voorsprong kennis moet circuleren - voorstel voor een Nederlandse valorisatie-agenda*, projectgroep Valorisatie o.l.v. Marco Waas, juni 2009, Innovatieplatform
2. *Open Innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*, Chesbrough, H., 2003, Harvard Business School Press
3. *Open innovatie: knelpunten en beleidsimplicaties*, Bergh, B. v.d. and J. D. J. de Jong. 2006, De regionale arbeidsmarkt voor technici tot 2016
4. *De regionale arbeidsmarkt voor technici tot 2016, Speciaal topic: Octrooiaanvragen per regio*, Peter Lou-ter, Pim van Eikeren, november 2010, Platform Bètatechniek
5. *Afstudeerscriptie*, Jeroen Savelsbergh, september 2010, Avans Hogeschool
6. *Jaarlijkse evaluatie Kennisinvesteringsagenda 2006-2016*, werkgroep KIA van het Innovatieplatform, maart 2010
7. Carry Abbenhues gedeputeerde provincie Overijssel, verantwoordelijk voor economie en innovatie, november 2006, UT nieuws



De provincie Overijssel heeft voor de periode 2008-2011 ingezet op het stimuleren van innovatieve processen en het versterken van de innovatie-infrastructuur door samenwerking tussen de vier O's: Ondernemers, Onderzoek, Onderwijs en Overheid. Deze aanpak zou zich op langere termijn moeten vertalen in het behoud van werkgelegenheid en het creëren van nieuwe banen.

Ten behoeve van een duurzame verandering wil de provincie regionale innovatieprogramma's van de grond krijgen. Zij heeft daarom programma's opgezet en een regionale infrastructuur gefaciliteerd met alle partijen die een rol spelen in de vernieuwing van de economie.

Samen slim en sterk

Voor de regio Zwolle is het Innovatieprogramma *Samen slim samen sterk*¹ opgesteld. Dit programma omschrijft de route naar versterking van de regionale economische structuur. Naast de bevordering van werkgelegenheidsgroei en versterking van de concurrentiepositie van regionale bedrijven is dit programma ook bedoeld om de regio Zwolle als innovatieve regio te laten profileren. Een regio waar volop ruimte is voor bedrijven om hun kwaliteiten te delen, nieuwe toepassingen te verkennen, te ontwikkelen en op de markt te brengen. Het programma vormt de investeringsagenda van de diverse regionale partners zoals gemeenten, provincie, onderwijs en kennisinstellingen.

De opdracht aan de regio is te komen tot verbeterde kwaliteit, dynamiek, verbinding en positionering. De economische uitgangspositie van de regio is gunstig. Kansen worden vergroot door de aanwezige partners in nieuwe combinaties samen te brengen, waardoor innovatieve toepassingen sneller gerealiseerd worden en een hogere kwaliteit bezitten. Van oudsher zijn er veel bedrijven in de kunststof en chemie gevestigd in Zwolle/IJsselvecht.

In het programma *Samen slim samen sterk* zijn de volgende kansrijke clusters gedefinieerd in het gebied Zwolle/IJsselvecht: *Kunststof & Chemie, Zorg en Gezondheid & ICT*. Deze clusters zijn benoemd op basis van de aanwezige bedrijven en de kennisinfrastructuur in het gebied.

Om te stimuleren dat ondernemers daadwerkelijk gaan innoveren ondersteunt de provincie Overijssel *Kennispoort*. Kennispoort heeft een stimulerende schakelfunctie tussen regionale bedrijven onderling en tussen bedrijven en kennisinstellingen. Windesheim is nauw betrokken bij Kennispoort.

Lectoraat Kunststoftechnologie^{2,3}

De onderzoeks- en onderwijsinfrastructuur op het gebied van rubber- en kunststofverwerking is in Nederland, na een hausse in de jaren tachtig en negentig, in een negatieve spiraal geraakt. Het kennisdomein is bij veel opleidingen en op bijna alle niveaus teruggebracht tot een keuze- of bijvak. Het Lectoraat Kunststoftechnologie (LKT) wil een belangrijke bijdrage leveren aan de noodzakelijke opleving van de onderwijs- en onderzoeksvoorzieningen voor de rubber- en kunststofverwerking.

De regio Zwolle is een logische plek voor de vestiging van dit lectoraat: de Christelijke Hogeschool Windesheim heeft een uitstekende naam met zeer goed aangeschreven engineering opleidingen. De grote concentratie van rubber- en kunststofverwerkende industrie in de regio is daarvoor natuurlijk een vruchtbare voedingsbodem.

Internationale contacten en uitwisseling van kennis zijn daarbij een vanzelfsprekendheid. Duitsland is een belangrijke buur, maar ook verre vrienden in bijvoorbeeld China zijn van groot belang.

Het LKT richt zich dus op de kunststof- en rubberverwerkende industrie in Nederland. Hiervan neemt de kunststofverwerkende industrie circa 90 % voor haar rekening en de rubberverwerkende industrie de resterende 10%. Het lectoraat legt de nadruk op het kunststofverwerkende deel, waarbij de meeste aandacht in eerste instantie uitgaat naar de thermoplasten. Maar in een later stadium zullen ook de thermoharders en elastomeren/rubbers aan de orde komen (zie Appendix).

Het begrip *technologie* in de naam Kunststoftechnologie omvat zowel het verwerken van kunststoffen als het ontwerpen met kunststoffen en dus ook de toepassingen van kunststof in nieuwe producten. De term behelst méér dan alleen techniek en heeft ook betrekking op processen als gebruik, verschillende gebruiksfasen, hergebruik/recycling, ontwerpen voor recycling, levensduur(voorspellingen) en procesoptimalisatie.

Productiefasen

In de kunststofverwerkende industrie kunnen de volgende drie fasen van de waardeketen worden onderscheiden:

- **Polymeerfase:** de chemische en materiaalkundige aspecten van de kunststoffen. Hierin zijn met name de grote multinationals actief.
- **Productfase:** de toepassing van polymeren in halffabricaten en producten, die worden ingebouwd in apparaten en systemen van OEMs (Original Equipment Manufacturers). Er zijn veel kleine tot middelgrote bedrijven in deze sector actief.
- **Systeemfase:** toepassing van producten en halffabricaten in systemen en apparaten. Door de innovatieve mogelijkheden van de polymeerproducten is een hogere toegevoegde waarde in het eindproduct mogelijk.

Gezien de mogelijkheden bij Windesheim en de samenstelling van de rubber- en kunststofindustrie richt het LKT zich hoofdzakelijk op de fasen 2 en 3. Het werkdo-
mein van het LKT wordt op een eenvoudige wijze uitgebeeld in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Eenvoudige weergave van het werkkerrein van het LKT

De product- en systeemfasen zijn toepassingsgericht en worden steeds kennisintensiever, wat goed aansluit bij de kenmerken en ambities van het hoger beroepsonderwijs. Deze beide fasen hebben betrekking op het werkgebied vanaf fundamenteel onderzoek, via ontwerp, productie en gebruik tot aan hergebruik. De nadruk van het LKT ligt op het ontwikkelproces van ontwerpen en engineering tot en met het produceren en (her-)gebruiken. Daarbij maakt het LKT zich sterk om de verschillende fasen en disciplines met elkaar te verbinden door samenwerking met interne en externe partners. Het is de bedoeling dat docent-onderzoekers binnen het LKT de mogelijkheid krijgen om promotieonderzoek te doen. In dat geval zal aansluiting gezocht worden met een (technische) universiteit om de wetenschappelijke diepgang van het onderzoek te waarborgen. In tabel 3.1 is de positie van het LKT en een aantal andere organisaties weergegeven, zoals kennis- en onderwijsinstellingen en industriële organisaties.

	Onderzoeken (fundamenteel)	Ontwerpen	Engineeren	Produceren
Polymeerfase	Technische Universiteit Eindhoven, BASF, DSM	Technische Universiteit Delft	Technische Universiteit Delft, Fachhochschule Osnabrück	BASF, DSM, Fachhochschule Osnabrück
Productfase	Technische Universiteit Delft, Universiteit Twente, IKV Aken	LKT, Technische Universiteit Delft, Ontwerpbureaus, Architectenbureaus	LKT, Ingenieursbureaus, Constructeurs	LKT, MKB-bedrijven
Systeemfase	Technische Universiteit Delft, TNO, Philips	LKT, Technische Universiteit Delft, TNO, Fachhochschule Osnabrück, Philips	LKT, Fachhochschule Osnabrück, Philips	LKT, Fachhochschule Osnabrück, Philips

Tabel 3.1: Positie van het LKT en voorbeelden van andere organisaties in de verschillende fasen van de waardeketen²

De in tabel 3.1 aangegeven gebieden en disciplines waarin het LKT actief zal zijn, sluiten goed aan bij het merendeel van de opleidingen binnen de School of Engineering & Design van de Christelijke Hogeschool Windesheim: Werktuigbouwkunde, Industrieel Product Ontwerpen, Technische Bedrijfskunde en Elektrotechniek.

Deze opleidingen zijn actief op deze gebieden en in de genoemde disciplines, echter niet specifiek voor de kunststofindustrie. In de ontwikkeling van deze disciplines richting de kunststofindustrie ligt dan ook de uitdaging van het LKT.

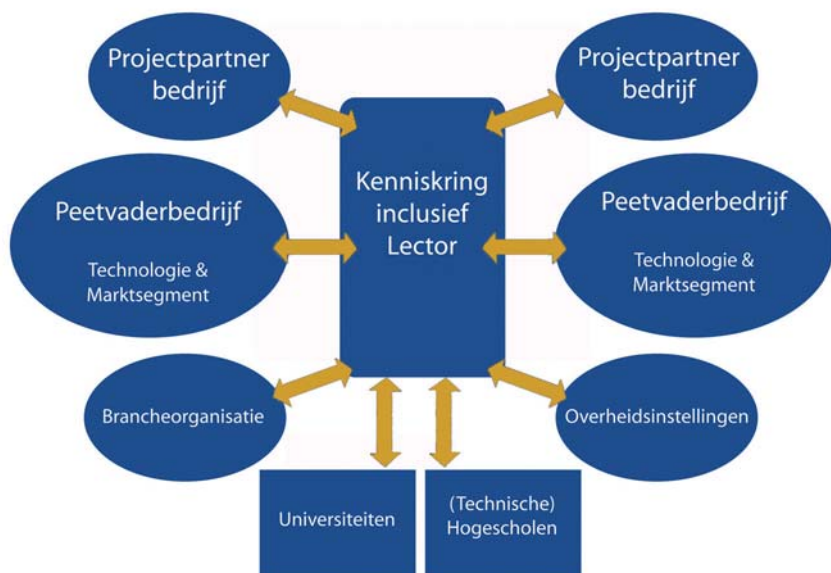
Kunststofonderwijs

De School of Engineering & Design en het LKT hebben een plan ontwikkeld voor de intensivering van kunststoftechnologie in het onderwijscurriculum. Dit plan bestaat uit de volgende stappen:

- intensiveren van kunststofonderwijs in de major Engineering
- ontwikkelen van de minor Polymer Product Engineer
- ontwikkelen van een Double Degree bachelor met de Fachhochschule Osnabrück
- ontwikkelen van een master Degree-opleiding Polymer Science
- ontwikkelen van een complete bachelor Kunststoftechnologie in samenwerking met de verschillende LKT-partners
- ontwikkelen van pre-mastertrajecten in samenwerking met bijvoorbeeld de Fachhochschule Osnabrück
- het aanbieden van stageplaatsen aan derde- of vierdejaarsstudenten
- het aanbieden van afstudeerplekken bij het LKT en/of de aangesloten partnerbedrijven
- het definiëren van onderwerpen ten behoeve van promotietrajecten kunststoftechnologie om docenten in staat te stellen om te promoveren binnen de kenniskring van het lectoraat

Organisatie lectoraat

De organisatie van het LKT is schematisch weergegeven in figuur 3.2 (pag. 28). In deze organisatie zijn verschillende partijen actief. Deze zullen hierna de revue passeren.



Figuur 3.2: Schematische weergave van de organisatie van het lectoraat

Kenniskring

Om de activiteiten voor het LKT te coördineren en uit te voeren zijn vakspecialisten aangesteld op het gebied van de kunststoftechnologie. Deze specialisten vormen samen met de lector de kenniskring van het lectoraat. De basisomvang van de kenniskring is 1,8 fte, gebaseerd op de aanstellingsomvang van de lector (0,6 fte).

Ondanks deze in eerste instantie beperkte omvang van de staf is het de ambitie van het lectoraat om met (incidentele) inzet van andere docenten en zeker ook van studenten de uitgangspunten en ambities waar te maken. Het eerste jaar van het lectoraat toont aan dat hiertoe al goede voortgang is gemaakt.

Peetvaderbedrijven

Een peetvaderbedrijf (zoals we partnerbedrijven noemen) is een innovatief en toonaangevende onderneming in een bepaalde verwerkingstechniek en toepassingsgebied, en is tevens sterk betrokken bij de kennisontwikkeling en kenniscirculatie op die terreinen.

Naast een bepaalde financiële bijdrage brengt het peetvaderbedrijf ook expertise in en

draagt het zorg voor dat expertisegeraad in het LKT. Deze expertise zal zichtbaar gemaakt worden in seminars, gastcolleges, publicaties en gezamenlijke onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten, stageplaatsen, afstudeerprojecten, docenten expertstages en gezamenlijke kennisopbouw.

Het is bedoeling dat het onderwijsaanbod van de School of Engineering & Design de belangrijkste kunststofverwerkende technieken zal omvatten die ook in de (regionale) kunststofindustrie voorkomen. In het LKT moeten alle belangrijke technieken hun plek krijgen. Het is tevens de bedoeling om aan al deze technieken een partnerbedrijf te koppelen.

Raad van Advies

De Raad van Advies (RvA) is de bindende, aanjagende factor achter de lectorale werkzaamheden en de samenwerking tussen alle betrokken partners. Het is zijn taak om het meerjarenplan van het LKT vast te stellen. Daarin worden de doelen en de onderzoeksagenda beschreven. Vanzelfsprekend zijn de volgende speerpunten in het meerjarenplan gerelateerd aan de kunststoftechnologie:

- stimuleren en organiseren van onderzoeksprojecten
- stimuleren en organiseren van hoger onderwijs
- stimuleren en organiseren van (persoonsgebonden) kenniscirculatie
- organiseren en uitvoeren van seminars, cursussen, lezingen en publicaties
- versterken van de samenwerking en de kennisuitwisseling tussen en met het bedrijfsleven, onderwijs en onderzoek

De RvA is dus actief op het grensvlak van onderwijs, onderzoek en bedrijfsleven. De activiteiten in deze werelden kennen een verschillende dynamiek en cultuur. De raadsleden hebben de taak om die op elkaar af te stemmen, opdat zij een optimale innovatie en effectieve werkwijze niet in de weg staan. De samenstelling van de raad is dan ook een afspiegeling van deze werelden.

De RvA wordt geleid door de lector: hij is inhoudelijk en programmatisch verantwoordelijk. De lector heeft zeggenschap over de onderzoeksagenda. Hij wordt organisatorisch en administratief bijgestaan door de lectoraatsecretaris.

De Raad van Advies bestaat uit de volgende leden (zie ook figuur 3.2):

- lector (voorzitter) en de secretaris van het LKT
- vertegenwoordigers van de peetvaderbedrijven. Zij hebben zich verbonden aan het

lectoraat door middel van kennisuitwisseling en financiële ondersteuning

- vertegenwoordigers van project-partnerbedrijven. Met hen worden specifieke projectopdrachten uitgevoerd
- de brancheorganisatie Federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofbedrijven (NRK). Zij fungeert als spreekbuis voor de rubber -en kunststofindustrie en in het bijzonder voor de MKB-bedrijven
- de docenten/experts in kunststoftechnologie uit de kenniskring van het lectoraat
- vertegenwoordigers van technische hogescholen en universiteiten

Samenwerking

Het LKT onderhoudt niet alleen intensieve contacten met kennisinstellingen als SAXION Hogeschool en de Fachhochschule Osnabrück, die beide al actief zijn in de kunststoftechnologie. Ook met andere opleidingsinstellingen wordt samengewerkt, zoals de drie technische universiteiten, het ROC Deltion in Zwolle, het Alfa College te Hardenberg, het STODT te Almelo en diverse opleidings- en onderzoeksfaciliteiten in de kunststofindustrie (inclusief die van de peetvaderbedrijven).

Onderzoek en onderwijs in de kunststoftechnologie kunnen niet zonder kapitaalintensieve middelen als machines, laboratoria, meetapparatuur en simulatiesoftware. Het bundelen van de krachten in onderwijs en onderzoek is derhalve vanuit meerdere perspectieven noodzakelijk: financieel, technologisch en expertisetechnisch.

Bronnen

1. *Samen slim samen sterk*, Innovatieprogramma voor de regio Zwolle 2007, Lysias Advies BV in opdracht van gemeente Zwolle in samenwerking met gemeente Kampen en de provincie Overijssel, oktober 2007
2. *Aanvraag Lectoraat Kunststoftechnologie*, Ynte van der Meer, Christelijke Hogeschool Windesheim, april 2008
3. *Beleidsplan 2008*, Erik de Ruijter, Federatie NRK, 2008

Duurzaamheid is één van de termen die niet meer weg te denken zijn uit de hedendaagse maatschappij. Zo zijn er workshops over duurzaam ondernemen, wordt duurzaam wonen onder de aandacht gebracht en zien we reclamespots over het gebruik van duurzame energie en duurzame producten. Er gaat geen dag voorbij of we worden herinnerd aan het belang van een duurzame levensstijl: 'Hoe zorgen we ervoor dat deze wereld ook voor onze kinderen en achterkleinkinderen nog een fijne natuurlijke wereld zal zijn om in te leven?'

Het gebruik van duurzame producten is dus één van de aspecten om huidige maatschappelijke problemen niet naar volgende generaties door te schuiven. Binnen dit aspect valt dan te denken aan het gebruik van zogenoemde biopolymeren en gerecyclede kunststoffen om het verbruik van ruwe olie, dat nu nog vaak gebruikt wordt ter vervaardiging van grondstofmateriaal, terug te dringen. Maar als het gaat om recyclen van materiaal, is er ruim aandacht voor het begrip *Cradle-to-Cradle*¹. In dit begrip wordt de hele levenscyclus van een product, van grondstof tot einde van de productlevensduur, onder de loep genomen. Met betrekking tot de procesvoering heeft duurzaamheid rechtstreeks betrekking op procesoptimalisatie (materiaalgebruik, cyclustijd) en energieverbruik.

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoeksveld van het LKT zoals die op basis van het werkplan gedefinieerd is. In het kort wordt ingegaan op actuele ontwikkelingen van de afzonderlijke thema's en de mogelijkheden die er liggen voor het LKT. Dit alles zonder de pretentie om een compleet overzicht te willen geven van ieder afzonderlijk speerpunt.

Biopolymeren

Allereerst is het goed om het begrip biopolymeren toe te lichten. Wanneer men spreekt over biopolymeren kunnen daar twee klassen van polymeren mee bedoeld worden^{2,3}. Enerzijds kan men bedoelen dat het weliswaar geproduceerd is met behulp van aardolie, maar dat er sprake is van de eigenschap dat het materiaal door biologische processen kan worden afgebroken. Een heel bekend voorbeeld van dergelijke materialen is het 'oplosbaar' hecht draad dat soms gebruikt wordt om wonden te hechten. Ander-

zijds kan men doelen op kunststof materiaal dat niet uit aardolie geproduceerd wordt, maar uit natuurlijke grondstoffen zoals zetmeel. In het kader van het lectorale onderzoeksveld wordt vooral de tweede aanduiding bedoeld.

Uit onderzoek blijkt dat het technisch mogelijk is om 90% van alle op aardolie gebaseerde polymeren te vervangen door biopolymeren². Dit zal echter op korte of middellange termijn niet haalbaar zijn en wel om redenen als economische barrières (productiekosten en beschikbare capaciteit), technische uitdagingen zoals opschalingen, beschikbaarheid van biogebaseerde grondstoffen en de noodzaak voor de kunststofverwerkende industrie om over te gaan op nieuwe kunststoffen. Ook hieruit blijkt niettemin het enorme potentieel voor de vervanging van op aardolie gebaseerde polymeren door biopolymeren.

De vooruitzichten voor het gebruik van biopolymeren zijn dan ook positief⁴. Enerzijds is er een groeiende behoefte aan kunststoffen door de groei-economieën zoals landen als Brazilië, China en India. Anderzijds is er een toenemende schaarste aan fossiele grondstoffen en afhankelijkheid van politiek en economisch instabiele leveranciers. Hierdoor willen westerse landen graag onafhankelijk worden van de beschikbaarheid van aardolie en het liefst zelf grondstoffen produceren. Een grotere onafhankelijkheid kan men verkrijgen bijvoorbeeld door biologische grondstoffen als basis te gebruiken voor kunststoffen. Echter, zowel biologische grondstoffen als fossiele grondstoffen zullen ten gevolge van de toenemende vraag in prijs stijgen.

Productiecapaciteit

In 2007 bedroeg de productiecapaciteit voor biopolymeren wereldwijd zo'n 360.000 ton. Europa droeg daar 130.000 ton aan bij, Noord-Amerika 119.000 ton, Azië/Australië 104.000 ton. De rest werd in Zuid-Amerika en Afrika geproduceerd². Dit was minder dan 1% van de totale productiecapaciteit aan kunststoffen. Hierbij werden de biopolymeren uit zetmeel (43%) en polymelkzuur (42%) het meest geproduceerd en polyhydroxyalkanoaat (PHA) minder.

Voorspellingen geven aan dat de productiecapaciteit van biopolymeren de komende jaren zal toenemen tot ca. 3.450.000 ton in 2020. Deze enorme toename is voor een groot deel toe te schrijven aan de ontwikkeling dat bestaande grondstoffen vervangen kunnen worden door biogebaseerde alternatieven zoals het geval is voor polyethyleen, waarvan het uitgangsmateriaal etheen vervangen kan worden door bio-etheen.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van deze voorspelling met een onderverdeling naar kunststofsoort, aandeel in productiecapaciteit en de belangrijkste spelers.

Type biopolymeer	Aandeel in 2020	Productiecapaciteit van de belangrijkste producten in 2020
Zetmeel polymeer	38%	Novamont 200 kt, Botec 300 kt, Rodenburg 40 kt, Plantic 15 kt, BIOP 180 kt, Cereplast 450 kt, Livan 110 kt
PLA	24%	Natureworks 450 kt, Purac en partners 300 kt, Pyramid 60 kt, Teijin 10 kt, Hisun 5 kt
Bio polyethyleen	18%	Braskem 200 kt (PE), Dow-Crystalsev 350 kt (PE), Solvay 60 kt (etheen)
PHA	13%	Telles 50 kt, Tianan 50 kt, kaneka 50 kt, Meridian 272 kt, DSM/Greenbio 10 kt
Biogebaseerde monomeren	6%	Dow 10 kt, Solvay 110 kt
Overige	2%	Innovia 20 kt (cellulose films), Dupont 10 kt PTT, Arkema enkele kt PA11
Totaal	100%	

Tabel 4.1: Aandeel van biopolymeren per type en belangrijkste spelers in 2020 zoals aangegeven in bedrijfsaankondigingen²

Redenen⁵ voor kunststofverwerkende bedrijven om nu toch over te gaan op biogebaseerde kunststoffen zijn onder meer de klimaatcrisis, oliecrisis, de olieprijs en het Cradle-to-Cradle-principe (zie verderop in dit hoofdstuk). Omdat voor het produceren van biopolymeren geen aardolie als grondstof wordt gebruikt, kunnen deze materialen een oplossing bieden voor de hierboven genoemde problemen. Ook voor deze klasse van kunststoffen zal hergebruik, recycling en verbranding met energierugwinning aan de orde komen.

Op dit moment zijn de automobiellindustrie en elektronica producenten de grote gebruikers van biogebaseerde kunststoffen. Voorbeelden zijn deurpanelen, vloermatten, laptops, folies en mobieltjes die van deze materialen gemaakt zijn. Net als traditionele thermoplastische kunststoffen zullen biogebaseerde kunststoffen gerecycled kunnen worden. En ook hierbij is een goede scheiding van groot belang.

Biopolymeren worden vaak bestempeld als milieuvriendelijk, duurzaam en groen. Maar dit beeld is erg zwart-wit. Altijd moet gekeken worden naar het gebruik van het materiaal in relatie tot de toepassing. Er kan pas echt iets over de milieuvriendelijkheid van een product of materiaal gezegd worden als er een milieugerichte Levens Cyclus Analyse (LCA) is uitgevoerd. In een LCA moet de hele levenscyclus van een product bekeken worden: van de winning van grondstoffen via productie en (her)gebruik tot en met afvalverwerking. Oftewel: van de wieg tot het graf.

De uitkomst van een LCA is een 'ecoscore'⁶. Aan de ecoscore is te zien welke effecten de belangrijkste rol spelen in de levenscyclus. Die effecten kunnen dan met voorrang worden aangepakt.

Een LCA opstellen voor een product is een erg lastige en tijdrovende aangelegenheid⁵. Bij nieuwe materialen kan dit voor grote problemen zorgen omdat geregeld veel gegevens ontbreken. Vaak is het lastig om een voorspelling te doen over de milieubelasting bij bijvoorbeeld oogsten, verwerken en transporteren.

Binnen het gebied van de biopolymeren moet verder nog onderscheid gemaakt worden tussen de afbreekbare types en de niet-afbreekbare soorten. Tabel 4.2 geeft hiervan een overzicht, inclusief de verwachte verdeling in geproduceerde tonnages in 2020.

Type biopolymeer	Biodegradeerbaar	Niet degradeerbaar	Totaal
Zetmeel polymeer	780 kt	519 kt	1.299 kt
PLA	830 kt		830 kt
PHA	440 kt		440 kt
Bio-gebaseerd ethyleen		610 kt	610 kt
Bio-gebaseerde monomeren		210 kt	210 kt
Overige	25 kt	35 kt	60 kt
Totaal	2.075 kt	1.374 kt	3.449 kt
	60%	40%	100%

Tabel 4.2: Onderverdeling van biopolymeren in biodegradeerbaar en niet degradeerbaar en de verwachte productiehoeveelheden in 2020²

Toepassing biopolymeren

Biopolymeren worden in toenemende mate gebruikt in thermogevormde verpakkingen-producten en geblazen folies. Maar het spuitgieten van producten op basis van biomaterialen is nog steeds beperkt. Omdat spuitgieten de belangrijkste verwerkingstechniek voor polymeren is, is het belangrijk dat de belangrijkste obstakels weggehaald worden om de ontwikkeling van nieuwe spuitgegoten producten op basis van biopolymeren mogelijk te maken⁷.

Matrijsontwerp is één van de meest kritische stappen bij de ontwikkeling van producten. In het algemeen worden producten ontworpen door industrieel ontwerpers of ingenieurs. De informatie van ontwerpparameters van biopolymeren ontbreekt echter nog grotendeels. Het gebrek aan dergelijke informatie wordt door kunststofverwerkende bedrijven genoemd als een belangrijke oorzaak van het zeer beperkt inzetten van biopolymeren.

In de nabije toekomst zullen er door gebruik te maken nieuwe ontwikkelingen op het gebied van biomaterialen, zoals nieuwe spuitgietgrades en additieven, nieuwe ontwerpparameters en verwerkingscondities gevonden worden. Hierdoor zal het gebruik van biopolymeren gaan toenemen bij het ontwerpen van nieuwe producten en prototypes.

Bij het spuitgieten van een materiaal spelen tal van factoren een grote rol⁷. Zo geeft bijvoorbeeld de *Melt-Flow-Index* (MFI) een indicatie van de doorstromingsnelheid van een polymeer. Wanneer deze erg laag is, kan het zijn dat er onvolledige vulling van een ma-

trijns optreedt omdat deze ontworpen is voor een materiaal met een hoge viscositeit. Krimp is een andere factor die bepalend kan zijn voor het succes van een bepaalde materiaalsoort. Omdat de mate van krimp voor elk materiaal verschillend is en elke matrijs ontworpen is voor een bepaalde krimp, kunnen biopolymeren niet zomaar worden ingezet. Wanneer een materiaal een andere mate van krimp heeft dan waar de matrijs voor ontworpen is, kan het zijn dat het product in de matrijs blijft hangen. Op het moment dat de verwerkingseigenschappen niet hetzelfde zijn, betekent dat niet meteen dat een materiaal niet geschikt is voor het desbetreffende product. Het betekent slechts dat het materiaal niet past bij de ingestelde spuitgietwaarden en matrijs. Wanneer een nieuwe matrijs voor dit product gemaakt wordt en er wordt rekening gehouden met de specifieke parameters van het materiaal, dan is dit vaak wel mogelijk. Voor het LKT ligt hier een terrein waarop dringend behoefte is aan verder onderzoek.

De belangrijkste producenten van biopolymeren Natureworks (PLA), Novamont (biopolymeren gebaseerd op zetmeel mengsels), Telles (PHA's) en enkele kleinere, zoals Rodenburg Biopolymers, Greengran en Purac, hebben ontdekt dat spuitgieten een goede mogelijkheid is om het marktaandeel te vergroten. Er is onlangs dan ook een aantal nieuwe spuitgietgrades verschenen van deze producenten.

Maar deze toename van het aantal verschillende grades maakt materiaalselectie voor de industrieel ontwerpers en ingenieurs erg lastig. Dat komt voornamelijk doordat de beschikbare informatie in veel gevallen (nog) niet voldoende is en er alleen informatie gegeven wordt over het verwerken van de materialen en niet voor het ontwerpen. Verder worden dan vaak alleen eigenschappen van het pure materiaal vermeld en niet voor de compounds, zoals die gebruikt worden in de uiteindelijke producten.

Innovatieve ondernemers kunnen door middel van milieuvriendelijke producten met unieke eigenschappen de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie helpen vergroten en verder uitbouwen. Het gebruik van biopolymeren past bij de uitgangspunten van het Cradle-to-Cradle-concept, mits die gebaseerd zijn op groene uitgangspunten en groene productieprocessen. Deze aanpak draagt er toe bij dat het imago van kunststofproducten en de kunststofverwerkende industrie verbetert.

Duurzaam produceren

Hierboven is duidelijk geworden dat biopolymeren weliswaar een veelbelovende klasse van materialen vormen om duurzaamheid te bereiken, maar er is nog veel on-

derzoek nodig voordat biopolymeren op grote schaal worden toegepast. Tot die tijd zullen de traditionele, op aardolie gebaseerde polymeren de belangrijkste grondstoffen blijven voor de kunststofverwerkende industrie. Maar ook als er gebruik gemaakt wordt van traditionele kunststoffen, is het mogelijk om duurzamer te produceren. Zo heeft de Nederlandse industrie in een convenant met het ministerie van Economische Zaken afgesproken in 2020 30% energiezuiniger te werken ten opzichte van 2005 (een besparing van gemiddeld 2% per jaar). Deze overeenkomst ('Meerjarenafspraak Energie-Efficiëntie', MJA-3⁸) is overeengekomen met circa 1000 bedrijven, waarvan er ongeveer 115 actief zijn in de rubber-, lijm- en kunststofindustrie.

In deze kunststofverwerkende sector ondersteunt brancheorganisatie NRK de desbetreffende ondernemingen bij het realiseren van dit doel. Tussen 2001 en 2008 hebben bedrijven die deelnemen aan de 'Meerjarenafspraak Energie-Efficiëntie MJA-29' al veel meer dan de afgesproken bezuiniging gehaald, namelijk bijna 60% ten opzichte van 1998. Deze besparingen zijn toe te schrijven aan het gebruik van duurzame energie, procesefficiëntie en besparingen door energiezuinige productontwikkeling.

Voorbeelden van duurzame productinnovatie zijn de ontwikkeling van volledig recyclebare producten en het hergebruik van afval bij de productie van kunststofartikelen. Om nog meer besparingen op dit gebied te bewerkstelligen richt het lectoraat zich op de ondersteuning van bedrijven bij de besparing in energieverbruik en in materiaal- en afvalkosten.

Een besparing op deze uitgaven is van groot belang voor kunststofverwerkende bedrijven, aangezien de energiekosten een significant onderdeel (gemiddeld 5-10%) uitmaken van de kostprijs van kunststofproducten. Met een gemiddeld aandeel van 50-75% is de invloed van de materiaalkosten op de kostprijs nog groter.

Gelet op de stijgende olieprijsen, die zowel doorwerken in de grondstofkosten als ook in de energiekosten, zal het aandeel van deze twee uitgaven in de kostprijs alleen maar blijven groeien. In dit kader is het belangrijk dat de kunststofindustrie haar producten en productsystemen op duurzaamheid en herverwerking voortdurend onder de loep neemt. De ondernemingsstructuur zal erop gericht moeten zijn dat deze producten met een minimaal gebruik aan energie en materiaal gemaakt kunnen worden.

Hulpmiddelen

De activiteiten voor energiebesparing, materiaalbeheer, afvalbeheer & recycling en milieubeheer kosten in de praktijk veel tijd en geld van de kunststofondernemingen. En die kosten zullen uiteindelijk terugverdiend moeten worden. Op dit gebied zal het LKT een belangrijke bijdrage kunnen leveren.

Door middel van efficiënter materiaalgebruik en effectieve recycling van kunststof kan met behulp van nieuwe technieken voor procesoptimalisatie nog een aanzienlijke materiaalbesparing bereikt worden.

Voorbeelden van hulpmiddelen die ingezet kunnen worden om duurzamere processen te bereiken, zijn de NRG-SCOPE (energiescan ontwikkeld op Windesheim) en de Procesparameter Effect Methode (PEM) voor productieprocessen. Met de NRG-SCOPE is het mogelijk om een globale analyse te maken van het energieverbruik van bedrijven. Op deze manier kan in kaart gebracht worden hoe de diverse bedrijven omgaan met energie en hoe zij op dit punt ten opzichte van elkaar staan. Deze globale analyse maakt het vervolgens mogelijk aandachtspunten te definiëren om specifiek te kijken naar verbeteropties.

De PEM-aanpak (een op Design of Experiments gebaseerde methodiek) maakt het mogelijk om de invloed van procesvariabelen op bijvoorbeeld productgewicht te meten. Wanneer ook relevante kwaliteitskenmerken in een dergelijk onderzoek worden meegenomen, kan naar meer optimale instellingen in het productieproces gezocht worden. Op deze manier is het mogelijk om minder grondstof te verbruiken en sneller te produceren zonder verlies van de productkwaliteit en tegelijkertijd te besparen op grondstof- en energiekosten.

Verder kunnen deze onderzoeken ondersteund worden door het gebruik van moderne meetapparatuur, zoals infraroodcamera's, om temperatuurverdelingen binnen producten in kaart te brengen. Wanneer met dergelijke camera's probleemgebieden in bijvoorbeeld spuitgietproducten geïdentificeerd zijn, kan er mogelijk een aanpassing in de matrijs gedaan worden die zou kunnen bijdragen tot een efficiëntere productie.

Recycling

De Plastic Heroes-campagne (zie figuur 4.1) is één van de voorbeelden, waarmee de overheid ons de laatste tijd bewust wil maken van het belang van een duurzame levensstijl. Zo kunnen we ervoor zorgen dat de wereld ook voor de generaties na ons goed leefbaar zal zijn.



Figuur 4.1: Plastic Heroes campagne

Recycling is het proces waarbij een afvalstroom opnieuw tot grondstof wordt verwerkt, zodat er nieuwe producten uit gemaakt kunnen worden.

In de Cradle to Cradle-filosofie van William McDonough & Michael Braungart¹ is dit *downcycling*, omdat bijvoorbeeld door de aanwezigheid van additieven een minder goed gedefinieerde grondstof geproduceerd wordt. Hierdoor nemen de waarde en de kwaliteit van het materiaal af en worden de mogelijkheden voor toekomstig gebruik steeds geringer.

In kunststofrecycling kan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende afvalstromen: productie, huishoudelijk en industrieel afval. Productieafval is goed gedefinieerd en kan op relatief eenvoudige wijze worden gerecycled tot een goede grondstof. Kunststofafvalstromen uit het huishoudelijk afval zijn vaak vervuild met andere kunststofsoorten en niet-kunststoffen; extra sortering is vereist om tot een recyclebaar materiaal te komen. Industrieel (post-use)afval is vaak wel gesorteerd op kunststofsoort, eventueel op kleur en is bovendien vaak nauwelijks vervuild.

In tabel 4.3 is een opsplitsing gemaakt tussen de hoeveelheid ingezamelde post-consumer afval per sector en het hergebruikte materiaal.

Sector		Ingezameld		Materiaal hergebruik	
		in kt	in %	in kt	in %
Verpakkingen	huishoudelijk	308	36	0	0
	Industrieel	205	24	148	72
Bouw & constructie		66	8	13	20
Elektrisch & elektronisch		43	5	4	9
Automotive		33	4	3	10
Huishoudelijk, sport & ontspanning		25	3	0	0
Land- en tuinbouw		32	4	9	28
Overig (meubels, etc.)		139	16	0	0
Totaal		851	100	177	21

Tabel 4.3: Ingezamelde post-consumer kunststoffen per sector in Nederland¹⁰

De in tabel 4.3 aangegeven sectorindeling is voor het hergebruik van kunststoffen van belang, omdat post-consumer kunststoffen uit deze sectoren sterk van elkaar kunnen verschillen. Per sector worden verschillende kunststoffen toegepast die met hun specificaties en toevoegingen zijn afgestemd op de toepassingen in de sector.

In Europa werd in 2009 circa 45 miljoen ton kunststof in producten verwerkt. De verpakkingsindustrie is de grootste verbruiker van kunststoffen met 40,1%, daarna volgt de bouw & constructie met 20,4%, de automobiellindustrie met 7% en elektrisch & elektronisch met 5,6%. In andere toepassingen werd 26,9% ingezet. In 2009 is rond 25 miljoen ton kunststofafval ontstaan. Dit getal is lager omdat een deel wordt gebruikt voor kortcyclische toepassingen, vooral verpakkingen, en een deel voor toepassingen met een langere levensduur. Zoals uit tabel 4.3 blijkt, maken verpakkingen met 60% het grootste deel van de ingezamelde kunststofstromen uit.

Van de 25 miljoen ton kunststofafval die jaarlijks in West-Europa ontstaat, wordt tot nu toe helaas slechts een beperkt gedeelte gerecycled. Het overgrote deel wordt verbrand of gaat in de export naar het Verre Oosten. In een aantal landen, waaronder Duitsland, geldt verbranding met energietेरugwinning als een geaccepteerde valorisatiemethode.

Opwaardering recyclaat

De prijs van recyclaat is een belangrijk koopargument¹¹. Afhankelijk van de kwaliteit en levervorm (maalgoed of re-granulaat) is recyclaat 10 tot 50% goedkoper dan nieuw (*virgin*) materiaal.

Voor de verwerkers (ook wel converters genoemd) van recyclaat is een constante kwaliteit van het materiaal van groot belang. Wisselende kwaliteit leidt tot productie-uitval en daarmee tot kosten. Juist die contante kwaliteit is voor de recyclingindustrie tot nu toe vaak moeilijk. Recyclaat wordt hierdoor tot nu toe vrijwel alleen ingezet waar materiaalkosten een belangrijk deel van de kostprijs uitmaken en de kwaliteitseisen aan het eindproduct lager zijn.

Maar voor recyclaat van goede kwaliteit worden hoge prijzen betaald die de prijs van virgin materiaal benadert. Dit recyclaat is vaak afkomstig van productie- of bedrijfsafval maar is slechts in beperkte hoeveelheid beschikbaar. Daardoor hebben deze restkunststoffen een positieve waarde en moet er door de recycler voor betaald worden. Dit geldt ook voor PET- en HDPE-flessen die in veel landen in separate inzamelsystemen worden ingenomen. Zo gebruikt Coca Cola ongeveer 25% recyclaat in zijn PET-flessen.

Kunststoftechnologie, dat wil zeggen: kennis van polymeren en hun eigenschappen, kan een belangrijke bijdrage leveren bij het opwaarderen van recyclaat. Door bijvoorbeeld gebruik te maken van additieven kan recyclaat verkregen worden dat keer op keer dezelfde eigenschappen en functionaliteit heeft.

Als een materiaal meermalen is gerecycled, zullen de slagvastheid en de Melt-Flow-Index als eerste merkbaar veranderen. Om dat effect te verhogen kun je kunststof toevoegen met een hogere slagvastheid of elastomeren (slagvastheidverbeters). Recyclaat wordt in toenemende mate toegepast als substituut voor virgin kunststoffen. Naast de toepassingen waarin gedeeltelijk recyclaat is verwerkt, zijn er steeds meer producten die volledig uit opnieuw gebruikt materiaal bestaan.

Recyclaat begint de laatste tijd meer terrein te winnen op de consumentenmarkt (zie bijvoorbeeld figuur 4.2). In verpakkingen als draagtassen, PET- en HDPE-flessen wordt al veel recyclaat ingezet, maar ook in secundaire verpakkingen zoals pallethoezen en kratten. Echter de opmars verloopt nog niet zo snel. Ook blijven de initiatieven vaak beperkt tot onderdelen die niet zichtbaar zijn. De groei is wel een stapje in de goede richting. Een gebied waarop al wel veelvuldig van recyclaat gebruik gemaakt wordt, is de (weg- en water)bouw. Voorbeelden zijn buizen en drainagekratten.



Figuur 4.2: Voorbeelden van gerecyclede producten: diamantkoppalen, speeltoestellen, vlonders

Uitdaging lectoraat

Gerecyclede kunststoffen zijn goedkoper dan nieuwe kunststoffen. Bij grote series of bij dikwandige producten kan de toepassing van gerecyclede materialen grote economische voordelen opleveren. Er zijn voorbeelden bekend van voordelen van 20% tot 40% ten opzichte van virgin materialen. Als echter de beschikbaarheid van recyclaat achter blijft bij de vraag, kan de prijs van recyclaat oplopen tot 95% van virgin. Helder materiaal heeft een grotere waarde, maar vereist ook extra sortering voor recycling. Hier ligt een grote uitdaging om een oplossing te vinden. Dat geldt evenzeer voor het zoeken naar nieuwe toepassingen met gerecyclede kunststoffen.

Het gebruik van recyclaat sluit aan op de MJA-2 (2001-2012)⁹. Binnen de kunststofverwerkende industrie wordt een gedeelte van het energiebeslag veroorzaakt door het gebruik van aardolie voor de productie van virgin kunststoffen. Door recyclaat te gebruiken wordt dit beslag kleiner. Dit betekent dat kunststofverwerkers door het toepassen van recyclaat een bijdrage kunnen leveren aan de energie-efficiency doelstellingen van MJA-2.

Hoe groot de uitdaging is om een wezenlijke verhoging van het hergebruik van kunststoffen te realiseren, wordt duidelijk aan de hand van het volgende rekensommetje. In 2006 werd 851 kt kunststoffen ingezameld, waarvan 177 kt als materiaal werd hergebruikt. Stel dat het hergebruik in 2020 op 60% zou moeten liggen. Dat is 510 kt en komt neer op een verhoging van 333 kt ten opzichte van 2006 en een toename van zo'n 34 kt per jaar. Voor die hoeveelheid moeten nieuwe toepassingen worden gevonden als de kwaliteit van de recyclaten niet verbetert. Of er moet een (verwerkings)technologie ontwikkeld worden, waarmee de kwaliteit van het recyclaat wordt verhoogd. Daardoor kan het in de bestaande markten voor kunststoffen worden afgezet.

Zoals hierboven aangegeven is er een ontwikkeling gaande om recyclaten van mindere kwaliteit te gebruiken in nieuwe toepassingen, zoals banken, palen, schuttingen, speeltoestellen en drainagesystemen. Deze toepassingen zijn interessant als het gebruik van kunststoffen eigenschappen aan de producten verleent die voordelen opleveren (langere levensduur, gewichtsbesparing, minder onderhoud, enz.). Deze voordelen zullen ertoe leiden dat de ontwikkeling doorgaat. Een duidelijke taak is hier weggelegd voor het Lectoraat Kunststoftechnologie om de marktacceptatie te vergroten en nieuwe applicaties voor recyclaat te vinden.

Cradle-to-Cradle

Een begrip dat ook steeds vaker zijn intrede doet, is *Cradle-to-Cradle*¹. Weliswaar is deze term bij consumenten nog niet zo bekend, maar het zal niet lang meer duren of ook dit begrip is - net als duurzaamheid - voor een ieder de normaalste zaak van de wereld geworden.

Wat is het Cradle-to-Cradle-principe?

De kern van Cradle-to-Cradle (C2C) ligt in het concept *afval is voedsel*. Alle gebruikte materialen zouden na hun levensduur in het ene product, nuttig kunnen worden ingezet in een ander product. Hierbij zou geen kwaliteitsverlies mogen zijn en alle restproducten moeten hergebruikt kunnen worden of milieuneutraal zijn. Deze kringloop is dan compleet en in dat geval kan afval dus gezien worden als voedsel.

Bij duurzame ontwikkeling voorziet de huidige generatie in haar noden zonder de mogelijkheden daartoe voor de volgende generatie te beperken. Het C2C-principe gaat verder en wil voorzien in onze eigen noden, terwijl er ook een meerwaarde voor de toekomstige generaties wordt gecreëerd.

“De industrie moet ecosystemen - het biologische metabolisme van de natuur - beschermen en verrijken. Tegelijkertijd moet zij een veilig, productief technisch metabolisme in stand houden voor hoogwaardig gebruik en de circulatie van minerale, synthetische en andere materialen.”¹

C2C is meer dan recycling. Afval neemt toe en de schadelijke effecten op het milieu ook. En nog belangrijker: we gooien nu een heleboel waardevolle materialen weg. Deze materialen kunnen dienen als grondstof voor andere producten. C2C is dus in feite een zuiverdere vorm van recycling waarin men werkt volgens het principe: van grondstof naar product en weer terug naar hoogwaardige grondstof voor nieuwe producten.

Fout in ontwerp

Lijkt C2C toch niet heel erg op recycling? Het lijkt erop, maar verschilt er toch ook essentieel van. Dit kan duidelijk gemaakt worden met het voorbeeld van de levensloop van plastic flessen.

Nadat de consument de fles heeft leeggemaakt, kan het gebruikte product dienen als grondstof voor een nieuw product. Bij het recyclen van plastic flessen is echter niet van tevoren rekening gehouden met een mogelijk hergebruik. Reguliere kunststofproducten zitten vol toegevoegde stoffen - weekmakers en dergelijke - die er niet meer uit te krijgen zijn.

Het gevolg is dat kunststoffen bij de eerste ronde hergebruik zo sterk in kwaliteit terugelopen, dat je er niet opnieuw flessen van kunt maken. Maar wel - zoals nu vaak gebeurt - bloempotten. Die bloempotten op hun beurt kunnen nog even mee, waarna het kunststof van de pot nog een derde leven kan leiden als paaltje langs de snelweg. Bij iedere stap loopt de kwaliteit van het materiaal verder terug. En uiteindelijk houd je toch afval over, alleen nog goed voor de verbrandingsoven. Het materiaal is alsnog in rook opgegaan - in een slingerlijn van de wieg naar het graf.

De fout zit hem in het ontwerp van de fles. Alles wat je na die fout doet, aldus McDonough en Braungart¹, is lappen. ‘Als je vanuit de VS naar Mexico wilt’, geeft McDonough¹ als metafoor, ‘en je merkt dat je naar het noorden rijdt, kun je wel langzamer gaan rijden, maar eindig je toch in Canada.’ Het roer moet dus echt om en het product moet zo worden ontworpen dat het leven van de materialen die erin verwerkt zijn, in een oneindige cirkel van wieg tot wieg gewoon doorgaat.

Afval is voedsel

Zoals gezegd is 'afval is voedsel' het grondbeginsel van het C2C-principe. Om afval als voedsel te laten werken, moeten biologische en technische 'voedingsstoffen' scheidbaar zijn waarna elke stof opnieuw in een eigen cyclus kan worden verwerkt. In deze voortdurende kringloop zouden alle materialen en stoffen hun biologische en technische voedingswaarde moeten behouden.

'Afval is voedsel' is een uiterst positief uitgangspunt. Dit blijkt uit het feit dat:

- er geen afval meer bestaat, dat alles wat we gebruiken en maken in een kringloop wordt opgenomen en dat we ook iets teruggeven aan de natuur
- de gebouwen waarin wij leven en werken, fungeren als bomen
- de mens niet meer een vijand is van de natuur maar een onderdeel ervan
- afval voedsel is en dat we de zon als energiebron gebruiken

Het scheppen van dit bewustzijn bij ondernemers en studenten en de kansen die er liggen in het toepassen van het C2C-concept tijdens de ontwikkeling van nieuwe producten en materialen: daar ligt een belangrijke taak voor het lectoraat.

De noodzaak om anders om te gaan met onze spullen is niet meer te ontkennen. Alleen al als er gekeken wordt naar de gevolgen van het plasticafval in onze zeeën en oceanen¹², dan blijkt het de hoogste tijd om maatregelen te nemen. Het gaat er niet om de dingen minder slecht te doen, maar om ze meteen goed te doen.

Rapid Prototyping en Manufacturing

Ondanks de toenemende automatisering en mechanisering in de jaren '70 werd er in het productcreatieproces nog veel gewerkt met technische tekeningen en detailleringen op papier. Bovendien werd er voor beoordeling van ontwerpen veelvuldig gebruik gemaakt van handvervaardigde klei- en schuimmodellen. Modelmakerijen waren veelal onderdeel van de bedrijven. Met de komst van digitale technieken ter ondersteuning van het ontwerpproces in de jaren '80 zien we dat ook de producten veranderen. Ondanks het feit dat er weliswaar veelal digitaal getekend werd, zien we echter nog steeds 'het ontwerpen in aanzichten' terug in de producten van die tijd. Het in 3D simuleren kostte nog erg veel rekentijd en computerkracht. Begin jaren '90 zien we dit veranderen, de hulpmiddelen voor ontwerpen werden zo krachtig dat er overgegaan kon worden op volledig digitaal ontwerpen. Nog steeds waren tussenproducten modellen of prototypes noodzakelijk, maar deze konden nu ook al computergestuurd

vervaardigd worden met CNC-gestuurde freesbanken. Aan het begin van deze eeuw komen ook andere technieken op de markt om prototypes en modellen te vervaardigen. Hoewel deze eerste Rapidtechnieken technisch haalbaar zijn, kunnen ze vanwege hun kostprijs nog niet op grote schaal toegepast worden¹³.

Het steeds verder terugdringen van de ontwikkelingstijd is tegenwoordig nog altijd een essentieel criterium dat wordt uitgedrukt in de time-to-market-factor. De prijsstelling wordt minder belangrijk als een onderneming op een korte termijn een kwalitatief goed product kan leveren. De automobiellindustrie is een goed voorbeeld van deze ontwikkeling. Tot voor kort had een model een levensduur van 12 tot soms wel 15 jaar. Tegenwoordig komen de eerste modificaties al na 2 jaar en een nieuw model wordt al na 4 jaar geproduceerd.

Rapid Prototyping en Rapid Manufacturing, termen die nu zo'n 15 jaar oud zijn, stonden aan de basis van de trend naar terugdringing van ontwikkelingstijden van enkele maanden tot soms maar enkele dagen. Het is daarom geen wonder dat deze technologie *state of the art* is geworden binnen veel ontwikkelingsafdelingen¹⁴.

Meer vormvrijheid

Bij Rapid Prototyping en Rapid Manufacturing wordt een ontwerp als het ware driedimensionaal geprint (3D-printing). Hierbij worden bijvoorbeeld korreltjes (van kunststof, metaal of keramiek) aan elkaar gehecht om de gewenste vorm te verkrijgen. De met behulp van Rapid Manufacturing gemaakte producten kunnen eindproducten of onderdelen daarvan zijn. Zij kunnen ook dienen als matrijs (Rapid Moulding).

Rapid Manufacturing maakt het niet alleen gemakkelijker om te variëren in design, het geeft ook meer vormvrijheid voor een individueel ontwerp. Hierdoor kunnen producenten beter inspringen op de specifieke wensen van hun klanten. De producent kan daardoor een relatief vergaande vorm van *mass customization* realiseren.

Door de snelle ontwikkelingen binnen deze technologieën wordt het verschil tussen prototype, batchproductie en serieproductie steeds kleiner. In het begin was Rapid Prototyping een methode om even snel een ontwerp te maken en te controleren. Tegenwoordig is het zo dat Rapid Manufacturing en Rapid Production het mogelijk maken om zonder een matrijs binnen een korte termijn enkele duizenden onderdelen te maken.

Maar Rapid Prototyping en Rapid Manufacturing leiden niet alleen tot een verkorting van de ontwikkeling- en productietijd. Ze bieden in de toekomst zelfs een oplossing

voor omstandigheden waarin opslagruimte en logistieke systemen ontbreken. Door gebruik te maken van deze nieuwe technologie is alles wat je nodig hebt een 'basisrecept' als vloeistof of poeder en een digitaal ontwerp (bijvoorbeeld een CAD-file) van de onderdelen in digitale vorm. Het benodigde onderdeel kan dan binnen enkele uren geproduceerd worden. Voorraden zijn dus niet meer nodig, waardoor het afval fors teruggedrongen wordt. Door de snelle ontwikkelingen van de afgelopen jaren is er een grote verscheidenheid aan 3D-printtechnieken op de markt gekomen met elk zijn eigen specifieke toepassingsgebied.

Voor de doorsnee productontwikkelaars en kunststofverwerkende bedrijven is het vrijwel onmogelijk hiervan een goed overzicht te hebben, laat staan een goede keuze te kunnen maken. Veel ondernemers besluiten dan ook vaak ten onrechte dat deze technologie niet geschikt is voor hun bedrijf. En dat terwijl er van deze opkomende technologie ongekende mogelijkheden verwacht worden op het gebied van innovatie, ontwikkeling en concurrentieverbetering voor bedrijven die hierin durven investeren. Hier ligt de komende jaren een schone taak voor het Lectoraat Kunststoftechnologie om deze kenniskloof te dichten.

Bronnen

1. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, William McDonough & Michael Braungart, North Point Press, 2002, <http://epea-hamburg.org/index.php?id=159>
2. *Product overview and market projection of emerging bio-based plastics - PRO-BIP 2009 Final report*, Li Shen, Juliane Haufe, Martin K. Patel, Utrecht University, June 2009
3. *Environmental Biodegradable Resins & Additives*, Alexandre Bright, Admira Limited Bioplastics, 2010
4. *Bioplastics*, Christiaan Bolck, Wageningen University, Propress, 2006
5. *Milieubewuste kunststoffen, Biopolymeren van plan(t) tot product*, MiO2 boekje, SAXION, november 2010
6. *Life Cycle Design of Emerging Energy Generation Technologies*, Seung J. L., J. Cooper, Presented at the 2006 InLCA Conference, October 4-6, Washington, DC
7. *Injection molding biopolymers: how to process renewable resins*, Knights, Mikell, The Free Library. april 2009, www.ptonline.com/articles/200904fa1.html
8. *Meerjarenafpraak Energie-Efficiëntie (MJA-3) 2001-2020*, Ministerie van Economische Zaken, juli 2008
9. *Meerjarenafpraak Energie-Efficiëntie (MJA-2) 2001-2012*, Ministerie van Economische Zaken, december 2001
10. *Roadmap Procesindustrie Kunststofrecycling in Zuid-Nederland*, D.C. Vermaire, september 2009
11. *Toepassen van kunststofrecyclaat*, Vereniging van Kunststof Recyclers, 2004
12. *Plastic Soep*, Jesse Goossens, Lemniscaat, april 2009
13. *What is Rapid Prototyping?*, MK-Technology, oktober 2010, www.mk-technology.com/rapid_prototyping
14. *Rapid Prototyping: A True Tool for Change*, Todd Grimm, Manufacturing Engineering, april 2004



De rups moet de komende jaren in haar cocon transformeren om zich in de wijde wereld te handhaven. De globalisering maakt van ons aardrijk een echte wijde wereld en de snelle technologische ontwikkelingen bieden uitstekende mogelijkheden om de rups levensvatbaar te maken en te laten uitvliegen over de markt van morgen. En die verandert sneller dan we voor mogelijk houden.

De kunststofbranche is volop in beweging. In het vorige hoofdstuk is uiteengezet wat er langs de weg van innovatieve productontwikkeling moet gebeuren om de concurrentiekracht van de kunststofverwerkende industrie te versterken. Dat is de kern van de beoogde transformatie. Als het bedrijfsleven zich bezighoudt met de daar beschreven thema's, ondergaat het vanzelf een radicale verandering. Daardoor zal zich nationaal en internationaal een nieuwe markt voor deze tot nu toe behoudende industrietak openen. En er liggen volop kansen om daarin te slagen, mits alle betrokken partijen in de markt en in de kennisinstellingen hun handen ineenslaan en gezamenlijk werken aan de verwezenlijking van die noodzakelijke transformatie.

Drie wegen staan daartoe open en ze zijn alle drie onlosmakelijk aan elkaar verbonden: *productinnovatie, onderwijsinnovatie en kenniscirculatie*. In onderlinge samenwerking moeten deze wegen leiden tot een forse kwaliteitsimpuls van de kunststofsector, tot een prominenter plaats op de wereldmarkt en tot behoud of zelfs uitbreiding van de werkgelegenheid.

Dat ambitieuze doel kunnen we bereiken door samen hard te werken aan drie trajecten, die in de voorgaande hoofdstukken al zijn gedefinieerd:

- de ontwikkeling en toepassing van vernieuwend onderzoek
- de ontwikkeling van en opleiden in de vereiste competenties (onderwijs)
- de vestiging van een duurzaam kennisportaal, serviceloket en onderzoekscentrum als spin in het web bij de overbrugging van de kenniskloof tussen industrie en onderwijs

Kunststof Expertise Centrum

Het Lectoraat Kunststoftechnologie van Windesheim wil de komende jaren de drijvende kracht achter dit innovatieproces zijn, vooral in de regio Noord- en Oost-Nederland waar veel kunststofbedrijven zijn gevestigd. Dat gaat zonder twijfel enige tijd duren. Het werkveld is nu eenmaal kennis- en kapitaalintensief.

Vanuit Windesheim wordt gedacht aan een horizon van tenminste tien jaar. Het is de bedoeling om binnen die termijn te komen tot de vestiging van een goed geoutilleerd en zelfstandig opererend onderzoeks- en adviescentrum, het Kunststof Expertise Centrum (KEC). Daarin komen de lijnen van onderzoek, onderwijs en kenniscirculatie bijeen, en werken alle kennis- en marktpartners projectmatig samen onder leiding van het Lectoraat Kunststoftechnologie.

Het KEC is dus na verloop van tijd de cocon van waaruit de rups leert vliegen. Het LKT laat zich daarbij inspireren door de doelen van het Centrum voor Waardecreatie uit het onderzoek van het Innovatieplatform, zoals die in hoofdstuk 2 zijn verwoord.

Het KEC zal dus een meervoudige, integrale en samenbindende functie bezitten, waarin opgenomen:

- waardecreatie in de vorm van het uitvoeren van onderzoeksprojecten (van kennis naar kunde naar kassa)
- kennisoverdracht in de vorm van onderwijs aan studenten en (bij)scholing van bedrijfsmedewerkers
- ondersteuning bij de totstandkoming van nieuwe projecten (projectbureau)

Op weg daarnaar toe ontwikkelt het LKT de komende jaren een tweeledige functie als *competentiecentrum* en *competentietransferpunt*.

1. Competentiecentrum:

- een onderzoekscentrum LKT, een bacheloropleiding Kunststoftechnologie met aansluiting op een masteropleiding, de kenniskring LKT
- het samenbrengen en coördineren van de competenties van partnerhogescholen en universiteiten
- de organisatie van nascholingscursussen, lezingen, seminars en congressen en de uitgifte van publicaties en studiemateriaal

2. Competentietransferpunt:

- centraal servicepunt en kennisportaal (zie ook hoofdstuk 2)
- spin in het web van het opleidings- en professionaliseringsaanbod van de partners, terwijl de competentieontwikkeling (cursussen en trainingen) kan plaatsvinden bij en onder verantwoordelijkheid van één van de partners, stemt vraag en aanbod op elkaar af
- inspireert en motiveert partners om zich te blijven ontwikkelen
- daagt partners uit kennis en competenties ter beschikking te stellen

De bedoeling is dat het lectoraat beide functies in zich verenigt om vervolgens uit te groeien tot hét kunststofexpertisecentrum van het land, waar je terecht kunt voor al je vragen op het gebied de kunststoftechnologie. En van waaruit onderzoek projectmatig wordt gestimuleerd, gecoördineerd en, waar mogelijk, gefaciliteerd en uitgevoerd. Bij de vormgeving van het competentiecentrum, en meer nog bij de competentietransferpunt, is een belangrijke rol weggelegd voor de Federatie NRK. De NRK heeft zich de laatste jaren ingespannen om de structuur van opleidingsinstituten, vakopleidingen en netwerken in kaart te brengen en op elkaar af te stemmen. De NRK heeft ook een landelijke examenstructuur ontwikkeld. Het LKT zal haar competentiegerichte activiteiten daarop afstemmen en samen met de NRK regie voeren.

Professionalisering

Het LKT wordt dus niet alleen voor medewerkers, docenten en studenten van Windesheim een plaats om zich verder te ontwikkelen en te professionaliseren. Ook andere partijen hebben hieraan deel. De ontwikkeling van het Lectoraat Kunststoftechnologie wordt extra gestimuleerd door de participatie van (regionale) ondernemingen als peetvaderbedrijf, zoals beschreven in hoofdstuk 3. Hierdoor verkrijgen deze bedrijven een voorkeurspositie bij het verwerven van stagiairs, afgestudeerden en afgestudeerden. Ook valt te denken aan jobswops, docentenstages, specialistenstages en EVC-trajecten (Elders Verworven Competenties).

Het gaat hierbij dus veel verder dan het geven van een gastcollege of het doen van een bedrijfsbezoek. Er wordt een actieve inhoudelijke en kwalitatieve wisselwerking tot stand gebracht. De verschillende partners (bedrijfsleven, instellingen) zullen met het LKT samenwerken op verschillende manieren, op verschillende terreinen en in een verschillende intensiteit.

Door de samenwerking op het gebied van kunststoftechnologie te intensiveren met bijvoorbeeld de drie Nederlandse technische universiteiten, Wageningen University & Research Centre en de Fachhochschule Osnabrück krijgt Windesheim een solide basis in het wetenschappelijke veld. De visie van het LKT is ook om door middel van promotietrajecten (PhD), mastertrajecten en afstudeerprojecten (bachelor) competenties van studenten, docenten en medewerkers te ontwikkelen.

De behoefte van de kunststofverwerkende industrie aan ingenieurs en (technische) managers is groot. Dit alleen al rechtvaardigt de extra aandacht voor kunststoftechnologie in de opleidingen in het hoger en wetenschappelijk onderwijs. De kunststofpro-

filtering van de School of Engineering & Design zal niet alleen zichtbaar worden in het onderwijsaanbod, maar ook in de verhoogde deelname aan onderzoeksprojecten en wellicht ook in octrooiaanvragen op het gebied van de kunststoftechnologie.

Ter afsluiting van dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de drie trajecten die gevolgd moeten worden om de gewenste transformatie te bereiken: onderzoeksontwikkeling, competentieontwikkeling, en de vestiging van een gecombineerd serviceloket, kennisportaal en onderzoekslaboratorium in het op te richten Kunststof Expertise Centrum.

Onderzoek

Op het gebied van toegepast wetenschappelijk onderzoek heeft de School of Engineering & Design van Windesheim nog relatief weinig ervaring. Op het vakgebied van de kunststoftechnologie moet deze activiteit vrijwel van de grond af worden opgebouwd. En dit betreft zowel de kennis als ook de daarbij behorende infrastructuur, zoals laboratoriumruimte en -apparatuur.

Bij de opzet van het lectoraat zijn geen financiële middelen voor laboratoriumruimte en -apparatuur in het budget opgenomen. Daarom zal een aanzienlijk aandeel van het onderzoek voorlopig extern uitgevoerd moeten worden. De mogelijkheden hiertoe zijn gelukkig aanwezig, bijvoorbeeld bij de Fachhochschule van Osnabrück, waar gebruik gemaakt kan worden van het daar aanwezige kunststoflaboratorium voor onderzoeksprojecten en ook voor studentenpractica. Ook de laboratoria van de bedrijven die betrokken zijn bij de projecten, kunnen worden gebruikt. Voor de practica aan studenten kunnen de faciliteiten van onze peetvaderbedrijven of bevriende onderzoeksinstituten benut worden.

Een derde mogelijkheid is om ruimte bij externe laboratoria te huren. In alle genoemde gevallen is dit niet een ideale situatie. Maar het is een goede tijdelijke oplossing, totdat het LKT een eigen onderzoeksfaciliteit tot haar beschikking heeft. Dit is een noodzakelijke stap om het lectoraat op de lange termijn in stand te houden.

In de onderzoeksaanpak wordt onderscheid gemaakt tussen ondersteunend, toegepast en basisonderzoek op het gebied van kunststoftechnologie:

- **Ondersteunende** projecten voor kunststoffenbedrijven (MKB), eventueel in de vorm van afstudeer- en stageopdrachten

- **Toegepaste** onderzoeksprojecten tezamen met c.q. onder leiding van de peetvaderbedrijven
- **Basis** onderzoeksprojecten onder leiding van promotor/co-promotor-lector

Competenties

Het competentiebeleid zal zich richten op diverse aandachtsgebieden:

De aanstelling van een hooggekwalificeerde kenniskring

Van groot belang voor het welslagen van het LKT zijn de activiteiten van een hooggekwalificeerde kenniskring (zie ook hoofdstuk 3). Om dit te bereiken is naast de benoeming van de lector de aanstelling van docent/onderzoekers met de benodigde ervaring op de verschillende werkerterreinen van het LKT van groot belang. Met de aanstelling van de huidige staf is al in hoge mate voldaan aan dit beleidspunt.

Het hoogwaardig opleiden van betrokken docenten en medewerkers

Waar nog competenties bij de leden van de kenniskring ontbreken, is het beleid erop gericht die zo spoedig mogelijk aan te vullen door het aanbieden van cursussen of scholingstrajecten. Hierbij worden ook de peetvaderbedrijven betrokken.

Het investeren in laboratoriumapparatuur en -ruimte

In de uiterst noodzakelijke laboratoriumapparatuur en -infrastructuur zal flink geïnvesteerd moeten worden. Een eerste serieuze schatting voor het inrichten van een deugdelijk fysiek onderzoekscentrum geschikt voor toegepast wetenschappelijk onderzoek wijst in de richting van een bedrag van circa € 2,5 miljoen.

De samenwerking met onder meer de Fachhochschule Osnabrück en de aangesloten peetvaderbedrijven biedt de mogelijkheid om de benodigde investeringen over langere tijd uit te smeren. Hier ligt de komende tijd een hoge prioriteit.

Promotietrajecten

Docenten die deel uit maken van de kenniskring, worden in de gelegenheid gesteld om onderzoek te doen ten behoeve van promotieonderzoek. De lector zal optreden als (co-)promotor en hiertoe de noodzakelijke contacten onderhouden met de technische universiteiten.

Bacheloropleiding

Eén van de ambities is om tijdens de duur van het lectoraat te komen tot een uitwerking van een hbo-*bacheloropleiding Kunststoftechnologie*. Deze opleiding zal naast de huidige opleidingen Werktuigbouwkunde en Industrieel Product Ontwerpen gepositioneerd moeten worden en zal met deze opleidingen basisvakken delen. De studenten die deze opleiding gaan volgen, doen diepgaande kennis op op het gebied van kunststofmaterialen (inclusief testmethoden, practicum, reologie), dat thermoplasten, vezelversterkte kunststoffen en coatings, het ontwerpen en construeren met kunststoffen, het verwerken van kunststoffen, Rapid Prototyping en Rapid Manufacturing en simulatiesoftware (zoals Moldflow) gaat omvatten. Ook dient polymerchemie in het lesprogramma opgenomen te worden. Duurzame ontwikkelingen zullen zeker ook aan bod komen, zoals recycling, biopolymeren, cradle-to-cradle, maar ook maatschappelijke thema's als 'Marine litter' (zwerfafval in zee). In eerste instantie wordt gedacht aan een bacheloropleiding die regionaal of landelijk aangeboden wordt door de verschillende lespakketten die momenteel gegeven worden bij de hogescholen, in één opleiding te integreren. Hiervoor moet eerst een uitgebreide inventarisatie van de bestaande kunststofgerelateerde opleidingen aan de verschillende hbo-instellingen in Nederland uitgevoerd worden. Daar waar lacunes in dit aanbod aanwezig zijn, moeten nieuwe lesprogramma's uitgewerkt en opgezet worden.

Masteropleiding

In aansluiting op de inrichting van een bacheloropleiding gaat eventueel in samenwerking met een of meer technische universiteiten en hogescholen onderzocht worden of een *masteropleiding Polymer Science* wenselijk en haalbaar is.

Doorwerking in bestaande curricula

De algemene engineering disciplines moeten de komende jaren meer in het polymeerperspectief geplaatst worden. Op dit moment kent het curriculum van de opleiding *Werktuigbouwkunde* ruim 60 uur (3 EC), en de opleiding *Industrieel Product Ontwerpen* op de School of Engineering & Design zo'n 100 uur (5 EC) aan basale kunststoftechnologie. Via een gefaseerde ontwikkeling zouden de studie-uren moeten doorgroeien naar 600 á 1000 uur (30 – 50 EC) kunststoftechnologie in het bachelorcurriculum. Door minors en grote delen van de major te besteden aan kunststoftechnologie en door het huidige docentencorps te trainen op het gebied van kunststoffen kan de aanpak in partjes worden doorgevoerd.

Onderzoekscentrum

Voor de verwezenlijking van de gewenste transformatie in het algemeen en de levensvatbaarheid van het LKT in het bijzonder is het van groot belang dat er binnen drie jaar concreet uitzicht komt op de oprichting van een fysiek en zelfstandig opererend onderzoeks- en servicecentrum voor kunststoftechnologie in de regio Zwolle, het Kunststof Expertise Centrum.

De onderzoeken in het KEC zullen in projectvorm uitgevoerd worden in eigen beheer of in samenwerking met het lectoraat. Om aansluiting te vinden bij de kunststofverwerkende industrie, andere onderwijsinstellingen en gerenommeerde kenniscentra is het raadzaam in het centrum een *projectbureau* onder te brengen dat assisteert bij het formuleren en uitvoeren van onderzoeksprojecten. Veelal kunnen voor deze projecten nationale of regionale subsidies aangevraagd worden. Ook daarbij kan het projectbureau bemiddelen.

Dit projectbureau, ondersteund of gerund vanuit Windesheim, fungeert als een loket voor praktijkgerichte onderzoeksvraagstukken op het gebied van de kunststoftechnologie. Hiertoe zal een (digitaal) kantoor ingericht moeten worden, waar de vragen beoordeeld worden. Het projectbureau krijgt daardoor een *makelaarsfunctie*: het speelt de vragen, problemen of projecten door naar andere partijen binnen het netwerk, of onderzoekt ze zelf in het KEC door de eigen wetenschappelijke medewerkers en studenten van Windesheim. De onderzoeksvragen kunnen zowel maatschappelijk als bedrijfseconomisch van aard zijn (people, planet, profit, polymers).

De aldus gegeneerde kennis en kunde zal gevaloriseerd worden in vernieuwing van het onderwijsprogramma (opleiding van studenten, bijscholing van industriemedewerkers en eigen docenten/onderzoekers) en in nieuwe producten, markten en processen voor de opdrachtgevers.

Het KEC speelt een centrale rol in het transformatieproces, aangezien het de verschillende partijen met elkaar in contact brengt en verbindt, waardoor op natuurlijke wijze kennisuitwisseling zal plaatsvinden tussen onderzoekers en bedrijven, studenten en bedrijven, maar zeker ook tussen bedrijven onderling (open innovatie). Hierdoor zullen nieuwe contacten en samenwerkingsverbanden ontstaan die de broodnodige innovatie versnellen.

Een wezenlijk onderdeel van het centrum is het contact dat zal ontstaan tussen bedrijven en studenten. De studenten zullen hierdoor gemakkelijker hun weg weten te vin-

den naar de bedrijven en de bedrijven zullen hen sneller kunnen benaderen.

Het Lectoraat Kunststoftechnologie fungeert hierbij steeds als de brug tussen het onderwijs en het bedrijfsleven, maar ook tussen bedrijven en kennisinstellingen onderling.



Dankwoord

In het besef dat je altijd personen vergeet als je mensen gaat bedanken, wil ik die twijfelachtige poging toch wagen. Daarom breng ik nu mensen voor het voetlicht die voor mij de afgelopen tijd veel hebben betekend hebben. Zonder hun steun, inzet en bijdrage zou dit boekje er niet zijn geweest.

De eerste woorden van dank wil ik richten aan degenen die binnen het lectoraat het dichtst bij mij staan. Dit zijn Alexander Jansen, Tonny van Dijk en Niels Boks. Maar natuurlijk ook Masja Mooij, die als laatste is aangeschoven in de kenniskring. Hartelijk dank voor jullie onmisbare inbreng en ideeën om er samen met mij iets moois van te maken en onze ambities gestalte te geven. En die ambities zijn niet gering, zoals uit de voorgaande hoofdstukken is gebleken.

Natuurlijk wil ik ook Cindy Wijnhoud prijzen voor de ondersteuning en initiatieven om ons als team telkens weer bij de les te houden. Cindy bedankt!

En veel dank gaat uit naar de andere collega's van de School of Engineering & Design voor de goede werksfeer die ik telkens weer mag ervaren als ik op Windesheim ben.

Ik wil zeker niet vergeten dat het lectoraat er nu niet zo voor had gestaan als prof. Theo Poiesz niet als kwartiermaker was opgetreden. Ook moet hierbij de rol van Ynte van der Meer niet onderschat worden. Mijne heren, hartelijk dank voor de vliegende start die jullie mij bezorgd hebben.

Vanzelfsprekend heeft Ineke van der Wal als directeur Techniek een grote rol gespeeld in mijn aanstelling in september 2009. Voor dit grote voorrecht ben ik haar veel dank verschuldigd.

Daarnaast nog een woord van dank aan mijn kamergenoot Alexander Udink Ten Cate, die als lector-directeur de verschillende lectoraten binnen het Kenniscentrum Technologie met elkaar verbindt. Alexander hartelijk dank voor de waardevolle inhoudelijke gesprekken en de vele tips die je elke keer weer uit jouw enorme ervaring weet in te brengen.

Ook ben ik Jacques Joosten, de managing director van DPI, zeer erkentelijk dat ik deze rol als lector naast mijn verantwoordelijkheden bij DPI kan vervullen en dat daardoor mijn taken bij DPI zijn en worden aangepast. Dit is trouwens alleen maar mogelijk dankzij de steun die ik van het hele DPI-team heb mogen ontvangen. In het bijzonder

wil ik hier Annemarie van den Langenberg noemen die heel wat werk verzet om de technologiegebieden waarop ik actief ben, op een goede manier draaiende te houden.

Ook een woord van dank aan de contactpersonen van onze partnerbedrijven Wavin, Schoeller Arca Systems, Philips Consumer Lifestyle en Dyka, die er door middel van hun inbreng voor zorgen dat we als lectoraat aansluiting weten vinden bij wat er leeft in de kunststofindustrie. Arno Kanters, Wim Zwetsloot, Sepas Setayesh (en Luuk Groenewoud, die inmiddels buiten Philips zijn carrière vervolgt) en ook Hilbrand van Bleek, jullie bijdrage en het vertrouwen in het lectoraat worden zeer gewaardeerd. Mensen die ik in dit verband ook wil noemen zijn Christiaan Bolck (Wageningen UR - Food & Biobased Research) en Erik de Ruijter (NRK), die als leden van de Raad van Advies een belangrijke bijdrage leveren aan de inhoud en de activiteiten van het lectoraat.

Rest mij nog om Hans Wolf te bedanken die als schrijver en journalist verbonden aan Windesheim een grote bijdrage heeft geleverd om van mijn aangeleverde tekst een leesbaar verhaal te maken. Hans, mijn dank is groot!

Last maar zeker not least: Renate bedankt voor je onmisbare steun die je me de afgelopen jaren hebt gegeven. Zonder jou had ik dit allemaal niet kunnen doen.

Curriculum Vitea

Harold Gankema werd in 1967 in Emmen geboren en volgde daar de middelbare school. Hij studeerde vervolgens Chemische Technologie aan de Universiteit Twente en behaalde in 1991 zijn diploma met als specialisatie de kunststoftechnologie. Hij vervolgde zijn opleiding met een promotieonderzoek (ook aan de UT) dat in 1995 werd afgesloten met de verdediging van het proefschrift met als titel *Gel-crystallization: a novel approach to nanophase structures*.

In augustus 1995 begon hij als sectieleider binnen de onderzoeksafdeling van Acheson Colloïden BV in Scheemda en richtte zich daarbij op de ontwikkeling van lossings- en smeermiddelen voor de metaalverwerkende industrie. In de daaropvolgende 11,5 jaar heeft hij allerlei functies vervuld binnen deze onderzoeksorganisatie en begin 2007 heeft zijn functie als European Technical Manager Process Lubricants ingeruild voor een nieuwe uitdaging als Technical Leader Oleochemicals bij Arizona Chemical in Almere.

In de korte periode bij deze onderneming kwam hij weer in contact met het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de polymeren en in het bijzonder de biogebaseerde grondstoffen. Ook werd in deze periode zijn interesse gewekt voor de werkzaamheden van het Dutch Polymer Institute. Dit resulteerde erin dat hij in september 2008 als Programme Area Coordinator begon bij het DPI in Eindhoven. In deze functie onderhoudt hij contacten met wetenschappelijke onderzoeksinstituten en (meestal) multinationale bedrijven uit binnen- en buitenland, met het doel de innovatie binnen verschillende terreinen van de polymeren te bevorderen.

Sinds september 2009 combineert Gankema deze baan met de functie van lector Kunststoftechnologie aan de Christelijke Hogeschool Windesheim in Zwolle.



Appendix: Over kunststoffen

Historie

Kunststof bestaat nog maar relatief kort. Rond 1850 werd in Amerika één van de eerste kunststoffen uitgevonden: celluloid. Men maakte er vooral biljartballen van en dat was een hele uitkomst, want de gebruikelijke ivoren ballen werden in die dagen gemaakt van slagstanden van olifanten. Rond 1908 maakte de in Amerika wonende Belg Leo Hendrik Baekeland een nieuw materiaal door verschillende chemicaliën te mengen met zaagsel. Het was donkerkleurig, hard, stevig en hij kon het iedere vorm geven die hij wilde. Hij noemde deze primeur naar zichzelf: bakeliet.

Het polymerentijdperk was aangebroken. Bakeliet leek geschikt voor iedere denkbare toepassing: servies, elektrische apparaten, telefoons, maar ook kunstvoorwerpen. Na de uitvinding van bakeliet ging ook de wetenschap zich met kunststof bezighouden, waarna de ontwikkelingen elkaar snel opvolgden. Al in de jaren '30 waren er verschillende kunststoffen op de markt, met als klapstuk nylon (polyamide 6.6). Het was het eerste, moderne 'superplastic'. Van nylon waren vezels te maken die weer werden gebruikt voor dameskousen, de zogenaamde nylons. Het werd een daverend succes. Toen in 1939 de eerste nylonkousen op de markt verschenen, werden er binnen een jaar tijd 64 miljoen paar verkocht! Vooral na 1945 ging het hard met kunststof. Het bleek dat niet alleen bestaande producten met dit nieuwe materiaal konden worden gemaakt, ook totaal nieuwe producten kwamen binnen handbereik.

Bij kunststof gaat het niet om één materiaal, maar om verschillende soorten met elk zijn specifieke eigenschappen. Zo zijn er kunststofmaterialen die heel sterk zijn, elastisch of die heel goed bestand zijn tegen hitte. Andere zijn juist zacht, schuimachtig, doorzichtig of geschikt om vezels van te maken. Al die verschillende eigenschappen zorgen ervoor dat de meest uiteenlopende producten tegenwoordig uit kunststof en rubber zijn gemaakt, van boterhamzakje tot zeilschip, van autoband tot 'ademende' regenkleding. Er wordt inmiddels zoveel kunststof en rubber gebruikt dat er ook wel wordt gesproken van het polymerentijdperk.

In Nederland worden kunststoffen voor het grootste gedeelte geproduceerd uit aardolie. Hiertoe worden kleine moleculen (monomeren), ontstaan door kraken van ruwe

aardolie, gepolymeriseerd tot polymere kunststoffen. Naast koolstof en waterstof kunnen zuurstof, stikstof, zwavel, chloor, fluor en een groot aantal andere elementen in kunststoffen aanwezig zijn, ook afhankelijk van de gebruikte toevoegingen. Om het verwerkingsproces goed te laten verlopen, worden hulpstoffen en om de gewenste producteigenschappen te verkrijgen additieven toegevoegd.

Verwerkingstechnieken

Kunststoffen worden veelal als korrel- (granulaat) of poedervormige grondstof aangeleverd en kunnen bestaan uit polymeren van één soort en uit mengsels van verschillende polymeren (copolymeren). Op grond van de fysische eigenschappen zijn de te verwerken kunststoffen in te delen in thermoplasten en thermoharders.

Thermoplasten

Dit zijn kunststoffen die gekenmerkt worden door de fysische eigenschap dat ze bij verwarming boven een bepaalde temperatuur op reversibele wijze verwerkings- en smeltverschijnselen vertonen. De meest gebruikte thermoplasten zijn polypropreen (PP), polyvinylchloride (PVC), polyetheen (LDPE en HDPE), polystyreen (PS), acrylonitril-butadien-styreen (ABS) en polycarbonaat (PC). Het grootste deel van de verwerkte kunststoffen (90%) zijn thermoplasten.

Thermoharders

Dit zijn meestal stroperige vloeistoffen, die tijdens of vlak na de verwerking door een niet omkeerbare chemische reactie uitharden tot een stijve macromoleculaire structuur. Deze structuur is definitief en kan door verwarmen niet meer verweken. Bekende thermoharders zijn polyester- en epoxyharsen en polyurethaan (PUR).

Het merendeel van de kunststofverwerkende bedrijven heeft één verwerkingsproces en in 40% van de bedrijven komen twee of meerdere verwerkingsprocessen voor. De meest voorkomende verwerkingstechnieken, spuitgieten en extruderen, worden hieronder meer in detail beschreven.

Extruderen

Extrusie is een continu fabricageproces, waarbij thermoplastische kunststof verhit en gesmolten wordt in een cilinder met daarin een draaiende schroef. De draaiende schroef stuwt de geplastificeerde kunststof naar voren en zorgt ervoor dat het materi-

aal door een opening in de spuitkop van de extruder (extrusiematrijs) stroomt. De spuitkop geeft de gewenste vorm: buis, profiel, plaat, enzovoorts. Zodra de kunststof de spuitmond verlaat, wordt hij gekoeld en heeft het product zijn vaste vorm.

Eigenschappen

- Continu proces en complexe vormen mogelijk: massieve, open, holle profielen en maakt zeer dunwandig construeren mogelijk.
- Vezels en/of schuim kunnen mee geëxtrudeerd worden.

Materiaalmogelijkheden

In principe kunnen alle thermoplastische kunststoffen geëxtrudeerd worden, mits ze een lage smeltviscositeit hebben. Bij het verlaten van de extrusiematrijs mogen ze niet hun vorm verliezen voordat ze zijn afgekoeld. Het meest wordt PVC, PE en PP gebruikt, maar ook ABS, PS, PC, POM, PMMA en SB zijn extrudeerbaar.

Toepassingen

Extrusie wordt gebruikt voor de fabricage van platen en profielen van thermoplastisch materiaal. Bijvoorbeeld profielen voor raamkozijnen, buizen, tochtstrips, dakgoten.

Extrusievarianten

Bij extrusie bestaan de volgende varianten:

Co-extrusie: Het co-extrusieproces is op te vatten als het uitvoeren van meer extrusies tegelijkertijd. Het resultaat is een profiel, plaat of folie die zijn opgebouwd uit verschillende lagen materiaal, afkomstig uit de verschillende extruders. Naast co-extrusie wordt inmiddels ook tri- en zelfs quatro-extrusie toegepast. Door verschillende materialen naast elkaar te extruderen kunnen bijvoorbeeld profielen worden gefabriceerd met een flexibel deel en een stijf deel in een productiegang.

Extrusieblazen: Extrusieblazen (of extrusievormblazen) is een proces waarbij de warme gesmolten kunststof - die in de vorm van een buis uit de spuitkop komt - tussen twee halve vormen (matrijshelften) wordt dichtgeknepen. Direct daarna wordt de plastische buis met perslucht tegen de matrijswand geblazen. Doordat tijdens het blazen de wanddikte niet overal gelijk blijft, ontstaan wanddikteverschillen in het product. Dit kan gedeeltelijk worden vermeden door gebruik te maken van een spuitkop die in

staat is een 'buis' te produceren met een variërende wanddikte. Hierdoor kan daar waar de grootste rek optreedt extra materiaal worden toegevoegd. Door middel van extrusieblazen worden holle voorwerpen gemaakt: flessen, potten of jerrycans.

Folieblazen: Folieblazen - ook wel extrusierekblazen genoemd - is een zeer specifieke techniek voor de fabricage van folies. Uit de spuitkop van de extruder komt een buis met een heel dunne wand. Deze wordt met lucht opgeblazen, waardoor in een continu proces een enorme plastic ballon ontstaat. Als die afgekoeld is, wordt de folie opgerold en eventueel opengesneden tot bijvoorbeeld zakken. Producten die door middel van folieblazen worden gemaakt zijn plastic tassen, zakken en folies.

Schuimextrusie: Bij schuimextrusie wordt kunststof (XPS, (X)PE en weekgemaakt PVC) gemengd met blaasmiddel zodanig geëxtrudeerd, dat pas in of vlak na de spuitmond gasvorming optreedt. Op deze manier wordt bijvoorbeeld schuimfolie met pentaan als blaasmiddel gemaakt. Geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS) wordt gemaakt door een fysisch blaasmiddel in een extruder in een hete gesmolten polymeer te mengen waardoor de massa na extrusie wordt opgeschuimd.

Spuitgieten

Bij spuitgieten inclusief gasinjectie, 2-k spuitgieten, precisie spuitgieten en sandwich spuitgieten wordt de warme, gesmolten kunststof verhit en gesmolten in een cilinder met daarin een draaiende schroef. Naast toegevoerde warmte van verwarmingselementen die tegen de cilinder zijn geplaatst, ontstaat ook warmte door de wrijving van de draaiende schroef. De schroef stuwt de kunststof naar voren en perst het in een productvorm (matrijs), waarna het product afkoelt en uit de machine valt.

Eigenschappen

- Korte cyclustijd.
- Zeer complexe vormen mogelijk.
- Grote productseries realiseerbaar.

Materiaalmogelijkheden

Alle thermoplasten zijn in principe spuitgietbaar.

Toepassingen

Spuitsieten is een veel gebruikte techniek voor de fabricage van complexe kleine tot grote producten uit thermoplasten. Bij de productie worden veel functies geïntegreerd om zoveel mogelijk nabewerkingen en montagehandelingen overbodig te maken. De technologie is zo goed ontwikkeld dat de meest complexe vormen kunnen worden gefabriceerd met een hoge graad van detaillering. Voorbeelden zijn legio en variëren van medicijncapsule tot volgboot, van deurkruk tot vliegtuigstoel, van tandwiel tot tandenborstel.

Spuitsietvarianten

Bij spietsieten bestaan de volgende varianten:

Gasinjectie: Als de matrijs gedeeltelijk is gevuld met kunststof, wordt er gas geïnjecteerd. Het gas (vaak stikstof) duwt de gesmolten kunststof voor zich uit, totdat de matrijs geheel gevuld is. De kunststof koelt vervolgens af, terwijl de nadruk via het gas wordt overgebracht op de kunststoflaag aan de wanden. Wanneer het thermoplastische materiaal geheel gestold is, kan het nadrukken ophouden en valt het product uit de matrijs. Het resultaat is een kunststofproduct met een holle kern, zoals een armleuning, handvat, tafelblad (met ribben).

2-Komponenten spuitgieten: Bij het 2-komponenten spuitgieten worden in een matrijsholte simultaan twee of meer verschillende kunststoffen gespoten. De spuitkop is dusdanig geconstrueerd dat de ene kunststof de andere volledig omkapselt bij het verlaten van de spuitmond. Door het laminaire vloeigedrag van de smelt treedt weinig vermenging op. Voor het kernmateriaal gebruikt men vaak een thermoplastisch schuim of een geregenereerde kunststof (vulling). Voorbeelden van deze toepassing zijn producten waarbij afschermingseigenschappen nodig zijn.

Precisie spuitgieten: Precisie spuitgieten wordt toegepast bij de fabricage van relatief kleine onderdelen van redelijke tot grote complexiteit, in grote aantallen, waarbij hoge eisen gesteld worden aan de nauwkeurigheid van afmeting en oppervlaktegesteldheid. Voorbeelden zijn behuizingen voor camera's (body's), huizen voor horloges, lenzen voor CD-spelers.

Sandwich spuitgieten: Een matrijs wordt in een aantal stappen gevuld. In de eerste stap wordt het materiaal dat de buitenkant van het product moet vormen in de productvorm (matrijs) gespoten, waarna het kernmateriaal (bijvoorbeeld een thermoplastisch schuim of regranulaat) in de matrijs wordt geïnjecteerd. Soms wordt na injectie van de kern nog een kleine hoeveelheid van de eerste component toegevoegd. Met deze fasering ontstaat een laagsgewijze opbouw van de wand. Voorbeelden van toepassingen: computerbehuizing (ten behoeve van elektromagnetische afscherming) en voedselverpakking (ten behoeve van barrière-eigenschappen)

Bronnen

1. www.nrk.nl
2. *Polymeren, van keten tot kunststof*, A.K. van der Vegt, L.E. Govaert, 5^{de} druk, VSSD, 2003
3. *Plastics, Materials and Processing*, A. Brent Strong, 3rd Edition, Pierson Prentice Hall, 2006
4. *Plastics Engineering*, R.J. Crawford, 3rd Edition, Elsevier, 2006
5. *Kunststoffverarbeitung*, Otto Schwarz, Friedrich-Wolfhard Ebeling, Götz Lüpke, 6. Überarbeitete Auflage, Vogel Buchverlag, 1991
6. *Structure, Processing and Performance of Solid Materials*, P. Koets, P.J. Lemstra, E. Nies, S. Rastogi, Dictaat RPK cursus PTN, 2004
7. Presentatie “Kunststofftechnologie in het onderwijs”, Daniel Butaye, Vlaanderen Kunststofland, 2004

WINDESHEIMREEKS KENNIS EN ONDERZOEK

LECTORAAT KUNSTSTOFTECHNOLOGIE



Harold Gankema

Harold Gankema is sinds september 2009 lector Kunststoftechnologie aan de Christelijke Hogeschool Windesheim in Zwolle. Hij combineert deze baan met zijn functie als Programme Area Coordinator bij het DPI in Eindhoven en richt zich op onderzoek, ontwikkeling, advies en onderwijs over de informatievoorziening in de kunststoftechnologie.

Het primaire doel van het Lectoraat Kunststoftechnologie is de kenniskloof tussen kunststofindustrie en onderwijs (tussen bedrijfspersoneel, docenten en studenten) te overbruggen. Het gaat daarbij om kwalitatief hoogstaand hoger beroepsonderwijs en toepassingsgericht onderzoek op het gebied van het verwerken en gebruiken van kunststoffen. Van belang is hierbij dat het bedrijfsleven als maatschappelijke partners direct betrokken worden bij het onderwijs- en onderzoeksprogramma. Daardoor worden de bijdragen in kennis en kapitaal gewaarborgd en wordt daadwerkelijke toepassing van de verworven kennis in de kunststofbedrijven gegarandeerd. Tot nu toe hebben vier bedrijven zich met het lectoraat verbonden: Wavin, Schoeller Arca Systems, Dyka en Philips Consumer Lifestyle. Ook werkt het lectoraat nauw samen met verschillende technische hogescholen en universiteiten uit binnen- en buitenland. Duurzaamheid, aansluiting op de markt van morgen en een mens- en milieugerichte benadering zijn maatgevend voor keuze en richting van het onderzoek.

Meer over het Lectoraat Kunststoftechnologie op www.windesheim.nl