



IN EEN SERIE ARTIKELN GAAT CHEMIE MAGAZINE OP ZOEK NAAR DE CHEMICUS VAN DE TOEKOMST EN DE SKILLS DIE VAN HEM WORDEN GEVRAAGD. DEEL 1: ZIJN TOEKOMSTIGE WERKPLEK.

WAAR WERKT DE CHEMICUS IN 2030?

DE FABRIEK VAN DE TOEKOMST

Klein, modulair en flexibel, zo ziet een chemische fabriek er volgens technologen in 2030 uit. Biobased, groen en klimaatvriendelijk bewerken chemici. En volgens de futurist staat die nieuwe fabriek bij u 'om de hoek'.

Tekst: Marga van Zundert

TNO twijfelt er niet aan: de toekomst is aan 'kleinschalige, flexibele fabrieken'. Dat is dan ook de titel van een *white paper* uit 2015 over de toekomst van de Europese chemische industrie waarvoor het onderzoeksinstituut een tiental Europese experts interviewden, vooral CTO's van grote bedrijven. Auteur Martijn de Graaff, *senior business development manager* licht toe: "Er werd al een tijd geroepen dat de fabriek van de toekomst klein is, modulair en flexibel. Maar velen beschouwden dat vooral als een *technology push*."

De Graaff analyseerde de economische en strategische redenen om voor klein en flexibel te kiezen: bedrijven kunnen sneller reageren op veranderende markt vraag en sneller een nieuwe markt opgaan met minder investeringsrisico. En die voordelen beginnen langzaam door te dringen. "De fijnchemie en de farmaceutische industrie zie ik het idee nu omarmen. De grote Europese chemiebedrijven kijken de kat nog uit de boom. Maar in groei-economieën zoals India en China beginnen ook de multinationals de stap te maken voor nieuwe processen."

Efficiënter

De technologie die de kleinschalige, flexibele fabriek mogelijk maken zit bij jonge mensen. Bij start-ups zoals

het Nijmeegse FutureChemistry, dat apparatuur en advies biedt in *flow chemistry*, de technologie waarmee fabrieken 'krimpen'. *Managing director* en mede-oprichter Kaspar Koch voorzag tien jaar geleden al de overschakeling. In de laboratoria van de start-up geen pruttelende kolven: uitgangsstoffen stromen door kleine kanalen om onder precies gecontroleerde reactieomstandigheden elkaar te ontmoeten en snel te reageren.

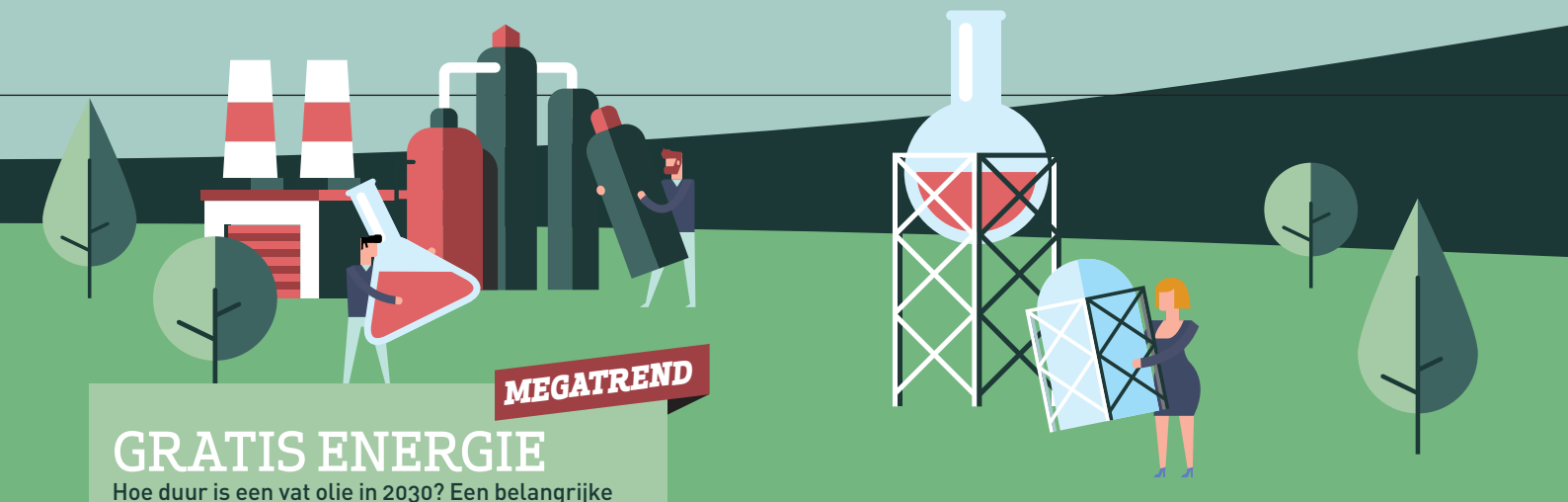
Het flowproces is daardoor meestal efficiënter, veiliger en energiezuiniger. Koch: "Een instabiel tussenpro-

duct kun je direct laten doorreageren. Dat verhoogt de opbrengst. En je kunt bijvoorbeeld nanodeeltjes maken van zeer gelijkmatige grootte. Bovendien is het opschalen een stuk eenvoudiger: je plaatst er eenzelfde unit bij." Klanten van FutureChemistry zijn nu vooral farmaceuten en de makers van *specialties* die hun onderzoekslaboratorium aanpassen of een batchproces willen inruilen voor flowchemie. In de bulkchemie zijn vrijwel alle processen al continu. De petrochemie is een typisch voorbeeld. Gróót is daar juist de norm, want dat biedt ►

WAT IS EEN VOORSPELLING WAARD?

Op 21 oktober 2015 was het *Back to the Future*-dag. In de sciencefictionfilm *Back to the Future II* uit 1989 reisden de hoofdpersonen met een tijdmachine precies naar die dag. De makers voorzagen voor 2015 onder meer skypen, *hover boards* en betalen met je vingerafdruk. Maar met zelfdrogende jassen, fruit uit het plafond en vliegende auto's op bier en bananenschillen zaten ze er behoorlijk naast.

Hoe goed zijn we in voorspellen? De Canadees-Amerikaanse psycholoog en schrijver Philip Tetlock verdiept zich al lang in die vraag. Vanaf 1984 vroeg hij professoren, journalisten, politici en bestuurders om allerlei voorspellingen te doen, al dan niet op hun eigen expertiseterrein en op korte en lange termijn. In totaal onderzocht hij ondertussen meer dan 2800 van deze voorspellingen. Wat blijkt? Experts voorspellen op hun eigen terrein slechts een tikje beter dan het toeval, vooral op korte termijn. Maar er bestaan ook 'supervoorspellers', mensen die bovengemiddeld goed (30 procent beter dan het toeval) de toekomst inschatten. Deze supervoorspellers zijn mensen met een hoog IQ, maar ze behoren weer niet tot de 5 procent slimste mensen. De meest gevraagde 'voorspellers' in de media blijken overigens slechter in voorspellen dan het toeval. Zoals Mark Twain al zei: "Voorspellen is moeilijk, vooral als het over de toekomst gaat."



MEGATREND

GRATIS ENERGIE

Hoe duur is een vat olie in 2030? Een belangrijke vraag voor de chemie, maar lastiger te beantwoorden dan ooit. Zelfs de International Energy Agency (IEA) waagde zich in 2015 niet aan enige voorspelling voor 2030.

Tijdens lang waarschuwde menigeen voor 'peak oil': het omkeerpunt in de productie van olie. Prijzen stegen inderdaad tot recordhoogte, om in 2008 een grote duikvlucht te maken. Olievondsten, nieuwe winningstechnieken, conflicten en overproductie creëren juist een overaanbod. 'Op=op' lijkt voorlopig niet te gelden in de oliemarkt. In ieder geval staan de wereldwijde voorraden van gas en steenkool garant voor voldoende energie-aanbod in de komende honderd jaar. Al liggen die voorraden niet zozeer in Europa.

De IEA voorspelt dat vanaf 2030 hernieuwbare bronnen kolen van de eerste plaats zullen stoten als grootste energiebron. Futuristen zoals de Nederlandse hoogleraar toekomstonderzoek Wim de Ridder zien de toekomst van duurzame energie nog zonniger in. De Ridder voorspelt dat vanaf 2025 zonne-energie al zo goed als 'gratis' zal zijn. Zonnepanelen zullen efficiënt en spotgoedkoop zijn, net als stroomwinning uit zoet-zoutwatercontact of golfslag. In 2040 kunnen deze schonere technieken de wereld volledig voorzien van stroom.

economisch schaalvoordeel. Toch voorziet TNO's white paper op de langere termijn ook voor basisproducten kleine productie-eenheden. Want ook de vraag naar commodity's kan variëren, zeker in een tijdperk waarin een overgang naar nieuwe, vaak biobased, grondstoffen wordt verwacht. Kleine fabrieken verlagen het investeringsrisico. Wordt een nieuw product een blijvertje, dan is er snel een unit bijgeschakeld. Kapen concurrenten de markt, dan is de installatie om te bouwen. Er hoeft geen grote *dedicated* fabriek te worden afgeschreven. Er kunnen ook nog andere, soms verrassende redenen zijn om over te schakelen naar kleine, flexibele fabrieken. Ze kunnen op de uiteindelijke productielocatie snel worden opgebouwd uit 'prefab'-onderdelen.

'Opschalen is een stuk eenvoudiger: je plaatst er eenzelfde unit bij'

Dat is een voordeel in afgelegen oorden, maar soms ook juist op dichtbebouwde en -bevolkte locaties. Het maakt de fabriek bovendien verplaatsbaar. Wat een voordeel kan zijn in instabiele regio's. Ook veiligheid kan de doorslag geven. Omdat in een flowreactor kleine hoeveelheden stoffen reageren, is de warmteontwikkeling veel beter te controleren. Dit maakt bestaande processen beter beheersbaar en voorheen (te) risicovolle chemie veilig. Zo kan in de SpinPro-reactor van de Eindhovense start-up Flowid veilig gewerkt worden met het zeer reactieve butyllithium. De SpinPro is een continue reactor waarbij de uitgangsstoffen rond drie rondspinnende schijven stromen. Die zorgen voor snelle, goede menging, en warmte kan snel toe- of afgevoerd worden. Butyllithium kan zonder cryogene koeling reageren en door het kleine reactorvolume zijn minder veiligheidsmaatregelen vereist. De investeringskosten voor een fabriek kunnen zo tot 40 procent lager uitvallen, stelt Flowid. Eind mei opende de start-up een demonstratiefabriek (80 kubieke meter per dag) op de Brightlands Chemelot Campus. Mede-oprichter Wouter Stam wijst op nog een ander belangrijk aspect van zijn fabriek van de toekomst: er zit een stekker aan. Fabrieken zullen steeds vaker draaien op zon en wind, in plaats van op fossiele

brandstoffen, voorspelt Stam. Niet puur uit duurzaamheidsoverwegingen of vanwege klimaatverandering: duurzame energie wordt simpelweg steeds goedkoper. Een visie die hoogleraar toekomstonderzoek Wim de Ridder onderschrijft (zie kader Gratis energie).

Biobased trend

Ook de biobased trend denkt niet per se 'groot'. Niels Schenk, CTO van weer een andere start-up in de chemie, het Groningse BioBTX: "Grondstoffen zullen in de toekomst steeds vaker reststromen zijn uit de agro-industrie. Dat zijn doorgaans lokale stromen. In onze visie staan de fabrieken die daar producten van maken dicht bij die bronnen." Omdat dat niet altijd grote bronnen zijn, is technologie nodig die eenvoudig schaalbaar is.

BioBTX ontwikkelde technologie om BTX (aromaten zoals benzeen, toluen en xyleen) in plaats van uit olie, uit biomassa te produceren. Uit houtachtige materialen, maar bijvoorbeeld ook uit ruwe glycerine, een bijproduct van biodiesel. Het bedrijf won onlangs de Europese *BioBased Chemical Innovation of the Year 2016* voor het proces om glycerine om te zetten in tereftaalzuur. Schenk: "Juist de grote onzekerheid in de fossiele sector maakt andere grondstoffen aantrekkelijk. Wie durft nog een voorspelling te doen over de olieprijs?"

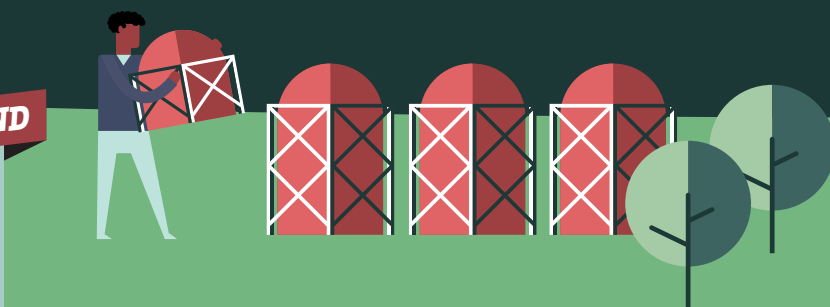
IEDEREEN RIJK

De wereld wordt steeds rijker. In 54 van de afgelopen 55 jaar groeide het bnp per wereldburger gemiddeld met zo'n 2 procent. In 2015 leefde voor het eerst in de geschiedenis minder dan een op de tien mensen in extreme armoede (minder dan 1,90 dollar per dag). Een snelle welvaartsstijging: 35 jaar geleden leefde 80 procent van Oost-Azië in extreme armoede. De Wereldbank berekende dat als de trend zich doorzet extreme armoede binnen vijftien jaar uitgeroeid zal zijn, wereldwijd.

De toename in welvaart is terug te vinden in allerlei positieve statistieken. De levensverwachting nam sinds 2000 met vijf jaar toe wereldwijd. En ging in 1990 maar de helft van alle kinderen in zuidelijk Afrika naar school, nu is dat 80 procent. In Nederland heeft 90 procent van alle volwassenen een smartphone, maar ook in Kenia geldt dat voor een kwart van alle volwassenen. En inmiddels rijden er zo'n 1,25 miljard auto's rond op de wereld. In 2035 zullen dat er waarschijnlijk 2 miljard zijn.

Kortom: dankzij haar snelgroeiende en snel rijker wordende bevolking is de wereld een groeimarkt. De vraag naar allerlei, ook luxere producten zal ongetwijfeld toenemen.

MEGATREND



En ook als de olieprijs laag blijft, ziet Schenk de trend naar biobased chemicaliën doorzetten. Grote merken als Coca-Cola, Lego, Ford en Unilever gaan nadrukkelijk voor duurzaamheid. Schenk: "Je mag als bedrijf niet rekenen op een zogenaamde groene premie, maar je hebt een grote pré wanneer je erin slaagt competitief én biobased te zijn. En ik geloof dat dat mogelijk is." Bovendien krijgt biobased flink de wind in de rug wanneer er een CO₂-prijs in de markt komt. "Onze uitstoot is in feite negatief. We slaan biomassa op in producten." Schenk verwacht al binnen vijf jaar meerdere BioBTX-fabrieken op te starten. "BioBTX is chemisch identiek aan BTX, dus het past in bestaande productieketens."

'Klein en flexibel' lijken de toverwoorden. Toch is de proefabriek van de Amsterdamse spin-off Photanol in Bleiswijk niet van koelkastformaat. Het is een plantenkas vol lange doorzichtige buizen. Daarin zetten door Photanol gemodificeerde cyanobacteriën CO₂ en zon-

licht direct om in bruikbare chemicaliën. En juist deze start-up is door *Het Financieel Dagblad* uitgeroepen tot een van de drie 'nieuwe kampioenen van Nederland': bedrijven met de grootste kans op een internationale doorbraak.

"De uiteindelijke fabriek zal veel compacter zijn", vertelt ad-interim-CEO Veronique de Bruijn. "Het gaat om een continu proces, wellicht in stevige kunststof zakken op ongebruikt terrein." Op korte termijn richt Photanol zich op de productie van geur- en smaakstoffen, op de langere termijn ook op competitievere markten zoals bio-ethanol. De Bruijn: "Frankrijk heeft onlangs eenzijdig een minimumprijs aangekondigd van 30 euro per ton CO₂. Een geweldige drijver voor ons. CO₂ is immers onze grondstof."

Azië of Europa?

Grote vraag is nog: waar staat die kleine, flexibele fabriek van de toekomst? De Graaff: "Ik merk vooral concrete belangstelling vanuit India en China. Zij bouwen momenteel

ook de meeste nieuwe fabrieken." Flowid en FutureChemistry beamen de belangstelling uit Azië. Stam: "Daar zit veel enthousiasme, lef en daadkracht. De Europese multinationals zijn voornamelijk afwachtend. Ze zouden daarom weleens voorbij kunnen worden gestreefd door het mkb: daar is meer belangstelling." Toch ziet BioBTX juist vooral kansen in Europa, waar duurzaamheid een belangrijk thema is. Schenk: "Wij richten ons ook nadrukkelijk op Noord-Nederland, een grote agro-regio." Volgens de Groningse hoogleraar economie en globalisering Steven Brakman is dat zeker geen onverstandige keuze. "Ik ben geen chemie-expert, maar Europa is een knooppunt in het web van grote investeringen wereldwijd." Het gros aan buitenlandse investeringsstromen loopt nog altijd tussen rijke landen onderling, zoals de VS, Europa en Japan, weet Brakman. Daarom ziet hij zeker goede kansen voor innovaties hier. "Maar elk groot bedrijf maakt in onze geglobaliseerde wereld telkens opnieuw een afweging waar het een nieuwe fabriek bouwt. Lage lonen spelen een rol, maar ook deskundig personeel en nabijheid van afzetmarkt." Ook De Ridder ziet een bloeiende chemie in Europa, maar om een andere reden. Energieproductie, maar ook kennis en technologie ziet hij al in de nabije toekomst steeds meer in handen komen van kleine bedrijven, lokale samenwerkingsverbanden en burgers zelf. Ook chemische technologie zal 'democratiseren'. Na het lezen van zijn boek *De ontdekking van de toekomst* plaats je de fabriek van de toekomst bij je om de hoek of als tafelmodel naast je 3D-printer in de garage. Het is een alleskunner en alleseter, waar naar wens biobased plastic of een paracetamolletje uitrolt. ■