

‘Je moet het spul wel kunnen maken’

Binnen de polymeerchemie geldt Krzysztof Matyjaszewski als belangrijke kanshebber op een Nobelprijs. De komende jaren spijkert hij de 3TU-federatie van technische universiteiten bij. ‘Zonder fundamenteel werk kun je nooit grote stappen vooruit zetten.’

Hij heeft zowel de Poolse als de Amerikaanse nationaliteit, en is trots op allebei. In 1985, toen de sfeer in zijn geboorteland almaar naargeestiger werd, koos Kris Matyjaszewski (66) voor een baan aan de Carnegie Mellon-universiteit in Pittsburgh. En na de val van het IJzeren Gordijn waren zijn kinderen al te zeer geworteld in de VS om nog terug te gaan. ‘Maar we spreken thuis nog steeds Pools, en ik ga af en toe naar Łódź om gastcolleges te geven.’

De komende drie jaar geeft hij die ook in Nederland. 3TU.HTM, het onderzoeksprogramma High Tech Materials van de TU’s in Delft, Eindhoven en Enschede, wist hem te strikken als *distinguished visiting professor* binnen een project dat mikt op functionele 3D-polymeerstructuren. C2W sprak hem op 5 februari, voorafgaand aan zijn eerste lezing in Twente als gast van prof. Julius Vancso.

Je wordt vast wel vaker uitgenodigd. Waarom heb je deze invitatie aanvaard?

‘Wetenschap ontwikkelt zich vaak op grensvlakken van disciplines. Als je je eigen expertise combineert met die van anderen, kun je geheel nieuwe terreinen verkennen. Ik ken Vancso al heel lang, ik ben al vaker in Enschede geweest en ik kom er graag. Ook zie ik het als een inspirerende mogelijkheid om te verkennen wat er in Nederland gebeurt binnen de polymeerwetenschappen. Ik denk dat hier een unieke interactie bestaat

tussen de universiteiten en de industrie. Duidelijk meer dan in andere landen, al zie je in Duitsland ook zoiets gebeuren. Dus ik hoop mijn eigen recente werk te kunnen delen en te leren wat hier wordt gedaan. En hopelijk kunnen we samen nieuwe dingen ontwikkelen.’

Volgens Vancso zit het Nederlandse polymeeronderzoek vooral aan de toepassingskant. Hij hoopt dat jij er wat fundamentele chemie kunt inbrengen.

‘Tja, vroeger overheerste de gedachte dat chemie puur moet zijn, zonder aan toepassingen te denken. Maar dat is behoorlijk veranderd. Als je iets nieuws maakt, moet je weten waarom je het maakt. Volgens mij is die toegepaste invalshoek heel erg belangrijk, maar dat neemt niet weg dat je zonder fundamenteel werk nooit grote stappen vooruit kunt zetten.

Je kunt het vergelijken met Zuid-Korea, waar ik meedeed aan een vergelijkbaar programma. De Koreanen deden jarenlang

de Japanners na, maar lopen momenteel zelf voorop. Als je niet volgt, dan moet je leiden, en als je wilt leiden moet je fundamentele problemen kunnen oplossen. Ik denk dat dat ook geldt voor de Nederlandse polymeerwetenschap. Die verkeert in een heel goede positie, maar ze zou meer aan fundamentele aspecten moeten doen, met name op het gebied van polymersynthese. Als je het spul niet kunt maken, kun je er ook geen materialen uit ontwikkelen.’

Waarom denk je dan?

‘Er is vooral veel behoefte aan zeer nauwkeurig beheerste structuren. Vroeger dacht je dan aan micrometerschaal, maar dankzij nano- en biotechnologie gaan we nu naar individuele moleculen kijken. De vraag is dus hoe je die synthetiseert, hoe je vorm en functionaliteit beïnvloedt, en hoe je de eigenschappen van die individuele moleculen dan weer vertaalt naar micrometerschaal om nieuwe materialen te scheppen.’

Dat Matyjaszewski al jaren wordt getipt voor een Nobelprijs, heeft alles te maken met de *atom transfer radical polymerization* waarop hij in 1995 octrooi aanvraagde. Die ATRP-reactie is in wezen een vertragings-tactiek. Traditionele polymerisaties, waarbij je radicalen telkens met een monomeermolecuul verlengt tot langere radicalen, verlopen namelijk te snel om serieus beheersbaar te zijn. ‘Een typisch radicaal leeft maar een seconde, te kort om het te manipuleren’, legt Matyjaszewski

‘Als je wilt leiden moet je fundamentele problemen kunnen oplossen’



GLIS VAN OUIWERKERK

uit. Hoe lang elk ketenmolecuul wordt, is een kwestie van toeval. Van alle kunststoffen ontstaat ongeveer de helft op deze manier, maar dat zijn eigenlijk allemaal basisproducten waarvoor een grote spreiding in de ketenlengte niet zo veel uitmaakt.

ATRP verlengt de tijd dat die ketens groeien van seconden naar dagen. Dat gebeurt door het radicaal heel nu en dan eventjes te activeren, net lang genoeg om er één extra monomeer aan te zetten. De rest van de tijd wordt het overtollige elektron gestald bij een ion dat kan schakelen tussen twee valenties, meestal koper dat wisselt tussen Cu(II) en Cu(I). Als je dán gaat rekenen aan de reactiekinetiek, blijf je ketens te krijgen van ongeveer gelijke, exact voorspelbare lengte.

En dat betekent dat je de wonderlijkste 3D-vormen op papier kunt zetten en ze vervolgens vrijwel exact zo kunt synthetiseren. Een sprekend voorbeeld zijn de borstelpolymeren, waarbij aan een solide ruggengraat zijtakjes groeien van gelijke lengte.

Hoe kwam je op die kopercomplexen?

‘Je kunt heel vaak inspiratie halen uit aanpalende vakgebieden. In dit geval hadden de organici het in de literatuur over *atom transfer radical addition*. Zij gebruikten kopercomplexen om moleculen een op een te koppelen en zagen polymeren hierbij als ongewenste bijproducten, maar het leek hen een goed idee om hun ATRA om te bouwen tot ATRP.’

Krzysztof Matyjaszewski

► 1985-heden

hoogleraar Carnegie Mellon University, Pittsburgh. Sinds 1998 J.C. Warner Professor en directeur van het Center for Macromolecular Engineering.

► 1984-1985

onderzoeker, universiteit Pierre et Marie Curie (Paris 6)

► 1978-1984

onderzoeker, Poolse academie van wetenschappen, Łódź

► 1977-1978

postdoc, University of Florida

► 1972-1976

promotie in de polymeerchemie, Poolse academie van wetenschappen, Łódź

► 1972

MSc, Technical University of Moscow

Sindsdien heb je veel gedaan om de benodigde hoeveelheid koper te verminderen. Waarom is dat zo lastig?

‘In het begin volgden we de procedures van die organici, met iets van 10 mol% katalysator. Later gingen we terug naar 1 mol%, en nu zitten we op 1 ppm. Het probleem is dat radicaalpolymerisatie nooit verloopt zonder zogeheten terminatiereacties, waarbij twee radicalen aan elkaar hechten. Dat onttrekt elektronen aan het systeem, waardoor de hoeveelheid Cu(I) afneemt ten koste van Cu(II). Hoe minder koper je gebruikt, hoe sneller je dit merkt.’

Ik las dat je dat kunt verhelpen met suiker.

‘Je hebt een reductor nodig die Cu(II) tot Cu(I) regeneert. Dat kan inderdaad een suiker zijn, maar ook vitamine C. Ik heb studenten die er sinaasappelsap voor gebruiken. Het lukt ook met een elektrische stroom of met licht, via fotoreductie.’

Kan katalyseren zonder koper ook? Bijvoorbeeld met het HRP-enzym, mierikswortelperoxidase?

‘Er zijn verschillende enzymen met redox-activiteit. Alleen komt de molecuulmassa ►



GJIS VAN OUIWERKERK

► van zo'n eiwit in de buurt van die van de polymeerketens die je wilt maken. Mag je zo iets nog wel een katalysator noemen? We proberen er daarom zo veel mogelijk af te schaven en alleen het actieve centrum over te houden.'

Het klinkt allemaal heel kwetsbaar, is dit te verkopen aan de industrie?

'Dat is een heel belangrijke vraag. Die regeneratie heeft ook een voordeel. Zuurstof remt radicaalpolymerisaties en ATRP heeft daar nog meer last van omdat zuurstof Cu(I) kan oxideren tot Cu(II). Maar als je toch al een reductor toevoegt, dan kan een beetje zuurstof in de reactor geen kwaad meer. Dat verdwijnt immers vanzelf.'

Wórdt het al industrieel ingezet?

'Carnegie Mellon University heeft inmiddels al zeventien licenties uitgegeven. Het

Japane bedrijf Kaneka nam als eerste ATRP-polymeren in productie, in 2002 of 2004, afhankelijk hoe je het definieert. Over de rest kan ik helaas niet veel informatie geven, de meeste zijn erg bang voor de concurrentie. Maar ze maken onder meer additieven voor inktten, coatings en cosmetica. Bij commerciële productie spelen een paar uitdagingen. Je moet de extra kosten afwegen tegen de kwaliteitsverbetering. Alle benodigde stoffen moeten verkrijgbaar zijn. En natuurlijk verandert je bedrijfsvoering. Bij ATRP groeien je ketens langzaam verder gedurende het gehele polymerisatieproces. Terwijl je bij conventionele radicaalpolymerisatie vanaf het begin al ketens krijgt met een molecuul-massa van 100.000, zodat je viscositeit sneller stijgt.'

Het 3TU-onderzoeksprogramma mikt onder meer op 3D-materialen. Wat ben je van plan?

'De titel van het project is *'from flatland to spaceland'*, nietwaar? Het makkelijkst is denk ik om uit te gaan van lineaire ketens, en daar 3D-structuren uit op te bouwen. Je kunt dan denken aan netwerken of hydrogels. De bouwstenen geef je functionaliteit mee, zodat je een netwerk krijgt met hier en daar een actieve plek. Vanuit die plekken kun je dan nieuwe ketens laten groeien. We hebben het soms al over 'stamgels'. Net zoals je stamcellen laat differentiëren

tot bindweefsel of tot spieren, kun je een stamgel ook hydrofiel, hydrofoob of responsief laten worden, of hem vol hangen met katalysatoren of biomoleculen. In principe moet je dat in drie dimensies afzonderlijk kunnen beheersen door de actieve plekken selectief te benaderen.'

Heb je enig idee wat je met zulke stamgels zou kunnen doen?

'Iets dat in drie dimensies beheersbaar is, zou je moeten kunnen inzetten als 'zachte' actuator, als sensor of als intelligent scheidingsmembraan. Als je eenmaal het 3D-raamwerk hebt, kun je het op verschillende manieren decoreren.'

Tot slot: hoe kwam je op het idee polymeerchemie te gaan studeren?

'Daar heb ik verschillende antwoorden op. Mijn moeder ging in 1938 chemie studeren in Warschau, maar tijdens de oorlog ging de universiteit dicht en daarna heeft ze de draad nooit meer opgepakt. Misschien wilde ik afmaken waar zij aan was begonnen. Maar ik denk ook dat chemie een van de weinige gebieden is waar je echt nieuwe dingen kunt maken. Fysici doen dat niet, biologen kunnen het maar heel zelden, maar chemici doen het voortdurend. En in de polymeerchemie kun je nog veel meer kanten uit, omdat je ook nog de eigenschappen van je kunststoffen kunt veranderen.' ●

'Chemie is een van de weinige gebieden waar je echt nieuwe dingen kunt maken'