

BERT WECKHUYSEN ONTRAFELT GEHEIMEN VAN KATALYSATOREN

# EERST ZIEN, DAN GELOVEN

Wat gebeurt er precies in katalysatoren op het moment dat zij een chemisch proces uitvoeren? Dat is de vraag waarmee Bert Weckhuysen, hoogleraar Anorganische Chemie en Katalyse aan de Universiteit Utrecht, zich bezighoudt. Met unieke microscopen weet hij het antwoord op deze vraag steeds beter in beeld te brengen, en maakt daarmee de weg vrij naar verbetering van katalysatoren.

Tekst: Els van den Brink

**H**oewel hij oorspronkelijk uit Vlaanderen komt, is Bert Weckhuysen (44) sinds 2000 hoogleraar Anorganische Chemie en Katalyse aan de Universiteit Utrecht. "Ik kreeg de kans om op mijn 32e hoogleraar te worden, met een vacature die mij op het lijf was geschreven. Nederland, en Utrecht in het bijzonder, hebben me veel mogelijkheden gegeven om mijn wetenschappelijke ambities te realiseren", verklaart hij. Voordat hij vragen beantwoordt, geeft Weckhuysen een enthousiaste rondleiding door zijn lab. "Wij maken geen nieuwe moleculen, maar wel nieuwe of verbeterde katalysatoren om bestaande moleculen beter of duurzamer te produ-

ceren. Eigenlijk ben ik een fysisch chemicus die met analytische technieken kijkt naar katalyse, en daarmee probeert chemische processen te verbeteren."

Het motto bij veel van zijn onderzoek is: eerst zien, dan geloven. Weckhuysen gebruikt namelijk tal van visualisatietechnieken (chemische imaging) om katalysatoren te bestuderen terwijl ze een chemische reactie uitvoeren. Die aanpak is volgens hem redelijk uniek: "Er zijn wereldwijd meerdere onderzoeksgroepen die op deze manier aan katalyse werken, maar er zijn weinig laboratoria met het hele spectrum aan apparatuur voor chemische imaging zoals wij dat hier hebben. Wij kunnen katalyse bestuderen van het niveau van een enkel katalysa-

tordeeltje tot het niveau van een pilot-reactor."

## Tastmicroscop

De apparatuur is meestal niet door Weckhuysen en zijn team zelf ontwikkeld, maar onderdelen zijn vaak wel op een speciale manier voor ze gecombineerd. Eén van die apparaten is een tastmicroscop, oftewel een *Atomic Force Microscope* (AFM), gecombineerd met Raman-spectroscopie in een speciale behuizing om gassen en vloeistoffen te bekijken. Deze microscoop kan met een fijne naald een oppervlak scannen op atomair en moleculair niveau. Weckhuysen en zijn collega's kwamen afgelopen zomer in het nieuws omdat ze deze naald bedekt hadden met een laagje zilver, wat vervolgens als katalysator kon functioneren. Zo werd de microscoop onderdeel van een chemische reactie, en konden ze de reagerende moleculen tot in de kleinste details volgen. In oktober 2012 kreeg Weckhuysen voor zijn onderzoek met deze techniek een prestigieuze Europese subsidie (ERC Advanced Grant) van 2,5 miljoen euro, die hij onder meer wil gebruiken om katalysatoren voor biomassaconversie te verbeteren. Weckhuysen vertelt: "We gaan film-laagjes maken van katalysatoren en

## TOPCONSORTIUM VOOR CHEMISCHE INNOVATIES

Als lid van het topteam van de Topsector Chemie heeft Weckhuysen zich de afgelopen tijd vooral hard gemaakt voor het belang van fundamenteel en meer toegepast wetenschappelijk onderzoek voor de chemie. "Chemie is de enige sector waar wetenschap zo nadrukkelijk in de actieagenda vermeld staat. Ik denk dat het een van mijn verdiensten is dat we nu een Topconsortium voor Kennis en Innovatie hebben speciaal gericht op chemische innovaties. Het is een soort kraamkamer voor het exploreren van nieuwe publiek-private samenwerkingen voor de chemie."

*Bert Weckhuysen: "We richten ons bij katalyse steeds meer op biomassa en zonnebrandstoffen."*

## 'We bekijken met een nano-oog wat er in die katalysator gebeurt'

daarna met een nano-oog bekijken wat er precies in die katalysator gebeurt. Het bijzondere is dat we een container gaan bouwen om dat apparaat heen, zodat we de experimenten kunnen uitvoeren bij hoge druk en temperatuur. Dat zijn ten slotte de condities die in de praktijk gebruikt worden."

### Zonnebrandstof

"In het verleden richtten we ons bij de toepassing van katalysatoren vooral op op olie gebaseerde producten. Dat doen we nog altijd met veel inzet, maar het gaat ook steeds meer richting biomassa en zonnebrandstoffen", vertelt Weckhuysen. Zonnebrandstoffen zijn relatief nieuw. Het idee is om brandstoffen zoals methanol te produceren door kunstmatige fotosynthese uit zonlicht, water en CO<sub>2</sub>. De tastmicroscoop met zilvercoating biedt moge-

lijkheden voor het verbeteren van zonnebrandstoffen. Weckhuysen was in 2007 één van de initiatiefnemers van het publiek-private onderzoeksprogramma CatchBio, gericht op de ontwikkeling van katalysatoren voor de omzetting van biomassa in brandstoffen en materialen. Sinds die tijd is hij wetenschappelijk directeur van CatchBio. Volgens Weckhuysen hebben de chemische katalysatoren een belangrijk voordeel in vergelijking tot biokatalysatoren (meestal enzymen): "In de energiesector heb je te maken met enorme volumes. Om een omzetting efficiënt te kunnen uitvoeren, helpt het om het proces te laten verlopen bij hoge druk en temperatuur. Biokatalysatoren zijn daartegen minder bestand. Aan de andere kant hebben zij het voordeel van een hoge selectiviteit. Ik denk dat we uiteindelijk uitkomen op een ►

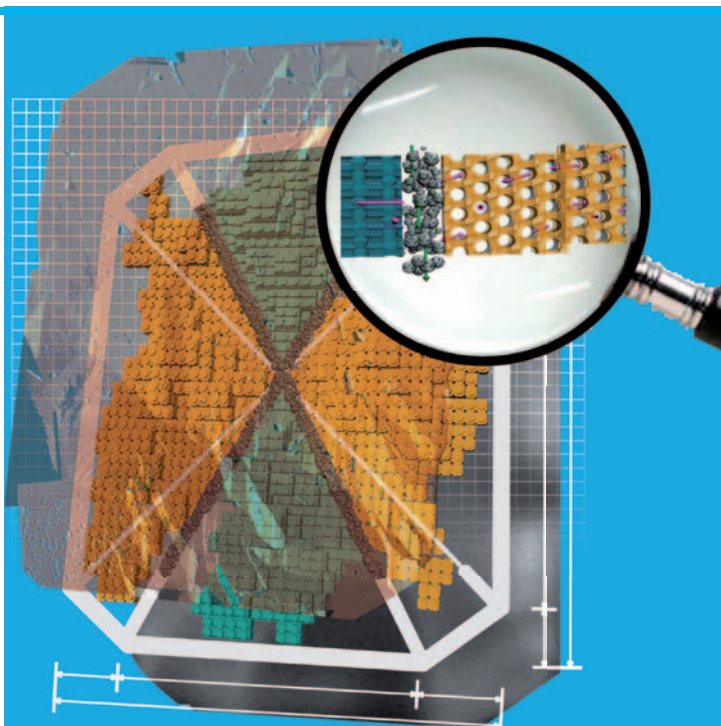
### WETENSCHAPPELIJKE SAMENWERKING MET LATEXFALT

Weckhuysen vindt het belangrijk om in zijn onderzoek veel samen te werken met bedrijven. "Je kunt naast fundamenteel onderzoek ook bilateraal samenwerken met bedrijven. Hierdoor ontstaat een win-winsituatie waarin je ook hele mooie wetenschap kunt beoefenen. Ik laat me vaak door bedrijven inspireren. Tijdens rondleidingen bijvoorbeeld, denk ik soms: hé, doen jullie dat zo? Andersom werkt dat trouwens hetzelfde: bedrijven die bij ons nieuwe ideeën opdoen." Als voorbeeld noemt hij het bedrijf Latexfalt. Directeur Bert Jan Lommerts, ook MKB-vertegenwoordiger binnen het topteam van de Topsector Chemie, was volgens Weckhuysen eerst wat kritisch over universitair onderzoek, maar een rondleiding door het universitair lab gaf hem een andere indruk. "Uiteindelijk zijn we zelfs een mooie wetenschappelijke samenwerking aangegaan. Toen we binnen het topteam een discussie hadden over de vraag hoe we het MKB meer bij wetenschappelijk onderzoek konden betrekken, zeiden we tegen elkaar: 'Waarom doen we het eigenlijk zelf niet? Als wij niet eens met elkaar samenwerken, wat stralen we dan uit?'"

## DOODLOPENDE STRATEN IN ZEOLIET

Weckhuysen gebruikte een combinatie van verschillende visualisatietechnieken om de structuur van een industriële zeolietkatalysator (ZSM-5) in kaart te brengen als een soort 'stratenplan'. Een zeoliet is een kristal waar allemaal kleine kanaaltjes doorheen lopen. Zeolietkristallen worden bijvoorbeeld gebruikt bij het katalytisch kraken van aardolie. Hierbij is het de bedoeling dat lange koolwaterstofketens (alkanen) de poriën van de zeoliet binnendringen, daar worden geknipt, om er vervolgens aan de andere kant in kleine stukken weer uit te komen. Weckhuysen: "We ontdekten dat er binnen in de zeoliet veel interne diffusiebarrières aanwezig zijn, als een soort obstakels die ervoor zorgen dat delen van het zeolietmateriaal moeilijk of niet toegankelijk zijn voor moleculen."

De zeoliet bevat als het ware een aantal doodlopende straten. Moleculen die hierin terechtkomen, kunnen alleen nog proberen om te keren, wat echter niet lukt als er een file van andere moleculen achter ze staat. De bouwstenen van zeolietkristallen sluiten niet goed op elkaar aan en veroorzaken de blokkades. De katalytische mogelijkheden van een zeolietkristal worden hierdoor maar gedeeltelijk benut.



Zeolietbouwstenen zijn in het vergrootglas te zien als een soort legoblokjes in blauw en geel, de alkanen zijn grijs.

## 'Je kunt als hoogleraar niet meer in je ivoren toren blijven zitten'

geïntegreerd systeem waarbij elke druppel biomassa wordt benut met een combinatie van chemische katalyse, biokatalyse en thermische conversie. In de praktijk zal voor elk specifiek proces moeten blijken welke optie het beste is."

### Belastingbetaler

Weckhuysen is ook wetenschappelijk directeur van het Nederlands Instituut voor Onderzoek naar Katalyse, lid van het gebiedsbestuur Chemische Wetenschappen van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek en lid van het topteam van de Topsector Chemie. "Ik vind het belangrijk om op deze manier iets te doen voor de samenleving als geheel. De tijd is voorbij dat je als hoogleraar in een witte jas in je ivoren toren kon zitten

en kon denken dat het geld vanzelf zou binnenkomen. Je moet je buiten de deur hard maken voor je vak en aan de belastingbetaler uitleggen wat je doet. Onderzoek hoeft niet direct nuttig te zijn, ik ben een voorstander van fundamenteel onderzoek, maar je moet wel kunnen uitleggen waarom je geld nodig hebt." Gelukkig heeft hij naast al die bestuurlijke functies extra ruimte en mogelijkheden gekregen om onderzoek te doen. Zijn aanstelling als faculteitshoogleraar per 1 september 2012 stelt hem vrij van onderwijs en bestuur binnen de universiteit.

Op het gebied van katalyse ziet Weckhuysen steeds meer samenwerking tussen wetenschap en chemische industrie, maar chemiebreed vindt hij meer samenwerking

gewenst. "Toen ik recent voor een sabbatical in Californië was, viel me op dat er veel interactie was tussen medewerkers van bedrijven en onderzoekers aan universiteiten. Juist zo'n grensvlak kan veel opleveren, en omdat Nederland klein is zijn er voldoende mogelijkheden om dit te organiseren. Het zorgt ervoor dat academici werken aan relevante problemen en dat bedrijven zien wat er gebeurt en bovendien snel nieuw talent herkennen." ■

## GROTE VERSCHILLEN TUSSEN KATALYSATORDEELTJES

Met een confocale fluorescentiemicroscop konden Weckhuysen en zijn collega's samen met katalysatorbedrijf Albemarle katalysatordeeltjes in beeld brengen die de zware fractie van ruwe aardolie omzetten in benzine (Fluid Catalytic Cracking, FCC). Daarbij kleurden zij de matrix van de FCC-katalysatordeeltjes rood, terwijl ze de actieve zure plaatsen van de katalysator groen kleurden. Tot hun verrassing zagen de onderzoekers grote verschillen tussen katalysatordeeltjes. Ook bleken de deeltjes minder katalytisch actief te worden doordat actieve plaatsen kapot gingen, en niet (zoals gedacht) door een verslechterde bereikbaarheid.