

BLAUWE ECONOMIE

BLAUWE ECONOMIE

VERSIE 2.0

200 PROJECTEN GEÏMPLEMENTEERD
4 MILJARD EURO GEÏNVESTEERD
3 MILJOEN BANEN GECREËERD

GUNTER PAULI

Nieuw Amsterdam

De Nederlandse vertaling van *The Blue Economy* is in opdracht van Stichting Energo in de handel gebracht door uitgeverij Nieuw Amsterdam.

Eerste druk eerste editie juni 2012
Eerste druk vierde editie 2017

© 2012 Paradigm Publications
© 2017 Nieuw Amsterdam
Alle rechten voorbehouden

Oorspronkelijke titel *The Blue Economy*
Oorspronkelijke uitgever Paradigm Publications, USA
Vertaling Moze Jacobs, Joost van der Meer, Jeske Nelissen en Bill Oostendorp
Tekstredactie Sophie Verburgh
Redactionele adviezen Steven Bolt
Correctie Yulia Knol en Hanneke Toeset
Register Ansfried Scheifes
Vormgeving omslag en binnenwerk Philip Stroomberg
Auteursfoto © 2017, Zayed

NUR 747
ISBN 978 90 468 2094 0
www.nieuwamsterdam.nl
www.zeri.org

INHOUD

De verkwikkende natuur als grootste inspiratiebron, Anne-Marie Rakhorst	13
Voorwoord	15
Opdracht	21
Inleiding	27

1 TIJDLOZE HULPBRONNEN VOOR DE UITDAGINGEN VAN ONZE TIJD

Natuurkunde en toepasbaarheid	35
Verkwisting	37
Hoe kunnen we blij zijn met afval	40
Overvloed bereiken	42

2 DE KRACHT VAN PRAGMATISME

Blind geloof in groei	46
Hoognodige verandering	48
Voorkeur voor plaatselijk	49
Een kringloop van voordelen	52
Elke verandering is moeilijk	53

3 HET NABOOTSEN VAN ECOSYSTEMEN VOOR EEN BLAUWE ECONOMIE

Overvloed uit schaarste	59
Voedselzekerheid in Afrika	61
Een droom houdt een eiland boven water	63
Een progressief Pueblo	65
Bagasse, een zoete oplossing	66
Een eiland in de zon	67

4 HET DOELMATIGE GEBRUIK VAN HULPBRONNEN DOOR DE NATUUR

- Structuur en stroming 71
- Termieten, meesters van de doorstroming 72
- Waarom zijn zebra's zwart-wit gestreept? 74
- Een woestijn van overvloed 76
- Kevers voor water 77
- Het betere plakwerk 77
- Bacteriedodende draaikolken 78
- Natuurlijke manieren van brandbestrijding 81
- Oplossingen tonen 83

5 MARKTLEIDERS WIJZEN DE WEG

- Uit kleine zaadjes groeien grote bomen 87
- Nieuwe mogelijkheden, nieuwe perspectieven 88
- Ongebaande paden betreden 91
- De onderkant van de bovenkant 99
- Van 20.000 naar 100 miljoen 101

6 MBA VAN DE NATUUR (MEESTERSCHAP IN BRILJANTE AANPASSINGEN)

- Het toerusten van ondernemers 107
- Drie niveaus van duurzaamheid 110
- Eén innovatie, meervoudige inkomsten 111
- Kringloop van grondstoffen in een gemeenschap 113
- Echte kansen, echte oplossingen 114

7 ETHIEK CENTRAAL STELLEN

- Een nieuwe visserij 120

8 MEERVOUDIGE CASHFLOWS

- Opwindende koffie 128
- Van pulp tot bron van inkomsten 132
- Van afval tot supervoedingsmiddel 136
- Drink het – eet het – draag het 138

9 HET VERHAAL VAN EEN ZIJDEN DRAAD

- Landbouwgrond in de voorhoede 141
- Zijde als kooldioxidevanger 143
- De geometrie van zijde 144
- Het scheelt maar een haar 147
- Zacht als zijde 148
- Biocompatibele medische toepassingen 149
- Vereende kunsten 150

10 VAN MACHTIG TOT MINUSCUUL

- Met kloppend hart 153
- Energie uit walvissen 154
- Gezonde elektriciteit zonder batterijen 157
- Geen koeling? Cool! 158
- Furanonen maken furore 160
- Miraculeuze maden 164
- Pijnloze injecties 169
- Spuitbus zonder gas 170
- Innovaties bundelen 172
- Biodiversiteit en gezondheid 173

11 EEN REGENBOOG AAN MOGELIJKHEDEN

- Lichtperceptie 177
- Ultraviolet: licht dat mensen niet zien 178
- De evolutie van kleur en perceptie 180
- Pigmenten als handelswaar 182
- Afval voor de een, grondstof voor de ander 184
- De bioraffinaderij van de toekomst 187
- De bioraffinaderij van vandaag 188

12 ENERGIEVORMEN VAN DE TOEKOMST

- Een heroverweging van de vraag 195
- Zon aan twee kanten 198
- Het ontsluiten van nieuwe energiebronnen 199
- Elektriciteit uit pH 200
- Elektriciteit uit temperatuurverschillen 201
- Elektriciteit uit zwaartekracht en druk 202
- Energie uit zweet 205
- Energie uit beweging (kinetische energie) 205
- CO₂ als energiebron 207

13 DE MIJN ALS PLATFORM VOOR HERSTEL

- Herstellen van de fouten uit het verleden 215
- De wond verbinden om te genezen 218
- Papier van steen 219
- Een methode om methaan af te vangen 220
- Water: van kostenpost tot bron van inkomsten 222
- Energiek besparen op stroom 224
- Herstel van het milieu 225
- Chelatie bij complexe ertsen 227
- De mijn als biozuiveringsinstallatie 229
- Het financiële beleid 231

14 GEBOUWEN ONTWERPEN OP BASIS VAN STROMEN

- Van de woning een ecosysteem maken 233
- De zeven stromen van bouwontwerp en leefruimte 234
- Het ultramoderne kinderdagverblijf 237
- Lucht- en lichtstromen 239
- De stroom van water 244
- De stroom van geluid 250
- De stroom van energie 251
- De stromen van mensen en materie 253
- Scholen als klaslokalen van duurzaamheid 254
- Huisvesting voor iedereen 255
- Nog een mijnwonder 258
- Alle stromen in overweging genomen 260

15 BETAALBARE WONINGEN BETAALBAAR MAKEN

- Het doel van economische groei 263
- Modellen die de onderkant van de piramide kansen geven 266
- Verander het bedrijfsmodel 267
- Het onvermogen om de armen te bereiken 267
- Inspelen op basisbehoeften 269
- Een nieuw model voor het leveren van huizen 270
- Lokale producten 273
- Van handelen tot stromen 274
- Het vervullen van basisbehoeften 275
- Van water en energie naar gezondheid 276
- Meervoudige cashflow 277
- Voeding, hygiëne en gezondheid 279
- Afvalbeheer en energie 282
- Consumptiegoederen met een korte levensduur 283
- Mobiliteit en werkgelegenheid 284
- Cultuur en educatie 286

16 EEN BLAUWE ECONOMIE ALS KRINGLOOPMODEL

- Een uitweg uit een impasse 291
- Een wonderlijk kronkelpad 292

17 WIE IS ER VOOR GGO (GENETISCH GEMODIFICEERDE ORGANISMEN)?

- Hebben we 5 of 1000 keuzes? 301
- Verbranden – opeten of ermee bouwen 302
- Wees nergens tegen – wees voor iets beters 303

18 CHINA ZAL ZICHZELF VOEDEN

- Voortbouwen op de traditie of de vs nadoen 311
- Nieuwe wetenschap 311
- Eerlijken biologisch 313
- Een derde weg 313
- Herstel van de bovenste bodemlaag 314
- Terugwinning van water 316
- Geïntegreerde landbouwsystemen 318
- Overvloed! 318

19 VOOR DE NEDERLANDSE EDITIE: EEN NIEUW CONCURRENTIEMODEL VOOR DE LAGE LANDEN

- Een kringloop die begint in Zonhoven (Vlaams-Limburg) 324
- Van tandheelkunde tot wasmiddelen 327
- Een overvloed aan water 329
- Er is toekomst voor steenkool 332
- Glas en bouwen 333
- Glas verdrijft plastic 336
- Groenten, fruit en paddenstoelen 337
- Over schulden en ethiek 339

PROJECTEN IN BEELD 341

EPILOOG: HET VERWEZENLIJKEN VAN EEN DROOM

- Bescheiden succes in Californië 353
- Koffie, invasieve soorten en lokale biodiversiteit 354
- Een boycot overwonnen 356
- Van 'ZERI' naar honderd 357
- Verandering begint in de periferie 358
- Boekweit in Bhutan 359
- Herstel van het zeebos 360
- Het is nog maar net begonnen 362

Literatuur en aanvullende informatie 365

Register 373

‘*Blauwe economie* van Gunter Pauli is gericht op innovatiever, meer, beter, schoner en gezonder. Dat is een inspirerend perspectief ten opzichte van het gangbare milieudenken, dat nog te vaak uitgaat van minder en schaars.’

Jurriaan Kamp, hoofdredacteur *Ode/For intelligent optimists*

‘Gunter Pauli beschrijft op inspirerende en concrete wijze hoe, mede geïnspireerd door de natuur, innovaties worden gecreëerd die de transitie helpen versnellen naar een broodnodige circulaire economie. Het sterke van zijn boek is dat er concrete voorbeelden zijn verzameld die daadwerkelijk plaatsvinden en die anderen kunnen inspireren.’

Robert-Jan van Ogtrop, The Circle Economy

‘Verandering mag dan al de enige constante zijn in de geschiedenis, de bereidheid daartoe is niet altijd groot. Toch is en blijft verandering de enige manier om vooruit te gaan. Alleen al in dat opzicht is *Blauwe economie* van Gunter Pauli interessant. De innovaties die in het boek ter sprake komen, genereren bovendien onmiddellijk resultaat, op sociaal, maatschappelijk en economisch gebied: banen, inkomsten en welvaart. De blauwe economie is duurzaam en gebaseerd op slimme innovaties die voortbouwen op de wijsheid verborgen in de ons omringende natuur. Niets is meer voor de hand liggend dan dat.’

Herman Reynders, gouverneur van Limburg

‘*Blauwe economie* is verrassend, verfrissend en fascinerend. Gunter Pauli zet je aan tot het opnieuw nadenken over uitgangspunten die we als vanzelfsprekend aannemen. De klassieke dogma’s die onderwezen worden op onze managementopleidingen worden over boord gegooit. Dat leidt tot uitdagende en inspirerende nieuwe businessmodellen, veelal gebaseerd op briljante toegepaste wetenschap. Gunter Pauli reikt op die manier echt innovatieve oplossingen aan.’

Luc De Schepper, voormalig rector van de Universiteit Hasselt

‘Duurzaam ondernemen is een houding, en onze houding wordt bepaald door datgene wat ons inspireert en waar we voor staan. Bovendien is duurzaamheid verbonden met onze positie in de sociale samenleving, dit in het besef dat ons bestaan vergankelijk en tijdelijk is. Met de vergankelijkheid komt ook de verantwoordelijkheid voor de volgende generaties. Deze elementaire begrippen zitten vervat in *Blauwe economie*.’

Mario Fleurinck, voormalig CEO Melotte

‘Met de inspirerende voorbeelden uit *Blauwe economie* laat Gunter Pauli zien dat bedrijven die ondernemen op basis van kennis van ecosystemen en biodiversiteit, waarde creëren in plaats van natuur degraderen. Dat geeft hoop voor de toekomst van onze kinderen.

Willem Ferwerda, directeur en oprichter Commonland

DE VERKWIKKENDE NATUUR ALS GROOTSE INSPIRATIEBRON

Een bijzondere man, Gunter Pauli. Ik ontmoette hem in 2010 tijdens het schrijven van mijn boek over nieuwe energie. Ons gesprek gaf mij letterlijk energie. Ik hing aan zijn lippen, luisterde instemmend naar zijn visionaire verhalen.

Voor onze ontmoeting kende ik Gunter Pauli al een beetje. In die zin dat ik zijn boeken had gelezen en me zo duidelijk werd wat ons bindt. We delen onze liefde voor een natuurlijke manier van ondernemen, geïnspireerd op de ingenieuze wetten en principes van de natuur. Een eindeloze stroom van mogelijkheden creërend. De natuur en het bedrijfsleven samen laten vallen, winst generend voor mensen, bedrijven en het milieu.

De boodschap van Gunter Pauli in *Blauwe economie* is helder: 200 projecten geïmplementeerd, 4 miljard euro geïnvesteerd, 3 miljoen banen gecreëerd. Ik hou van duidelijke taal. Maar dan wil ik ook antwoorden die deze missie ondersteunen. Ook die vind ik in Pauli's wonderschone blauwe economie.

Hij komt met fantastisch concrete antwoorden om de wereld om ons heen in haar natuurlijke schoonheid te eren en tegelijkertijd als bedrijf winstgevend te zijn. Hiervoor gunt hij lezers een kijkje in zijn bedrijfsconcepten. Hij laat zien dat de blauwe economie innovatie, kapitaal en banen oplevert. Hij bewijst. Hij overtuigt. Hij inspireert.

Neem een batterij die werkt op temperatuurverschillen tussen de huid van de gebruiker en zijn omgeving, of via de trilling van stembanden. Dat betekent dus dat mobiele telefoons heel simpel hun eigen elektriciteit op kunnen wekken. Een ideale oplossing voor het regelen van temperatuur en ventilatie in huis ligt besloten in de lucht- en vochtthuishouding van de termietenheuvel. De manier waarop termieten luchtkanalen in een heuvel graven om in de zomer koel te

blijven, is en blijft geniaal. En wist u dat koffieafval een uitstekende basis is voor het kweken van champignons?

Zo staat dit boek vol met geweldige verhalen en oplossingen. De natuur en omgeving als rijke inspiratiebron. Ik ben er net als Gunter Pauli van overtuigd dat de wereld niet één Goliath, maar duizenden Davids nodig heeft om slimme innovaties te ontwikkelen en op de markt te brengen. Samen maken we het verschil dat nodig is. Samen bouwen we aan duurzame en winstgevende bedrijven.

We geloven niet in de boodschap dat we vooral minder energie moeten gebruiken om optimaal van onze planeet te blijven genieten. De natuur biedt volop alternatieven voor oneindige energie. Als we hier op een natuurlijke manier gebruik van maken, dan is er in deze wereld meer dan genoeg voor iedereen. Dan hoeven we ons niet meer schuldig te voelen over het laten branden van een lamp. Simpelweg omdat we ervoor zorgen dat energie en grondstoffen onderdeel zijn van een duurzame kringloop.

Het is tijd dat we dit besef omarmen in plaats van ons te blijven focussen op onze beperkingen. Laaf je aan de natuur. Durf te leven. Kies heel bewust voor duurzaam ondernemen.

Daarom ben ik ook zo ontzettend blij met de vertaling van Pauli's boek in het Nederlands. Kennisdeling is in mijn perspectief de sleutel tot succesvol, duurzaam ondernemerschap. Door verhalen, ervaringen, visies en voorbeelden te delen, dragen we allemaal bij aan meer winst voor mens, milieu en maatschappij.

Wereldwijd zijn al meer dan een miljoen exemplaren van *The Blue Economy* verkocht. Het is in bijna 40 talen verschenen. Speciaal voor deze uitgave schreef Gunter Pauli een extra hoofdstuk: Een nieuw concurrentiemodel voor de Lage Landen. Zeker een interessante toevoeging, omdat Gunter Pauli in Antwerpen is geboren en eigenaar was van het Belgische bedrijf Ecover.

Gunter Pauli maakt ons in *Blauwe economie* op een fascinerende wijze deelgenoot van de grenzeloze mogelijkheden van zijn blauwe economie.

Ik wens u ontzettend veel inspiratie en leesplezier.

Anne-Marie Rakhorst

eigenaar-directeur van Search Ingenieursbureau BV

VOORWOORD

De meeste economieën hebben tegenwoordig als voornaamste doel goederen en diensten voort te brengen die tegemoetkomen aan ieders behoeften, en banen en inkomsten te creëren die mensen in staat stellen die goederen en diensten te kopen. Met de huidige economische benaderingen gebeurt dat niet op een adequate manier. Er is verandering nodig om de integriteit van onze gemeenschappen en hun lokale economieën te bevorderen en om de stabiliteit van onze klimaatsystemen en de gezondheid van onze biodiversiteit en ecosystemen in stand te houden. Met andere woorden, we moeten af van een 'bruine economie' die berust op de massale winning van grondstoffen, het overmatig gebruik van fossiele brandstoffen, en buitensporige afvalproductie en vervuiling.

In de afgelopen decennia was de eerste stap op die weg een keuze voor de 'groene economie', waarmee in het bijzonder ongewenste afvalstromen en vervuiling werden aangepakt. De groene economie heeft haar waarde bewezen en wordt nu door veel landen en ondernemingen bepleit als een belangrijk doel van hun activiteiten. Maar het is steeds duidelijker geworden dat dit niet genoeg is om een einde te maken aan de overconsumptie van grondstoffen en de grove ongelijkheid in samenlevingen. In elk geval, zo wordt algemeen gedacht, heeft de groene economie geleid tot hogere kosten en minder rendement. De term heeft de bijklank van een economie die offers eist nog steeds niet kunnen afschudden.

Om dit beeld achter ons te kunnen laten en tot een meer fundamentele, veranderingsgerichte benadering te komen, ontwikkelden het Zero Emissions Research Initiative (ZERI) en de oprichter daarvan, dr. Gunter Pauli, het begrip

'blauwe economie'; Pauli's filosofie en praktische bijdragen vullen het grootste deel van dit boek.

In de meeste groeiende economieën is de moderne formele sector niet in staat het aantal arbeidsplaatsen en banen te creëren dat nodig is voor de toenemende beroepsbevolking. De aandacht gaat vooral uit naar grootschalige industrieën, maar de kosten voor nieuwe industriële productiesystemen zijn te hoog en hun ontwikkeling vergt te veel tijd om snel en naar believen uit te kunnen breiden. Bovendien is hun technologie er specifiek op gericht arbeid te vervangen door machines en banen overbodig te maken, niet om werk te scheppen. Als het accent blijft liggen op grote industrieën, is alleen maar te verwachten dat het aantal werklozen in de loop van de tijd stijgt.

Er zijn uiteraard industrietakken waarin schaalvoordelen alleen werken bij grote, gemechaniseerde eenheden. Daartoe behoren waarschijnlijk de staalproductie, de olieraffinage en de autoproductie. Maar de meeste industrieën kunnen ook op kleine schaal commercieel rendabel zijn. Als rekening wordt gehouden met de kosten van alle processen en middelen die bij het maken en leveren van producten een rol spelen en er geen subsidies worden toegestaan voor energie, transport, financiële en andere diensten, kan kleinschalige productie beslist concurrerend worden.

In elk geval kunnen alleen kleine en micro-ondernemingen doen wat op het vlak van werkgelegenheid nodig is. Bovendien kunnen ze de economische groei versnellen, niet alleen op lokaal niveau, maar ook voor een land als geheel. Hun rendement op investeringen ligt meestal veel hoger dan voor een grote industrie en omdat ze voor elke productie-eenheid maar kleine hoeveelheden kapitaal nodig hebben, kunnen ze veel sneller groeien.

De in dit boek onderzochte ideeën bieden aantrekkelijke vooruitzichten voor het realiseren van een koolstofarme, grondstofefficiënte en concurrerende economie in de eenentwintigste eeuw. Ze gaan er vooral van uit dat we de natuur het werk laten doen waar ze het best in is: vernieuwen, voortbrengen, gebruiken en regenereren, steeds weer opnieuw, zo lang mogelijk. Feitelijk is de natuur buitengewoon in de no-nonsense manier waarop ze onder gewone omstandigheden de meest complexe en waardevolle zaken maakt, zonder daarvoor ingewikkelde machines en fabrieken nodig te hebben, zonder ingewikkelde leveringsketens en zonder afval achter te laten.

Een van de verstandigste stappen die moderne economieën kunnen nemen is de natuur een deel van het werk voor ons te laten doen en van de natuur te leren hoe we de rest van ons werk efficiënter kunnen doen. Op die manier krijgen we niet alleen meer waardevolle zaken voor huishoudens en de gemeenschap en vervullen we onze basisbehoeften, maar we creëren ook nieuwe zinvolle banen. Op de juiste manier gebruikt biedt de natuur ons oplossingen die niet alleen ons leven een heel stuk beter maken, maar ons ook helpen een deel van het terrein

terug te winnen dat we zijn kwijtgeraakt door de massale milieuverwoesting die de mensheid op onze arme beproefde planeet heeft aangericht.

De wereld van de natuur heeft in al haar schoonheid en verscheidenheid op vernuftige, onverwachte en zelfs contra-intuïtieve wijzen al veel van de duurzaamheidsuitdagingen opgelost waar de mensheid voor staat. Door het ontraadselen van de fascinerende chemische eigenschappen, processen, structuren en ontwerpen die organismen – van bacteriën en weekdieren tot reptielen en zoogdieren – in de loop van miljoenen jaren hebben ontwikkeld en beproefd, kunnen we misschien nieuwe, grensverleggende oplossingen vinden voor de vele uitdagingen waar onze planeet – bevolkt door 7 miljard mensen, en tegen het jaar 2050 ruim 9 miljard – voor staat.

Gunter Pauli's *Blauwe economie* zet de deur open naar dit nieuwe, toekomst-gerichte gebied. De baanbrekende ontwikkelingen die in dit boek aandacht krijgen, zullen leiders uit het bedrijfsleven en de overheid er snel van overtuigen dat de geavanceerde wetenschap waarop deze nieuwe ontdekkingen berusten verder verkend en ontwikkeld moet worden. Het richt de schijnwerpers op het innovatieve werk van veel wetenschappers en praktijkmensen uit vele delen van de wereld, die oplossingen creëren waardoor de manier waarop allerlei zaken worden geproduceerd en geconsumeerd revolutionair kan veranderen.

Blauwe economie laat zien dat we natuurkunde, scheikunde en biologie kunnen bedrijven met hernieuwbare grondstoffen en duurzame toepassingen, net zoals ecosystemen dat doen. Dit behoort niet meer tot het rijk van de sciencefiction, het gebeurt écht, hier en nu. Met het juiste beleid voor onderzoek en ontwikkeling en marktbewuste promotiestrategieën bieden deze grondstoffen en methoden volop mogelijkheden om sneller te kunnen inspelen op mondiale vraagstukken.

De biodiversiteit en ecosystemen die essentiële diensten leveren op lokaal, regionaal en mondiaal niveau en zo het fundament vormen van onze mega-economie, dragen bij tot een aanzienlijk deel van de totale waarde die deze economie toevoegt. Veel soorten en processen uit ecosystemen bieden aanwijzingen voor potentieel belangrijke vooruitgang bij de productie van geneesmiddelen, voedselgewassen, biobrandstoffen en energiezuinige grondstoffen. Ze zijn mogelijk essentieel voor maatschappelijke maatregelen om de klimaatverandering te verzachten of om ons eraan aan te passen. Dergelijke vooruitgang zal beslist nodig zijn om nieuwe duurzame bedrijven en industrieën op gang te helpen die voor degelijke, duurzame banen kunnen zorgen. De innovaties die in *Blauwe economie* worden beschreven, leveren samen in potentie naar schatting 100 miljoen banen op. Die prognose wordt des te aannemelijker wanneer we bedenken dat er tegenwoordig meer mensen betrokken zijn bij hernieuwbare energie dan bij de olie- en gasindustrie samen, en dat de investeringen in wind- en zonne-energie en geothermische energieopwek-

king groter zijn dan die in nieuwe op fossiele brandstoffen gestookte krachtcentrales.

Volgens voorspellingen van de Verenigde Naties zullen in 2025 1,8 miljard mensen leven in landen of gebieden met waterschaarste. Twee derde van de wereldbevolking zou te maken kunnen krijgen met waterstress. Intussen zal door klimaatverandering de waterproblematiek vermoedelijk nog verergeren als gevolg van extremere weersomstandigheden. Stelt u zich dan eens een wateropvangsysteem voor dat is geïnspireerd op dat van de Namibische woestijnkever. Dat vindingrijke insect woont op een plaats waar nog geen centimeter regen per jaar valt. Maar het haalt water uit de mist die een paar ochtenden per maand in stormen over de woestijn waait.

Onlangs hebben onderzoekers een oppervlak ontworpen dat is geïnspireerd op de wateraantrekkende bobbels en waterafstotende gleuven in schubben op de vleugels van die kever. Het insect kan daarmee waterdruppels verzamelen en afvoeren die dunner zijn dan een menselijke haar. Er zijn proeven gedaan met het opvangen van de waterdamp van koeltorens met behulp van een techniek die lijkt op die van deze kever. De eerste tests hebben uitgewezen dat met deze uitvinding 10 procent van het verspilde water kan worden teruggewonnen. Dit verlaagt de energierekening voor de nabijgelegen gebouwen door het hitte-eilandeffect te verminderen. Jaarlijks worden naar schatting 50.000 nieuwe waterkoeltorens gebouwd en elk groot systeem verliest meer dan 500 liter water per dag. Zelfs een besparing van 10 procent is dus aanzienlijk. Andere onderzoekers laten zich door het wateropvangsysteem van de kever inspireren om tenten te ontwikkelen die zelf water opvangen, of werken aan labs-on-a-chip, 'microlaboratoria' bestaande uit oppervlakken waarop verschillende chemische stoffen zijn aangebracht. Aan die nieuwe ontwikkeling werken nu twintig mensen, maar wereldwijd zou deze ontwikkeling wel eens 100.000 nieuwe banen kunnen opleveren.

In *Blauwe economie* wordt een project besproken in Benin, waar een nieuw landbouw- en voedselverwerkingssysteem nabootst hoe in een ecosysteem voedingsstoffen worden hergebruikt in een 'cascade', een kringloopsysteem. Dierlijk afval van het slachthuis wordt verwerkt in een madenkwekerij om als voedsel voor vissen en kwartels te dienen; biogas levert elektriciteit en planten zorgen voor waterzuivering. Dat project is een microkosmos van blauwe economie. Voor dezelfde dollar, euro, roepie of yuan die het genereert, zorgt het voor inkomen, bestaans- en voedselzekerheid, terwijl het afval wordt gerecycled en opnieuw wordt gebruikt. Momenteel werken er 250 mensen. In potentie zou dit kringloopmodel 500.000 banen kunnen opleveren als het in elk Afrikaans slachthuis werd gebruikt, en 5 miljoen banen wereldwijd.

Het is al bijna zeventig jaar geleden dat de Zwitserse ingenieur George de Mestral, nadat hij tijdens een wandeling op het platteland de zaden van de klis be-

studeerde, die met hun haakjes zo hardnekkig aan zijn kleren bleven zitten, met een uitvinding kwam die bekend is komen te staan als Velcro®, oftewel klittenband. Tegenwoordig worden gebouwen, zoals een winkelcentrum in Zimbabwe, een ziekenhuis in Colombia, een school in Zweden en de Zoological Society in Londen, gekoeld door constructies die zijn geïnspireerd op termietenheuvels. Tegelijkertijd zijn technische opleidingen over de hele wereld verwikkeld in een wedloop om veel efficiëntere zonne-energie te ontwikkelen op basis van de moleculen en processen van fotosynthese. In *Blauwe economie* ligt de nadruk op het enorme potentieel van dergelijke innovaties. Het richt de aandacht op het omslagpunt waarvan tegenwoordig sprake is doordat een groot aantal van zulke doorbraken zich in de laboratoriumfase bevindt, in ontwikkeling is of al op de markt gebracht is.

De wereld wordt geteisterd door voedsel-, brandstof-, milieu-, financiële en economische crises. Het verlies van ecosystemen en biodiversiteit heeft geleid tot een klimaatcrisis en er dreigt een ramp op het gebied van natuurlijke hulpbronnen. Een blauwe economie, in staat om tot een systematische aanpak van deze vele uitdagingen te komen en gereed om de vele onmiskenbare kansen aan te grijpen, is nu van essentieel belang. Onze aarde is altijd onze grootste hulpbron geweest. In dit boek worden vele redenen genoemd waarom investeren in zowel lokale als mondiale duurzame ecosystemen juist nu verdedigbaar en belangrijk is. Door de logica van de natuur te volgen kunnen we een fundament leggen voor maatschappelijke omwentelingen en economische transformaties die zich van onderop kenbaar maken.

Leonardo da Vinci vatte de kracht van ecosystemen en het doelmatig grondstoffengebruik van de natuur samen in zijn *Codex Atlanticus*: 'Alles komt voort uit alles, alles is gemaakt van alles; alles verandert in alles, want alles wat in de elementen bestaat, is gemaakt van deze elementen.'

Ashok Khosla

voorzitter Development Alternatives

medevoorzitter International Resource Panel

president International Union for the

Conservation of Nature (IUCN), 2008-2012

president van de Club van Rome, 2005-2012

**LATEN WE NIET MEER VAN DE AARDE VRAGEN.
LATEN WE MEER DOEN MET WAT DE AARDE
BIEDT.**

G.P.

OPDRACHT

De poging om tot nieuwe inzichten te komen op basis van de elegantie van ecosystemen is allesbehalve een eenzame onderneming. Hoewel ik dit boek alleen heb geschreven, komen de inspiratie, de energie en de steun die ik ontving voort uit een divers netwerk van oude vrienden, naaste familie en soms verrassende nieuwkomers. De kans om de hele wereld over te reizen en pioniers te ontmoeten vormt een platform voor dialoog dat door supersnel internet of videoconferenties nooit te evenaren is. Ik had het voorrecht in 1980 voor het eerst China te bezoeken en daarna ben ik er zo vaak teruggeweest dat ik de tel ben kwijtgeraakt. De ontmoetingen met dr. Li Wenhua, lid van de Chinese Academie van Wetenschappen, professor Li Kangmin, een van de oprichters van het Asia Pacific Regional Training Center for Integrated Fish Farming, en prof. dr. Chang Shuting, het wetenschappelijk brein van de paddenstoelenindustrie in China, zijn maar enkelen van degenen die mij hier inspireerden.

Ashok Khosla, Anders Wijkman en Heitor Gurgulino de Souza, mede-inspirators en leden van de Club van Rome, gaven met hun intellectuele steun het debat structuur. Van meet af aan boden zij royaal steun aan mijn poging om doorbraken aan te wijzen die verder gaan dan 'groene' batterijen en kunststoffen op basis van maïs. Jorge Reynolds, met wie ik tot mijn grote voorrecht al meer dan 25 jaar mag samenwerken, leverde uit de eerste hand dieper inzicht in de wijze waarop ontdekkingen over het functioneren van het hart van de walvis niet alleen invloed kunnen hebben op de gezondheid van hartpatiënten maar op de hele samenleving. Zijn uitvindingen bieden een frisse kijk op de wijze hoe innovatieve ontwikkelingen in de gezondheidszorg een doorbraak kunnen betekenen voor de gezondheid van de planeet en tegelijkertijd het fundament

kunnen vormen van een concurrerende industrie, met als feitelijk resultaat een krachtige, welbewuste synchroniciteit. Jorge maakt ook deel uit van een kleine kern van personen die getuige was van de verwezenlijking van de droom van Paolo Lugari in Las Gaviotas, waar de kracht van symbiose in natuurlijke ecosystemen werd ingezet om eeuwenlang ondoordacht menselijk grondmisbruik te herstellen.

De talloze technische bladzijden met overzichten van wat de natuur en ecosystemen voor elkaar krijgen, kwamen pas tot leven toen wetenschappers als Joanna Aizenberg, Andrew Parker, Peter Steinberg, Christer Swedin en Jorge Alberto Vieira Costa hun diepgaande kennis bijdroegen en helder en met veel hartstocht mogelijkheden schetsten. Hun inspanningen, in combinatie met het pragmatisch ondernemerschap van Curt Hallberg, Emile Ishida, Fritz Vollrath en Norman Voyer, zorgden voor een schat aan inhoudelijk materiaal dat de basis vormt voor de ideeën die in dit boek centraal staan.

Toen ik me vervolgens verdiepte in het werk van systeemintegrators als Paolo Lugari (Gaviotas), pater Godfrey Nzamujo, John Todd en Anders Nyquist, werd ik me bewust van de enorme kracht van de bundeling van deze technologieën in systemen die iets tot stand brengen wat economisch haalbaar is, in hoge mate natuurlijk, uiterst complex, maar ook heel eenvoudig. Ik wist dat zij me met hun energie op het spoor hadden gezet van iets wat écht de moeite waard was. Zonder de tijd die meer dan honderd wetenschappers en ondernemers royaal voor me uittrokken, zou ik nooit kennis hebben genomen van hun kijk op mijn ambities om te beschrijven hoe het door toepassing van de logica van ecosystemen op economische systemen mogelijk is een duurzaam bestaan te realiseren en tegemoet te komen aan de basisbehoeften van iedereen.

Dan is er nog de energie die nodig is om dit karwei, tegen alle verwachtingen in, vol te houden. Toen mijn toenmalige partners de grotere doelen lieten schieten en besloten intellectueel eigendom ten eigen bate te beheren, zorgde het moreel leiderschap van mijn mentor, Elie Wiesel, ervoor dat ik me ben gaan richten op het grotere goed. Dat stelde me in staat het overdreven romantische beeld dat ik van elke afzonderlijke natuurlijke soort had te laten varen en mijn aandacht te richten op de wezenlijke kracht van ecosystemen en het scala aan ondernemingskansen die deze bieden. Bij al die veranderingen was mijn vrouw, Katherina, mijn grootste steun en toeverlaat. Haar onvoorwaardelijke ondersteuning hielp me te beseffen hoe belangrijk het is niet uit te gaan van oppervlakkige voorstellingen van geïdealiseerde bedrijven, maar te kijken naar systematische banencreatie die een nieuwe inhoud geeft aan concurrentievermogen en een nieuwe economische structuur oplevert voor de hele wereldbevolking.

Diverse organisaties over de hele wereld hebben me uitgenodigd nieuwe inzichten te delen, in discussie te gaan, voorstellen aan te scherpen en prioriteiten te stellen. Enkele waardevolle uitwisselingen die mijn inzichten verrijkten

waren de ontmoetingen met Bioneers at the Bay (Massachusetts, vs, georganiseerd door het Marion Institute), de raad van bestuur van UNEP in Nairobi, Kenia, de COP over biodiversiteit in Bonn, de top van industriële leiders in New Delhi, bankiers en boeren bij de ABSA bank in Stellenbosch, Zuid-Afrika, het deskundigenpanel van Al Gore betreffende oplossingen voor de klimaatveranderingen in New York, de GLOBE-meeting op de G8 in Tokio, de LIFT-conferentie in Marseille, het jaarlijkse ingenieurscongres (ANPEI) in Brazilië, de APEC CEO-top in Singapore, de Algemene Vergadering van de UNIDO in Wenen, en de jaarvergadering van 2009 van de Club van Rome in Amsterdam.

De belangrijkste inzichten ontstonden echter door het implementeren van projecten over de hele linie. Ik had me nooit kunnen voorstellen dat bijna tweehonderd projecten in zo'n korte tijd meer dan 4 miljard euro zouden losmaken en 3 miljoen banen zouden creëren. Het lijkt voor mij geen enkele twijfel dat de harde feiten en de concrete cijfers van deze in businessplannen vertaalde innovaties op elk aspect concurrerend zijn, of zelfs meer. Ze zorgen bovendien voor inclusieve groei, maken het onmogelijke mogelijk en komen tegemoet aan de behoeften van iedereen op aarde, niet slechts de menselijke soort, maar ook de 100 miljoen andere soorten die deel uitmaken van deze schitterende biodiversiteit waarvan we het belang maar zelden begrijpen.

In 1979 nodigde Aurelio Peccei, oprichter van de Club van Rome en mijn persoonlijke mentor, me uit de jaarlijkse bijeenkomst van de Club in Salzburg bij te wonen. Dertig jaar later beschouwden de leden van de Club dit boek waardevol genoeg om een 'Rapport aan de Club van Rome' te worden genoemd, in de rijke traditie van historische publicaties als *Grenzen aan de groei* en *Factor Vier*. Het is een eer die tot bescheidenheid stemt. Daarom neem ik het met grote dankbaarheid op me deze verwachtingen waar te maken. Het is mijn diepste wens om te kunnen bijdragen aan de ideeën over en de vormgeving van de duurzame samenleving die werden verwoord door de grondleggers van de Club van Rome. Deze nieuwe, bijgewerkte en uitgebreide editie laat hopelijk zien hoeveel verder we zijn gekomen dan we durfden te dromen.

Heel veel mensen hebben een belangrijke rol gespeeld bij het tot stand komen van dit boek, maar de belangrijkste inspiratie vormden misschien wel mijn zonen, Philipp-Emmanuel en Louis-Hadrien, die mijn ogen hebben geopend en ervoor zorgen dat ik positief naar de toekomst kijk. Zij hebben weer dat fundamentele gevoel in me wakker geschud dat ouders de verantwoordelijkheid hebben een omgeving te scheppen die kan bijdragen aan een betere toekomst. Mijn oudere zonen, Carl-Olaf en Laurenz-Frederik, waren de eerste lezers van dit boek. Mijn geadopteerde dochter Chido komt de eer toe dat zij laat zien dat alles in dit boek geen fantasie is. Het is werkelijkheid in wording, zoals beschreven in de hoofdstukken van *Blauwe economie*. Dat biedt hoop. Met uitgaven in meer dan dertig talen in 2012 lijkt het erop dat de wereld begint te luisteren.

Noot bij editie 2.0

Er zijn zes jaar verstreken en de kern van dit boek is vertaald in bijna veertig talen. Het meest bemoedigende is echter dat het de inspiratiebron is geweest voor honderden initiatieven. Een aantal paddenstoelenkwekerijen ontwikkelde zich van een initiatief op het platteland tot een programma in de stad (officieel circa 3000) en de madenkwekerij in Benin heeft inmiddels navolging gekregen in Zuid-Afrika, Colombia en Nederland (een twaalfstal bekend). Het idee voor steenpapier is in 2016 al omgezet in vier volledige fabrieken in Shenyang (China), en de bioraffinaderij in Italië werd in juni 2014 in gebruik genomen. Qua omvang en reikwijdte gaan de initiatieven veel verder dan de oorspronkelijke inhoud van de blauwe economie, vandaar dat er behoefte kwam om een herziene, verbeterde, uitgebreide en fundamenteel nieuwe versie uit te brengen: *Blauwe economie 2.0*.

Hout Bay, Zuid-Afrika, 22 maart 2016

**ALS WE ONZE KINDEREN ALLEEN MAAR LEREN
WAT WE WETEN,
KUNNEN ZE HET NOOIT BETER DOEN DAN WIJ.**

G.P.

INLEIDING

Toen ik in de jaren tachtig de boeken van Lester Brown en zijn team van het Worldwatch Institute las, werd ik aangespoord die schat aan gegevens over mondiale milieuvraagstukken voor iedereen toegankelijk te maken. De vloedgolf van negatieve cijfers en trendanalyses, gebaseerd op gegevens van de Amerikaanse overheid, liet nog slechts weinig positief licht aan de horizon zien. Daarom zette ik een uitgeverij op om *State of the World* en *Vital Signs* onder de aandacht te brengen van onwillige luisteraars: de zakelijke gemeenschap in Europa. Als ondernemer had ik inmiddels een zestal bedrijven opgezet, en ik was ook een bezorgd burger. Toen begin jaren negentig mijn twee zonen Carl-Olaf en Laurenz-Frederik werden geboren, ging er, zoals bij zo veel jonge vaders en moeders, een gedachte door mijn hoofd: we willen de wereld voor onze kinderen in een betere toestand achterlaten dan wij hem van onze ouders gekregen hebben. Nu mijn oudste zoon bijna twintig jaar later zijn eindexamen heeft gedaan, moet ik bekennen dat het een ware herculestaak lijkt.

Naarmate het leven vordert en onze diepe zorgen zich in rimpels uiten, kunnen we niet alleen maar geëngageerde burgers blijven, bezorgd over de toekomst, verdrietig over alles wat fout gaat. We moeten ons herorganiseren en manieren vinden om het fundament te leggen waarop de volgende generatie het beter kan doen dan wij. Misschien is dat wel de grootste vrijheid die we onze kinderen kunnen bieden: dat we hun toestaan anders te gaan denken en, belangrijker nog, anders te gaan handelen. Het is dan ook nuttig om na te denken over een positief denkraam en een concreet actieplatform dat we de toekomstige generaties kunnen nalaten. Dat is misschien wel onze grootste uitdaging. Het slechte nieuws betreft niet alleen de gezondheid van onze planeet. Voor het

eerst in tientallen jaren beseffen we dat het economische systeem ook afbrokelt.

Als een van de eerste medewerkers van de Club van Rome, het informele gezelschap van geëngageerde beleidsmakers, wetenschappers, vooraanstaande zakenlieden en internationale ambtenaren, weet ik maar al te goed hoe belangrijk het is om mensen wakker te schudden. In het rapport *Grenzen aan de groei* werd duidelijk de vicieuze cirkel geschetst van een explosieve bevolkingsgroei, milieuaantasting, ongebreidelde industriële groei en normverval. Als uitgever van het rapport *State of the World* van Worldwatch in een aantal Europese talen en als enthousiast deelnemer aan de Club van Rome gedurende dertig jaar, kon ik die negatieve conclusies nooit los zien van de noodzaak tot positief handelen.

Ik ging werken bij Ecover, een Europese producent van biologisch afbreekbare schoonmaakmiddelen en werd later bestuursvoorzitter van dit pioniersbedrijf. Toen zelfs de grootste fabrikanten ons afbreekbare bestanddeel – palmolievetzuren – als standaardvervanging voor petrochemische oppervlakteactieve stoffen gingen gebruiken, nam de vraag naar dit alternatief sterk toe. Hierdoor werden veel grondstoffenleveranciers, met name in Indonesië, ertoe aangezet grote delen van het regenwoud te vervangen door palmboomplantages. Bij de vernietiging van het regenwoud ging ook een groot deel van het leefgebied van de orang-oetan verloren. Zo kwam ik er tot mijn verdriet achter dat biologische afbreekbaarheid en hernieuwbaarheid niet per definitie gelijkstaan aan duurzaamheid.

In mijn eerste artikel over dit onderwerp, dat in 1991 verscheen in *Seoel*, riep ik het bedrijfsleven op de doelmatigheid van ecosystemen na te bootsen. Het slimme van een ecosysteem zit hem niet alleen in wat het oplevert, zoals schoon water en schone lucht, de aanvulling van vruchtbare bovengrond, evenwichtige beheersing van bacteriën en een evolutionair proces zonder einde, altijd op zoek naar betere oplossingen en meer doelmatigheid. Ecosystemen zijn ook een inspiratiebron voor de verandering van ons uiterst verspillend productie- en consumptiemodel. In het artikel gaf ik aan dat duurzaamheid alleen te realiseren is wanneer ons systeem het begrip ‘afval’ ter zijde schuift en voedingsstoffen en energie in kringloopketens gaat benutten, net als de natuur.

Na de ontvullende ervaring met Ecover werd ik door professor Heitor Gurgulino de Souza, rector van de Universiteit van de Verenigde Naties die wordt gehuisvest door de Japanse regering, uitgedaagd een economisch systeem te ontwerpen dat geen afval en geen uitstoot zou voortbrengen. In plaats daarvan moest het arbeidsplaatsen scheppen, sociaal kapitaal bijdragen en niet tot hogere kosten leiden. Drie jaar voor de aanvaarding van het Verdrag van Kyoto accepteerde ik die uitdaging. Zo had ik de gelegenheid om me vanuit een academische ivoren toren te gaan voorstellen hoe we de productieve en evolutio-

naire interacties van natuurlijke ecosystemen kunnen nabootsen, waarbij afval van de een voedsel voor de ander is. Ik nam mij eveneens voor een hele reeks van onze productiemiddelen te vervangen door natuurkundige processen die niets vervuilen, geen grondstoffen behoeven en dus heel efficiënt werken. Na bijna drie jaar onderzoek werd in samenwerking met het Ontwikkelingsprogramma van de Verenigde Naties (UNDP) in Zwitserland de ZERI Foundation opgericht, met als enige doelstelling het implementeren van baanbrekende projecten die konden aantonen dat een wetenschappelijk uitvoerbaar en economisch levensvatbaar productie- en consumptiemodel mogelijk is. Na de Wereldtentoonstelling van 2000 werd deze omgezet in een netwerk van stichtingen, ledenorganisaties en zelfs bedrijven die zich enthousiast inzetten voor het tot stand brengen hiervan.

Bij de viering van de eerste twintig jaar pionierswerk over de hele wereld mogen we vaststellen dat we sterk genoeg zijn om door te gaan met het zoeken naar een economisch model dat ondernemers kan inspireren de mensheid in het algemeen, en de menselijke productie en consumptie in het bijzonder, een levensvatbare en duurzame weg te laten inslaan. Bij het begin van dit onderzoek had ik de gelegenheid om met Fritjof Capra te werken aan de redactie van *Steering Businesses Towards Sustainability*, in 1996 door de Universiteit van de Verenigde Naties uitgegeven. Dit project leverde een stortvloed aan ideeën op. Ik beseftte dat mijn zoektocht naar een nieuwe generatie mogelijkheden was gebaseerd op de overtuiging dat als ik de bedrijfsmodellen die ik voor ogen had beschreef, anderen misschien geïnspireerd zouden worden om ondernemer te worden. Ik dacht na over innovaties die konden worden gebundeld tot een systeem dat op dezelfde wijze kon werken als ecosystemen, door casussen die door diverse spelers waren ontwikkeld te clusteren en efficiënter gebruik te maken van de bestaande, onfeilbare wetten van de natuurkunde die geen uitzonderingen kennen.

Gedurende vijf jaar ontmoette ik uitvinders en ondernemers van over de hele wereld. Ik had tientallen vergaderingen met financieel analisten, economisch journalisten en deskundigen op het gebied van bedrijfsstrategie. We werkten mee aan de introductie van opmerkelijke innovaties. Daardoor werd de logica aangescherpt. Een team ging alle successen en mislukkingen voor ons bekijken en onderzocht de dynamiek van de ondergang van het huidige economische model in het licht van de geïnventariseerde innovaties. We zagen de feniks van nieuwe groei, zelfs groei met dubbele cijfers, waarbij de logica van kortetermijnresultaten en bonussen verandert in een logica waarin een wereld met beperkte hulpbronnen in staat is te voldoen aan de basisbehoeften van mensen met wat we hebben.

Ik zag een duidelijk model ontstaan dat ondernemers over de hele wereld unieke kansen kon bieden om het heersende zakelijk paradigma, dat bekend-

staat als ‘kernactiviteit op basis van kerncompetentie’, te veranderen. Het ging niet over klonen en genetische manipulatie, beschermd door patenten die meer op biopiraterij dan op echte innovatie lijken. Het ging over de diepgaande logica en gevoeligheid van inclusieve groei. Dit boek gaat verder dan de innovaties en is geïnspireerd op het vermogen van ecosystemen om zich altijd naar een hoger doelmatigheidsniveau te ontwikkelen, voedingsstoffen en energie kringloopsgewijs te hergebruiken, niets verloren te laten gaan, de capaciteiten van alle deelnemers te benutten en in de basisbehoeften van iedereen te voorzien met wat lokaal voorhanden is. Dit boek laat zien hoe het bedrijfsleven kan inspelen op basisbehoeften, mits het zijn logica verandert van het besparen van kosten naar het scheppen van waarde. Er bestaat geen scheiding tussen ondernemers en sociale ondernemers, iedereen is sociaal, iedereen staat in dienst van het waarborgen van de evolutionaire kracht van verandering.

Dit soort inzichten in een nieuwe bedrijfslogica hebben gestalte gekregen in het fundament van dit boek en hebben mij in staat gesteld de contouren van een blauwe economie te schetsen en te beseffen dat de huidige economische beroering een verholde zegen is. Misschien kunnen we nu eindelijk een halt toeroepen aan het onrealistisch consumentisme dat de economie naar onoverkomelijke schulden heeft opgestuwd. Consumenten aansporen om meer uit te geven is een stereotiep voorbeeld van de blinde logica waarmee burgers worden overgehaald een uitweg uit deze crisis te kopen door ons allemaal, maar ook de volgende generaties, in schulden te steken die we nooit zullen kunnen terugbetalen. Door deze gewetenloze benadering wordt de liquiditeit van de hele wereld overgeheveld naar een elite die geld wil verdienen met geld en verder iedereen krediet ontzegt. Zulke handelwijzen vormen de basis van een failliet economisch model, een rode economie die leent – van de natuur, van de mensheid, van het gemeenschappelijk goed van iedereen, en van centrale banken die hun onafhankelijkheid van de politiek zijn kwijtgeraakt – waarbij de gedachte aan terugbetaling eindeloos naar de toekomst wordt verschoven. Onverzadigbare grootschalige economieën zoeken harteloos naar steeds lagere marginale kosten voor elke extra geproduceerde eenheid. Daarbij wordt neerbuigend voorbijgegaan aan alle onbedoelde gevolgen. De financiële crisis van 2008 was het gevolg van de fusie- en overnamekoorts van bankiers en zakelijke beleidsmakers, waardoor de activa stegen en zulke enorme schulden ontstonden dat de groei zichzelf vernietigde. Dat is het verhaal van een falende economie van ‘rood staan’.

Vergeleken daarbij moeten bedrijven in een groen economisch model meer investeren en moeten consumenten meer betalen om met behoud van het milieu hetzelfde, of zelfs minder, te bereiken. Dat vormde op het hoogtepunt van de economische groei al een uitdaging, maar het is een oplossing die weinig kans heeft in een tijd van economische neergang. Ondanks alle goede wil en moeite heeft de groene economie niet de zo gewenste levensvatbaarheid gekregen. Ver-

baast je dat? Hoeveel mensen zijn blij met een groene economie waarin alles wat goed is voor hen en het milieu duur is? Kun je kiezen voor een economie waarin alles wat slecht voor je is en schadelijk voor het milieu goedkoop is? Wie heeft die bedrieglijke term voor een markteconomie bedacht?

Als we verder kijken, zien we een blauwe economie, die zich richt op vraagstukken van duurzaamheid die aan louter behoud voorbijgaan. Een blauwe economie houdt zich bezig met herstel. Je zou kunnen zeggen dat blauwe economie gaat over ecosystemen die hun evolutionaire weg kunnen voortzetten om te profiteren van de eindeloze stroom creativiteit, aanpassingskracht en overvloed van de natuur.

Wie jong van geest is zal de kansen aangrijpen om te ondernemen op een manier waarbij ecosystemen worden nagebootst en energie en grondstoffen in kringloopketens worden benut, waarbij ze worden omgezet in inkomen, sociaal kapitaal en werkgelegenheid. Wanneer we de concepten van een blauwe economie implementeren, kunnen de beslissingen van miljoenen actoren in de plaats komen van het dirigisme van enkele marktleiders, monopolistische bedrijven of staatsdominantie. Dan wordt uiteindelijk een krachtige, nieuwe sociale en economische structuur zichtbaar. Alleen door de betrokkenheid en inzet van burgers zullen de regels van het spel veranderen en zal een echte omslag tot stand komen. Ervaring en toegang tot geld werden nooit als een nadeel beschouwd. Nu we out of the box moeten denken om de uitdagingen waarvoor we staan op te lossen, is het dat wel. Op een moment in de geschiedenis dat het duidelijk wordt dat we de maximale olie- en voedselproductie bijna hebben bereikt, kunnen we praktische ideeën en inspiratie putten uit ecosystemen door te kijken hoe ze in staat zijn creativiteit en evolutie toe te passen bij het overwinnen van uitdagingen om te overleven. Dit boek wil een bijdrage leveren aan het ontwerp van een nieuw economisch model dat niet alleen in staat is tegemoet te komen aan de behoeften van iedereen, maar het kunstmatige begrip 'schaarste' omzet in een gevoel dat het aanwezige genoeg is – en zelfs overvloedig.

De verspilling van materiële hulpbronnen waar stortplaatsen en verbrandingsovens van getuigen is betreurenswaardig, maar de verspilling van menselijk kapitaal is absoluut onaanvaardbaar. Wanneer het aantal werkloze jongeren in industrielanden als Spanje en Griekenland rond de 50 procent ligt, en boven de 90 procent in bezette gebieden zoals in Palestina, is het niet zo moeilijk voorstelbaar wat het voor onze mondiale samenleving betekent als haar leiders de volgende generatie als nutteloos beschouwen. Of erger nog, als jongeren en kansarmen zichzelf als nutteloos beschouwen. Het is een teken van een systeem in ernstige neergang, een maatschappij in opperste crisis, wat wordt onderstreept door stijgende cijfers betreffende geweld, criminaliteit, terrorisme, drugsmisbruik, illegale immigratie, schooluitval en de abominabele behandeling van bevolkingsgroepen of gemeenschappen die al gevaar lopen of achtergesteld zijn.

Abdul Salam al-Majali, in het verleden zowel voorzitter van de Universiteit van Jordanië als minister-president van dat land en tegenwoordig voorzitter van de Islamic World Academy of Sciences, zei ooit: 'Expose – do not impose' (Laat zien – leg niet op). Als het ons doel is een betere wereld te creëren voor iedereen, niet alleen een hoger banktegoed voor enkelen, als we bereid zijn risico te paretoren met voordeel, dan kan verstandige bezinning, gebaseerd op degelijke wetenschap en gedocumenteerde voorbeelden, ons helpen ons dat doel voor te stellen en te bereiken. Met een krachtig platform voor ondernemerschap kunnen we het succes van ecosystemen in het opruimen van afval en het bereiken van volledige werkgelegenheid en productiecapaciteit nabootsen. Een veelheid van kleine initiatieven over de hele wereld kan de basis vormen voor nieuwe mogelijkheden tot ondernemen die de overgang kunnen bevorderen naar een macro-economisch systeem. In plaats van te wachten totdat beleidsmakers tot overeenstemming komen, kiezen wij een andere richting door mensen overal te laten zien welke voor iedereen toegankelijke mogelijkheden de regels van het zakelijk spel voor goed zullen veranderen.

Het is verbazingwekkend hoe weinig natuurlijke logica er in de samenleving is. Om een gebouw te koelen, laten aircospecialisten koude lucht 'omhoog' stromen? Om water te zuiveren gooien we er chemische stoffen in die al het leven doden? Kassen verwarmen de lucht, niet de wortels? We betalen meer dan 50 euro per kilowattuur voor elektriciteit van een accu die ons milieu vergiftigt? Wanneer we een kop koffie drinken verlenen we slechts waarde aan 0,2 procent van de biomassa van de koffieplant, terwijl de rest wegrot, methaangas produceert of een belasting vormt voor regenwormen, die net zo'n last van het zenuwgif 'cafeïne' hebben als wij. Honderdduizend ton titanium, bij hoge temperatuur gewonnen en verwerkt, wordt op stortplaatsen gegooid als wij ons van onze 'wegwerpscheermesjes' ontdoen. We kappen miljoenen bomen om ons verlangen te stillen naar papier om op te drukken en te schrijven en wanneer we dat recycleren, gebruiken we meer water dan om wc's door te spoelen. De mensheid gebruikt overmatig veel energie, stoot onredelijk veel broeikasgassen uit en veroorzaakt een ravage in het milieu. We kunnen nauwelijks verbaasd zijn dat we te maken hebben met klimaatverandering. Ons enige excuus voor wat we doen en hoe we dat doen is dat we niet weten wat de onbedoelde gevolgen zijn. Zodra we dat wel weten, hebben we niet alleen de duidelijkheid die nodig is voor verandering, maar zijn we ook in staat die bewust tot stand te brengen.

Chido Govero verloor op zevenjarige leeftijd haar moeder; haar vader heeft ze nooit gekend. Zo werd ze in één klap wees en hoofd van haar familie, met de verantwoordelijkheid om haar oma en broertje te eten te geven. Een waarlijk drama als dit komt maar al te vaak voor. Miljoenen mensen, voor een groot deel vrouwen en kinderen, moeten zich laten misbruiken om zich van een schijntje voedsel, water en onderdak te verzekeren. Chido leerde al snel om jarenlang te

overleven op alleen een schaalpje pinda's per dag, maar ze werd zich ook al heel snel bewust van het productief vermogen van ecosystemen, de kracht van een creatieve geest om vol te houden, tegen alle verwachtingen in. In Afrika zijn die natuurlijke systemen geplunderd door de onverantwoordelijke landbouwmethoden van kolonisten die hun tradities meebrachten uit een gematigd klimaat met vier seizoenen. Ze gebruikten technieken die het land niet alleen van zijn natuurlijke vegetatie beroofden, maar ook ingrijpende erosie van de rijke bovenlaag van de grond veroorzaakten. Toch voelt Chido geen oordeel over de fouten uit het verleden. Ze heeft de kans aangegrepen een nieuwe bestemming te geven aan het agro-afval van de koffieoogst en zo voedsel en bestaanszekerheid voor zichzelf en andere wezen in Zimbabwe te creëren. Daardoor kan misbruik – zowel van jonge meisjes als van natuurlijke systemen – worden uitgebannen. Het is Chido's droombeeld dit in haar leven te bereiken.

Wat verwacht u in uw leven nog meer te bereiken? Vindt u het erg om te wachten met het beantwoorden van deze vraag totdat u dit boek hebt gelezen?

**SOMMIGEN DROMEN OM AAN DE
WERKELIJKHEID TE ONTSNAPPEN.
SOMMIGEN DROMEN OM DE WERKELIJKHEID
VOOR ALTIJD TE VERANDEREN.**

Soichiro Honda

1

TIJDLOZE HULPBRONNEN VOOR DE UITDAGINGEN VAN ONZE TIJD

Dit boek gaat over het komen tot een nieuw bewustzijn. Dat is niet zo moeilijk, als we maar bereid zijn moderne westerse gewoonten op te geven en klaar zijn om nieuwe aan te nemen, die vaak gefundeerd zijn in de wijsheid van de natuur en de grote tradities die ons omringen. Het is een wake-upcall voor degenen onder ons die vinden dat deze kansen gewoon te uniek zijn om te laten liggen. De kansen die voor ons liggen maken een verschil uit – nu. Het moet nu gebeuren. Ecologie en duurzaamheid zijn begrippen die de eerste zaadjes van het groene denken hebben geplant. Deze ideeën leerden ons te beseffen dat we duurzame grondstoffen in onze gebouwen en producten moesten gebruiken. Hoewel we inmiddels beginnen te begrijpen hoe belangrijk duurzame processen zijn, weten nog maar weinigen hoe we ze ook economisch levensvatbaar kunnen maken. Als we de virtuositeit, het efficiënte gebruik en de eenvoud van de natuur beter gaan begrijpen, kunnen we de functionaliteit die in de logica van ecosystemen is ingebed nabootsen en succesvoller worden dan de huidige sterk geglobaliseerde industrie. We moeten de manier waarop we denken en zakendoen veranderen.

Natuurkunde en toepasbaarheid

We leven in een natuurkundig universum. Alle leven en alle materie om ons heen gedragen zich volgens de strikt voorspelbare wetten van de natuurkunde. De essentiële relatie tussen deze wetten en de noodzakelijke voorwaarden waaronder wij produceren, consumeren, en overleven, krijgt tegenwoordig in de natuurkundeles niet zo veel aandacht. Maar door de basisprincipes van de natuurkunde te observeren, realiseren we ons hoe door minieme verschuivingen in

druk, temperatuur en vochtigheid uitstekende producten ontstaan, die in hun elegantie, eenvoud en doeltreffendheid de voortbrengselen van genetische modificatie ver overtreffen. Laten we, in plaats van de biologie van het leven te manipuleren, inspiratie zoeken in de manier waarop de natuur de natuurkunde gebruikt.

Vanaf de eerste nanoseconde van de schepping zijn ons universum, onze wereld, en uiteindelijk de evolutie van onze soort, beïnvloed en gevormd door de overheersende krachten van temperatuur en druk. Binnen het raamwerk van fundamentele fysische krachten – zwaartekracht, elektromagnetisme en zwakke en sterke nucleaire krachten – ondergingen de aardse soorten interacties en reacties, waarbij hun evolutionaire ervaring werd omgezet in een opmerkelijke diversiteit. Er ontwikkelden zich ecosystemen die worden gedeeld door miljoenen unieke soorten die opereren binnen de domeinen van de natuurkunde en de biochemie en die een biologische evolutie doormaken.

Het is verbazingwekkend hoe alles in de natuur heeft geleerd de natuurkunde tot zijn voordeel te gebruiken. Misschien komt dat wel doordat, in tegenstelling tot grammatica's van natuurlijke talen of de biologie, de regels van de natuurkunde geen uitzonderingen kennen. De zon komt elke ochtend op, appels vallen uit de boom en lage- en hogedrukgebieden zorgen voor wind. Bij scheikunde hangt alles af van temperatuur, druk en een katalysator. Maar zoals het zeepaardmannetje dat zijn nageslacht draagt bewijst, is er wat de biologie betreft altijd wel een uitzondering op de regel. Feitelijk uit de biodiversiteit zich in alle unieke niches die worden bezet door vormen van leven die enig zijn in hun soort.

Wetenschappers gaan ervan uit dat alle leven op aarde zich in de afgelopen miljarden jaren onder een betrekkelijk stabiele temperatuur en druk van het oppervlaktewater en de lucht heeft ontwikkeld en aangepast. Elke levende soort heeft geleerd te werken met wat er plaatselijk voorhanden is. Elke soort heeft, gevormd door de onvermijdelijke wetten van de natuurkunde, in de loop van miljoenen jaren geleerd de uitdagingen voor haar overleving op te lossen, simpelweg door te gebruiken wat ze heeft en te doen wat ze het beste kan.

Wanneer er een menskenkind wordt geboren, hoort bij de weg naar individueel leven onder meer de ervaring van een enorme druk, de doorgang door een smalle opening van tien centimeter naar de ademende wereld. De schouders en borst van het kind worden samengedrukt, zodat alle vloeistof uit de longen wordt gedreven. Door de longen leeg te maken kan voor het eerst adem worden gehaald. Die druk is een onmisbare voorbereiding op het leven, door een gevoel van spanning op te roepen en een tegenstelling teweeg te brengen die het mogelijk maakt te genieten van de schoonheid van de aankomst op aarde. Zo gaat het bij alle leven. Wanneer een vlinder uit zijn cocon komt, zal een geduldig waarnemer zien hoe hard hij moet vechten, urenlang zelfs, om zijn metamorfose tot

een schitterend gevleugeld insect te voltooien. Wetenschappelijke waarnemers die in het verleden die cocon opensneden om de bevrijding van de vlinder uit zijn strakke, beschermende omhulsel te vergemakkelijken, merkten dat hij dan niet kon vliegen en vlak na zijn pijnloze geboorte stierf. Zo kunnen we druk zien als een manier om het leven in te luiden, als katalysator van de complexe dynamiek van vorm en functie, van het aantrekken van de spieren en het kloppen van het hart om bloed rond te pompen tot de bewegingen van alle gewrichten en het in- en uitademen van lucht.

Crisis, zo lijkt het, is een andere vorm van druk, die ons de energie kan geven om naar nieuwe oplossingen te zoeken. Ook herinnert het ons eraan om creatief te genieten van de schoonheid van het leven.

Verkwisting

Na een miljard jaar evolutie van de soorten streeft alleen de mensheid naar beheersing van de dynamische, door de natuurkunde geleide levensbalans van de natuur. We hebben energie getemd om die naar believen te gebruiken – eerst het vuur, vervolgens fossiele brandstoffen en kernenergie. We exploiteerden en vormden materie naar onze fantasie, waarbij we vaak opmerkelijke dingen bereikten, soms minder opmerkelijke. Maar de prestaties van het industriële tijdperk hebben ook geleid tot een zware belasting voor wat onze planeet aankan. De verkwistende productie en consumptie van energie hebben dingen opgeleverd die niemand wil en veel wat natuurlijke systemen duizenden jaren lang hebben bijgedragen vernietigd of aangetast. We staan op een keerpunt waarop we de keuzes voor onze toekomst moeten onderzoeken. Moeten we in harmonie met onze aarde en haar soorten leven, of gaan we door met onze consumptieve en destructieve uitspattingen? Leren we vreedzaam en productief samen te leven of zullen we onszelf vernietigen, zoals we al begonnen zijn zo veel andere soorten te vernietigen, door te verzuipen in onze onproductieve excessen en afvalmassa's?

Bij de productie van brandstof, kunststoffen, bouwmaterialen of een van de vele andere petrochemische producten die we dagelijks gebruiken worden bijna alle honderdduizend verschillende moleculen waaruit aardolie bestaat benut. Dat is een magistrale prestatie, maar de bijkomende afvalstroom daarvan is overal zichtbaar. We zien nu de milieukosten waarmee het winnen en rafineren van aardolie gepaard gaan, de dramatische invloed op de klimaatverandering als gevolg van het vrijkomen van koolstof in de atmosfeer en de enorme afvallast die van aardolie afgeleide producten veroorzaken. De beheersing van covalente chemische bindingen, waardoor het mogelijk werd kunststoffen te produceren, was ongetwijfeld een opmerkelijke innovatie. Maar de chemische processen waarmee kunststoffen worden geproduceerd, waarbij zowel druk en temperatuur als wel het gebruik van katalysatoren zorgvuldig beheerst moet

worden, leveren producten op die bestaan uit supermoleculen die heel moeilijk afbreekbaar zijn. In een groot gebied in de Stille Oceaan liggen enorme eilanden opgehoopte kunststoffen langzaam te desintegreren. Kleine deeltjes kunststof mengen zich met strandzand. Enorme stortplaatsen liggen boordevol afgedankte klonten van diezelfde hardnekkig gefixeerde aardoliepolymeren. Denkt u zich eens in: een waterfles van kunststof voor eenmalig gebruik kan op een stortplaats honderden, zo niet duizenden jaren intact blijven, terwijl hij door mensen maar een paar uur is gebruikt. Dat kan beslist veel beter.

Een groot deel van onze agrarische industrie creëert al net zo'n excessieve afvalstroom. Een brouwerij gebruikt alleen het zetmeel uit de gerst en dankt de resten af. Rijst wordt alleen verbouwd vanwege de kern, de rest, met name de strohalmen, is afval. Maïs wordt uitsluitend verbouwd vanwege de zaden, waarvan voedsel, kunststoffen of brandstoffen gemaakt worden. Omdat bij al die drie toepassingen alleen die kleine kern ertoe doet, stijgt de prijs van maïs snel onder invloed van de vraag. Veel mensen in Latijns-Amerikaanse ontwikkelingslanden kunnen zich geen arepa's of tortilla's – basisvoedingsmiddelen om honger en voedseltekort te voorkomen – meer veroorloven vanwege de kosten. Dan hebben we koffie, dat alleen wordt verbouwd vanwege de bessen, waarbij de rest van de plant ligt weg te rotten, of de productie van suiker uit suikerriet, waarbij alleen de 17 procent van de plant wordt gebruikt die suiker bevat, terwijl de rest wordt verbrand. Van bomen die worden gekapt voor het maken van papier wordt alleen de cellulose gebruikt; meer dan 70 procent van de boom wordt verbrand als afval. Het methaan dat uit onbehandelde ontbindende koemest vrijkomt, staat bovenaan de lijst van de uitstoot van broeikasgassen. Als we niet weten wat we moeten aanvangen met 'afval', gooien we het 'weg'. Dat staat haaks op de manier waarop natuurlijke ecosystemen werken.

Het grootste deel van onze industrieën brengt enorme hoeveelheden afval voort. Tegenover elke ton huishoudelijk afval staat 71 ton afval dat wordt geproduceerd in de mijnbouw, de industrie en bij de goederendistributie. We hebben kernaafval, grond die vol zware metalen zit, grondwater dat is vervuild met chroom en stortplaatsen vol met wegwerpplastic. De resten van onze consumptie worden in geconcentreerde gebieden begraven en wanneer de hoeveelheid toeneemt verbrand. Het is misleidend om te stellen dat afvalverbranding energie oplevert. Een groot deel van het afval dat wordt verbrand vermindert alleen het afvalvolume, omdat het vochtgehalte vermindert. De meeste bestanddelen, met uitzondering van water, blijven bestaan en worden alleen nog giftiger.

Naar schatting kost het de vs jaarlijks maar liefst 50 miljard dollar om afval naar stortplaatsen te vervoeren. Als we daarbij nog de kosten optellen van het verzamelen, verslepen, sorteren en verwijderen van afval uit de bouw, landbouw, mijnbouw en industrie, stijgt de prijs tot het onvoorstelbare bedrag van 1 biljoen dollar. Dat betekent dat het bedrag dat we jaarlijks verkwisten aan afval méér is

dan het hele stimuleringspakket voor de Amerikaanse economie van 2009, toen de wereldeconomie dreigde in te storten. Dat bedrag is méér dan de enorme tekorten die Europese regeringen op zich hebben genomen om vergelijkbare hoeveelheden contanten in noodlijdende banken te pompen en de centrale banken nieuwe bankbiljetten te laten drukken om failliete landen overeind te houden. Hoewel de miljarden om het afval te vervoeren en verwerken op de nationale rekeningen als productieve activiteiten worden aangemerkt, is het duidelijk dat het beheer van afvalstoffen geen productieve activiteit is. De banen die het oplevert mogen niet worden aangemerkt als groene banen. Het gebruik van land voor de opslag van afval is niet productief. De kosten om het weglekken van gifstoffen te beheersen zijn onaanvaardbaar en komen voor rekening van de samenleving als geheel – het zijn geëxternaliseerde kosten die bedrijven niet hoeven af te trekken van hun winstmarges.

Twee eeuwen lang heeft het heersende economische model een eindeloze cyclus van groei, consumptie en afdanking aangewakkerd, en zo een onverzadigbare honger naar materiële rijkdom gevoed, waarvoor samenlevingen meer schulden hebben opgebouwd dan de volgende generatie ooit zal kunnen aflossen. We maakten maar al te graag gebruik van het makkelijke krediet dat banken ons aanboden, om dingen te kopen die we vaak niet nodig hadden. Ondertussen bleven grote cruciale behoeften, vooral van gemeenschappen in ontwikkelingslanden, onvervuld. De mondiale vraag naar drinkwater is zo gegroeid dat de wereld niet in staat is erin te voorzien, evenmin als in een dagelijkse maaltijd voor veel te veel gezinnen. Ondanks al onze vooruitgang zijn we met onze huidige middelen niet in staat de behoeften van allen te vervullen. Onze materiële levenswijzen en verlangens vragen om een steeds grotere productie van energie met behulp van fossiele brandstoffen, steenkool, kern- en zelfs zonne-energie (die heel veel energie-input vereist) en windturbines (die elektrische energie verbruiken, ook op momenten dat ze geen energie leveren). Dat kunnen we – moeten we – beter doen.

In de afgelopen tien jaar hebben vooraanstaande milieudeskundigen en economen industrielanden opgeroepen hun grondstoffengebruik drastisch terug te brengen. Al eerder werd de roep om efficiënter grondstoffengebruik op een bewonderenswaardige manier verwoord in het boek van Ernst Ulrich von Weizsäcker, *Factor Five*, dat een rapport aan de Club van Rome werd. Het begrip ‘ecologische voetafdruk’ van William Rees, dat een kwantificeerbaar middel leverde om de menselijke vraag te evalueren in het kader van duurzame ecologische draagkracht, vond ingang in het professionele spraakgebruik en drukte het overmatig gebruik van grondstoffen in een gemakkelijk te begrijpen metafoor uit.

Als we onze gewoonten niet veranderen, hebben we meer dan nog een aarde nodig om ons huidige productie- en consumptieniveau in stand te houden

en het afval te bergen dat we nergens anders kunnen dumpen. De economie brokkelt niet alleen af vanwege de ineenstorting van de financiële markten waar mythisch geld stroomde. Onze economie staat onder druk omdat onze materiële wereld draait op basis van fysieke grondstoffen die we niet hebben, en afval dat we nergens kwijt kunnen. Misschien is de eerste verandering die we moeten doorvoeren wel om te stoppen met het produceren en consumeren van dingen die we niet echt nodig hebben en die afval creëren dat niemand wil hebben, met name afval dat giftig is voor ons en onze medeschepselen op deze planeet.

Hoe kunnen we blij zijn met afval

Met een beetje geluk zullen we beseffen dat het creëren van afval niet het probleem is dat we moeten oplossen. Als een levend wezen geen afval voortbrengt is het waarschijnlijk dood, of in elk geval erg ziek. Het probleem dat wij hebben, en dat we moeten aanpakken, is dat we ons afval verspillen. Bedenk maar dat het omzetten van afval in voedingsstoffen zowel energie vraagt als oplevert. Terwijl wij altijd op zoek zijn naar energiebronnen voor commercieel en huishoudelijk gebruik, hebben ecosystemen geen kabel nodig om elektrische energie te ontvangen. Geen enkel lid van een ecosysteem heeft fossiele brandstof of een aansluiting op het elektriciteitsnet nodig om output te realiseren, noch is afval een uitkomst van natuurlijke systemen. In de natuur is het afval van het ene proces altijd een voedingsstof, grondstof of energiebron voor het andere. Daarom is de oplossing voor de problemen van milieuverontreiniging, maar ook voor de economische schaarsteproblemen, misschien wel te vinden in het toepassen van modellen die we in een natuurlijk ecosysteem aan het werk kunnen zien. Misschien kunnen we een dilemma veranderen in een oplossing door ons perspectief te verbreden en het begrip 'afval' achter ons te laten.

Met groene scheikunde werden polymeren op basis van aardolie vervangen door polymeren op basis van uiteenlopende natuurlijke grondstoffen, zoals zetmeel, aminozuren, suikers, lignine en cellulose. Nu kunnen we erkennen dat niet alleen het product, maar het hele proces kan worden geïnspireerd op natuurlijke systemen. In plaats van een giftig bestanddeel of ingrediënt te vervangen door iets wat minder vervuילend is, krijgen we, door na te bootsen hoe natuurlijke ecosystemen alles gebruiken, feitelijk duurzame systemen die banen opleveren en het beter doen dan de industrieën die afval uitbraken. Dat betekent dat het verkregen product – of het nu gaat om een natuurlijke kleurstof, om bouw materiaal of een waterafstotend oppervlak – niet alleen vervaardigd kan worden met erkenning van de wisselwerking met het milieu, maar dat het ook economisch succesvol kan zijn en een aanzienlijk marktaandeel kan verkrijgen.

Unieke oplossingen, geperfectioneerd door woestijninsecten, spinnen en zeealgen, kunnen de gangbare giftige producten vervangen door producten die worden gemaakt met werkelijk duurzame grondstoffen en middelen. Zulke op-

lossingen zijn belangrijk omdat ze ons dagelijks leven aanzienlijk kunnen verbeteren met minder vervuiling door giftige stoffen. Gifstoffen uitbrakende, inefficiënte, ouderwetse industrieën zullen niet langer concurrerend zijn en dus geen banen meer kunnen opleveren. In het ideale geval wordt de hele cyclus van productie, consumptie en postconsumptie duurzaam; betere industrie begint kosten in inkomsten om te zetten en belemmeringen in voordelen. Zo wordt de fundamentele overgang naar een blauwe economie mogelijk. De eerste stap is te zoeken naar manieren om afval om te zetten in iets nuttigs en vast te stellen welke input op grote schaal en goedkoop voorhanden is, omdat hij voor iemand anders in het systeem van weinig of geen waarde is. Zo werkt de natuur ook.

De Japanse Ebara Corporation begon onder het voorzitterschap van Hiro-yuki Fujimura te zoeken naar een strategie voor ‘nul procent uitstoot’ waarbij niets verspild zou worden. Alles – ook het afval – zou waarde moeten genereren. Ebara financierde en steunde professor Yoshihito Shirai van het Kyushu Instituut of Technology om oplossingen te zoeken voor de fabricage van kunststoffen met behulp van de logica van duurzame ketens van voedingsstoffen en energie. Shirai en zijn medewerkers ontwikkelden een proces waarbij het zetmeel uit restaurantafval vrijwel zonder verwarmen met een schimmel wordt omgezet in polymelkzuur. Feitelijk bedachten ze een manier om kunststof te maken uit keukenafval. Hoewel de grondstoffen uit de landbouw afkomstig zijn, concurreert deze toepassing niet met de primaire functie als voedsel, zoals wel het geval is wanneer maïs voor biobrandstof of biologisch afbreekbaar plastic wordt gebruikt. Noch komt het afval terecht op een stortplaats, waar het methaangas uitstoot.

Industriële leiders hebben de mogelijkheid soortgelijke successen te boeken met biologisch afbreekbare zeep en wasmiddelen. Van suiker afgeleide oppervlakte-actieve stoffen (alkyl-polyglucoses), die voornamelijk worden gebruikt in de farmaceutische industrie, zijn een ideaal alternatief voor palmoliezeep. Een andere optie zou D-limoneen kunnen zijn, een extract van citrusschillen dat een ideale vervanging is voor diverse agressieve schoonmaakmiddelen. Als de industrie geen chemicaliën en geen was meer zou gebruiken bij het bewaren van fruit dat maandenlang wordt opgeslagen en over grote afstanden wordt verscheept, zou het ‘afval’ van de bereiding van citrussap gebruikt kunnen worden als veevoeder of als pectinebron (geleermiddel) en meer waarde kunnen krijgen als écht groene, biologisch afbreekbare zeep.

Voor de papierfabricage is er een vergelijkbare optie. Cellulose en lignine worden van oudsher bewerkt met alkalisulfaten. Bij het traditionele proces om houtvezels te scheiden wordt alles behalve de cellulose chemisch verbrand, zodat cellulosevezels het enige product zijn dat commercieel gebruikt wordt. Het restant, de zogenaamde *black liquor*, wordt verbrand. Professor Janis Gravitis van het Onderzoeksinstituut voor Houtchemie in de Letse hoofdstad Riga be-

studeert alternatieve procedés voor de productie van papier, waaronder het opzetten van een bioraffinaderij waarin alle onderdelen van een boom commercieel worden gebruikt, van cellulose tot hemicellulose, lignine en lipiden. Als wetenschappers en technisch bedrijfskundigen maar eenmaal beginnen met het ontwerpen van processen waarbij voedingsstoffen in kringloopketens worden hergebruikt, zodat het afval uit het ene proces dient als makkelijk verkrijgbare grondstof voor het andere proces, komen we dichterbij de buurt van hele systeemontwerpen.

Inmiddels is het zelfs mogelijk om papier te maken van steen. China heeft het papier uitgevonden en vindt nu, tweeduizend jaar later, opnieuw papier uit. Steengruis van mijnbouwactiviteiten wordt hergebruikt om er papier van te maken, waarbij er een klein percentage plastic door wordt gemengd. Hierdoor vermindert de druk op stortplaatsen en komen er geen steenafvalbergen meer. Water is niet nodig en steenpapier is waterafstotend, zodat het mogelijk wordt een boek in de regen te lezen. Na twintig jaar onderzoek en ontwikkeling lanceerde William Lang, medeoprichter van de onderneming Lung Meng Technology uit Tainan, deze innovatie in 2010. De eerste fabriek begon in 2013 te draaien in de stad Benxi (niet ver van Shenyang) in China. In 2016 is de productiecapaciteit gegroeid tot 678.000 ton per jaar. Dit kan de mijnbouw voorgoed veranderen. Aangezien steenpapier oneindig gerecycled kan worden zonder water te gebruiken, zal het aanzien van papier sterk veranderen. Door deze doorbraak kunnen miljoenen hectares voor bosbouw bestemd land nu worden gebruikt om meer voedsel te telen.

Gezien het feit dat er nieuwe alternatieven voorhanden zijn die niet de nadelen van schadelijke bijwerkingen of giftige bijproducten hebben, is dit het juiste moment om wetenschappers en ondernemers te motiveren dergelijke duurzame productieprocessen te gaan gebruiken en de nieuwe bedrijfsmodellen te ontwerpen die waarde creëren in plaats van alleen uit te zijn op een lage prijs en een hogere marge. Het bedrijfsleven heeft onze stimulans nodig om te gaan inzien dat zo'n aanpak zakelijk gezien kansen biedt, en de waarde te erkennen van een stimulerende omgeving die goed voor de gezondheid en heilzaam voor het leven is.

Overvloed bereiken

Sceptici zullen misschien aanvoeren dat modellen ontwerpen naar het voorbeeld van natuurlijke ecosystemen weinig kans van slagen heeft, maar in werkelijkheid zijn die systemen zo ontworpen dat het eigenlijk moeilijk kan misgaan. Natuurlijke systemen leveren fascinerende operationele modellen op voor doelmatige productie en consumptie. Ook al is het meestal een individuele soort die we het meest bewonderen en lyrisch beschrijven, uiterst diverse ecosystemen over de hele wereld laten zien dat er efficiënte manieren bestaan om

met wat er lokaal voorhanden is tegemoet te komen aan de basisbehoeften van iedereen.

Dit is een fundamenteel beginsel van de blauwe economie, geheel anders dan de huidige episode in de economische geschiedenis, waarin we een systeem hebben ontworpen op basis van wat we níét hebben. Stop even om na te denken: elk ecosysteem heeft een staat van zelfvoorziening bereikt. Hoewel wij in eerste instantie misschien schaarste zien, toont nader onderzoek aan dat er in werkelijkheid overvloed en diversiteit zijn. Hoe groter de overvloed die geproduceerd wordt, des te minder er nodig is om die te bereiken en hoe groter de biodiversiteit die ontstaat. Ecosystemen evolueren niet naar monopolies met enkele dominante spelers die streven naar steeds meer output van dezelfde gestandaardiseerde producten. Ecosystemen werken alleen met wat ze hebben en genereren altijd meer, met de zon als belangrijkste energiebron. In ecosystemen zien we eerder de marktomstandigheden die Adam Smith, de grondlegger van de moderne economie voorstelde: duizenden spelers die hun acties nauwkeurig op elkaar afstemmen, alsof een onzichtbare hand hen naar de beste bestemming en benutting van hulpbronnen leidt.

Ingenieurs en landbouwkundigen die een systeemmodel misschien als onrealistisch verwerpen, zijn niet op de hoogte van de opmerkelijke projecten die al tot effectieve resultaten hebben geleid. Een hoge output met een lage grondstoffeninput; het energieverbruik is laag, en in de meeste gevallen produceert het systeem meer dan nodig. Een betere gezondheid, voedselzekerheid en veilig drinkwater zijn bijkomende en niet onbelangrijke voordelen. Kringloopketens waarbij voedingsstoffen en energie in een natuurkundig raamwerk in een voortdurende cyclus van de ene soort naar de andere gaan, worden aantoonbaar in een industriële context toegepast.

Hoogproductieve bedrijfstakken, in staat om werkgelegenheid te genereren voor iedereen, liggen in het verschiet in de blauwe economie. Ze zijn gebaseerd op de manier waarop de natuur de natuurkunde en biochemie gebruikt om hele, harmonieus functionerende systemen op te zetten, waarbij overvloedig gebruik wordt gemaakt van kringloopketens, moeiteloze transformaties plaatsvinden en efficiënte cycli bestaan zonder dat afval of energie verloren gaat. In plaats van recycling doen ecosystemen aan upcycling. Deze krachten uit de natuur hebben niet alleen de parameters van het leven op aarde bepaald, ze hielpen ook het leven zelf vorm te geven. Door van onze lineaire zienswijze af te stappen en oog te krijgen voor een cyclisch, regeneratief model, kunnen we ook ons gedrag en onze gewoonten zo vormgeven dat de basisbehoeften van iedereen worden vervuld en de aarde, onze blauwe planeet met al zijn bewoners, zich naar een optimale toekomst ontwikkelt.

MINDER SLECHT HANDELEN, IS SLECHT!

G.P.

2

DE KRACHT VAN PRAGMATISME

Door de stroom van slecht nieuws over het milieu, de werkloosheid, mensenrechtenschendingen en de passiviteit van beleidsmakers, plus de huidige aanpak van bedrijven, zijn veel verontruste burgers in de war. De feiten zijn duidelijk: de klimaatverandering zet door en terwijl de concurrentiekracht van de meeste landen nog steeds afneemt, is het ondenkbaar dat de honderden miljoenen werkloze jongeren aan de slag komen. De enige oplossing die economen voor al deze problemen en misstanden kunnen bedenken is groei door middel van nóg meer consumptie, waarvoor burgers nóg meer schulden zouden moeten maken.

De analyse van alle beschikbare informatie vraagt veel tijd en moeite. Veel mensen zijn wanhopig op zoek naar alternatieve oplossingen, maar een paar oplossingen – of één – die de negatieve trends lijken te kunnen keren zijn er niet. Toch bestaat er een blind geloof in één remedie: groei, en landen zonder groei moeten eerst door een periode van bezuinigingen heen. Iedere deskundige benadert de informatie vanuit haar of zijn afgebakende perspectief en onthoudt de wereld zo de vereiste kennis voor het creëren van de visie die onmisbaar is om een nieuwe en doeltreffende weg vooruit te ontwerpen. Dit hoofdstuk is een poging om onze ogen te openen.

We kunnen vaststellen dat er een gebrek is aan grondige kennis over de werking van economische en sociale systemen. Daardoor ontbreekt het aan de wijsheid die nodig is om knappe koppen en betrokken personen in te schakelen die vanuit het bestuderen van dramatische ontwikkelingen tot een pragmatische portefeuille van initiatieven kunnen komen. Naar mijn mening wordt veel te veel moeite besteed aan het analyseren van problemen, aan het speculeren over op-

lossingen en aan het heftig bediscussiëren van die keuzes, waarbij de heersende theorie als dogma geldt. Vrijwel niemand richt zich erop in de praktijk te laten zien dat het mogelijk is beter te presteren dan in het huidige model, zelfs volgens zijn eigen succesparameters.

In een recente gedachtewisseling met professor Anders Wijkman, vice-voorzitter van de Club van Rome en een van de richtinggevende denkers over duurzaamheidsbeleid, werd duidelijk dat weinig mensen zich realiseren dat analyse en theorie, conceptontwikkeling en casestudy's de huidige negatieve trends niet kunnen bijstellen, tenzij het bedrijfsmodel fundamenteel verandert. We moeten van de logica van schaalvoordeel en kostenbesparing naar een samenleving die gebruikt wat ze heeft, eerst probeert te voorzien in de basisbehoefte van allen, nieuwe koopkracht laat circuleren in de plaatselijke gemeenschap, kapitaal, met name maatschappelijk kapitaal, produceert en het gemeenschappelijk eigendom versterkt.

Blindgeloof in groei

Hoewel we ons vele modellen en modelverschuivingen kunnen voorstellen, is er één factor die de cultuur en modus vivendi van de bedrijfswereld bepaalt: de focus op kernactiviteiten en het ongebreidelde geloof in onbegrensde groei. Wat er ook wordt bedacht, van belastingbeleid tot internationale conventies en nieuwe innovaties in recyclingprogramma's, het zal allemaal onvoldoende zijn om de samenleving naar een model te sturen dat in ecologisch en sociaal opzicht competitief is, tenzij we het bedrijfsmodel zelf grondig herzien. Bij alle waardering die ik heb voor de pogingen van verschillende richtinggevende denkers, zoals Walter Stahel, Michael Braungart en Ellen McPherson, en ik overtuigd ben van hun beste bedoelingen en die van vele anderen, al hun waardevolle voorstellen zitten gevangen in de MBA-logica: meer geld verdienen.

De miljoenen studenten die hopen straks een goed salaris te krijgen door een investering in een diploma MBA (Master of Business Administration), beseffen amper dat zij allemaal dezelfde bedrijfsmodellen leren die ooit werden ontworpen aan de wereldberoemde Harvard Business School. MBA is net zozeer een product van schaalvoordelen en standaardisering als de industrieën die de studenten in de toekomst moeten gaan leiden. Alles wordt vertaald in financiële resultaten, marktaandeel, schaalvoordeel en rankings. Dit overheersende model schrijft voor dat je verkoopt wat je produceert en dat groei gecombineerd met marktdominantie aandeelhouders niet alleen het beste rendement op hun investeringen zal geven, maar door het beheer van beloningen en bonussen ook de prestaties zal aanpassen. En als het bedrijf met vervuilingsschandalen of maatschappelijke problemen te maken krijgt, zal het systeem zijn best doen een eind te maken aan die vervuiling en de sociale onrechtvaardigheid te verminderen.

Maar we weten dat het gewoon niet goed is om het minder slecht te doen. Het bedrijfsleven moet de kansen grijpen om het beter te doen.

Het heersende model dat als leidraad voor de bedrijfswereld dient gaat uit van een simpele logica: concurreer op basis van prijs en kwaliteit. Dit centrale adagium is vertaald in de theorie en praktijk van schaalvoordeel, met een niet-aflatende zoektocht naar steeds lagere marginale kosten door middel van standaardisatie. Dat resulteert in een sterke concentratie van de productie, waarbij slechts enkele toonaangevende bedrijven de marktstandaarden bepalen. De obsessie met kostenvermindering, met name het terugbrengen van de arbeidsinput, heeft tot de logica geleid dat wanneer bedrijven fuseren en duizenden arbeiders laten afvloeien de beursgenoteerde ondernemingen onmiddellijk worden beloond met een hogere aandelenwaardering.

Alleen al door de omvang van die megafusies gaan bedrijven zich richten op hun kernactiviteit en steunen ze alleen op hun kerncompetentie, waarbij ze door middel van uitbesteding en een strikte discipline die bekendstaat als 'ketenbeheer' elke nevenactiviteit afstoten. Laat er geen twijfel over bestaan: bedrijven zijn permanent op zoek naar kostenverlaging en offeren voortdurend kwaliteit op om groei te garanderen door veel achter elkaar te verkopen. En als die strategie moet worden gevolgd door het ontwerpen van dienstenmodellen waarin het product niet wordt verkocht maar geleased, slagen de leveranciers erin de klant langdurig aan hun technologie te verbinden. Zo genereert de nieuwe dienstenstrategie in de loop der jaren meer winst en een stabiele cashflow.

Met dit bedrijfsmodel heeft de vrijhandelslogica de snelle globalisering van minder spelers bevorderd, gedreven door het streven naar steeds lagere kosten. Mensen worden gedwongen in vijftientwintig jaar drie koelkasten te kopen, waarbij ze op de eerste 30 procent en op de derde 50 procent besparen. Ze beseffen niet dat ze daarmee in een kwarteeuw een deel van hun besteedbaar inkomen hebben uitgegeven aan goedkopere importartikelen dat het dubbele bedrag is van wat ze kwijt zouden zijn geweest aan die 'degelijke oude plaatselijke fabrikant' die witgoed maakte dat vijftientwintig jaar meeging. Niet alleen heeft dat het verlies van de plaatselijke industrie met zich meegebracht, het betekent ook verlies van permanente onderhoudsdiensten en bevordert minder efficiënt grondstoffengebruik. Zo wordt er driemaal zo veel materiaal verbruikt en moet de samenleving de kosten dragen van demontage en verwijdering. Dit alles leidt tot een permanente afname van de cashflow in lokale industrieën en gemeenschappen.

Met verkoop- en marketingstrategieën wordt de klant verblind door een lagere prijs en de belofte van de laatste innovatie, zelfs efficiënter energiegebruik, niet beseffend dat dit model uiteindelijk leidt tot de voorspelbare ineenstorting van plaatselijke industrieën. Erger nog, geldt dat vroeger circuleerde in de lokale economie komt nu buiten de gemeenschap terecht en leidt tot afremming van plaatselijke ontwikkeling, verlies aan concurrentiekracht en toename van de

werkloosheid. Deze cyclus onttrekt nog meer koopkracht aan de gemeenschap. Bijgevolg komt het begrip ‘onderontwikkelde’ landen op.

Hoognodige verandering

De voornaamste verandering die dit bedrijfsmodel nodig heeft is dat we die niet-aflatende drang tot kostenbeheersing achter ons laten en een bedrijfsstrategie ontwikkelen die erop is gericht meer waarde te genereren met plaatselijk beschikbare middelen. Bedrijven moeten uit het keurslijf komen van eenzijdige gerichtheid op een productportefeuille. De aanvaarding van deze nieuwe, maar eenvoudig te begrijpen strategie is een grote uitdaging, want ze is fundamenteel anders dan wat aankomende MBA'ers hebben geleerd na te streven als de weg naar succes.

Daar staat echter tegenover dat dit nieuwe bedrijfsmodel kansen biedt om een veelvoud aan inkomsten te genereren met middelen die direct binnen het bereik van onderneming en ondernemer liggen. Het verrassende is dat wanneer je met beschikbare middelen diverse inkomstenstromen genereert, je je bedrijf kunt onttrekken aan het harde spel van de wereldmarktprijzen! Stel je voor, boeren en mijnwerkers kunnen ontspannen naar de flikkerende cijfers op hun Bloombergscherm kijken: die cijfers zijn alleen maar een indicatie van een van hun inkomstenstromen en beslissen niet meer over leven en dood. Dit nieuwe plaatselijke productie- en consumptiesysteem moet plaatselijk worden georganiseerd en door middel van wereldomspannende netwerken worden verbonden.

Hoe vaak worden boeren of kleinschalige fabrikanten niet uit de markt gedrukt door grote, buitenlandse concurrenten die vanaf de andere kant van de wereld de prijzen met inbegrip van het transport kunnen drukken en ook een gretige partner vinden in grote distributeurs die onverschillig staan tegenover het genereren van plaatselijke koopkracht? Wat zou de remedie zijn? Is het liberaliseren van de arbeidsmarkt een optie? Het spreekt vanzelf dat als de vergoeding van arbeiders wordt teruggebracht tot een fractie van die van nu, de huidige Europese sociale zekerheid in geen enkel land is vol te houden. Is vermindering van de sociale zekerheid een optie? Hoewel economen en industriëlen samen roepen om een flexibelere arbeidsmarkt, zijn er in Europa, Noord-Amerika en Japan strikte beperkingen op immigratie ingevoerd.

De roep om ‘flexibele arbeidsmarkten’ is in werkelijkheid een onuitgesproken leus om over de hele linie te snoeien in de arbeidskosten en sociale zekerheid om concurrerender te worden. De uitvoerige beoordeling en ranking van de concurrentiekracht van landen vindt plaats op basis van deze kernlogica, waarbij de balans tussen totale kosten en kwaliteit bepalend is voor de positie van een land en zijn industrieën. Hoewel minder dan 1 procent van de grootste bedrijven ter wereld dit competitieve spel met succes speelt, heeft de overige 99 procent nauwelijks enige kans op overleven. Als gevolg kopen consumenten steeds meer

grondstoffen, voedsel en energie die overal ter wereld vandaan kunnen komen, maar die worden geleverd door slechts enkele spelers die het kapitaal beheersen. Europa lijkt de onvermijdelijke ondergang van zijn sociale stelsel te hebben geaccepteerd en bedenkt oplossingen die uitgaan van 'meer van hetzelfde', zoals de vrijhandelsovereenkomst met de Verenigde Staten, waarmee een speelveld zou ontstaan voor 800 miljoen consumenten, terwijl de staten strikte bezuinigingsmaatregelen krijgen opgelegd. De krimp van de economie dwingt mensen uit te kijken naar goedkopere producten, met een lagere kwaliteit en lage kosten, en de vicieuze cirkel is ingezet.

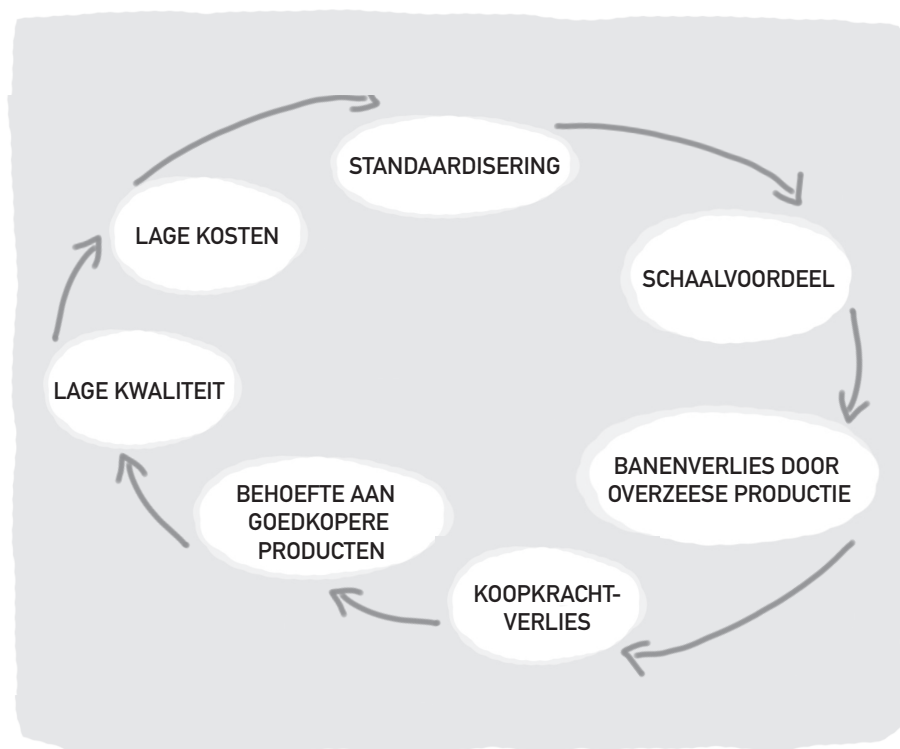
Voorkeur voor plaatselijk

Het nieuwe bedrijfsmodel dat we in meer dan honderd sectoren van de economie hebben getest genereert niet alleen plaatselijk meer waarde, het zorgt er ook voor dat er lokaal meer geld in omloop komt. Nog mooier, het creëert corridors met dubbelcijferige groei in gebieden met grote werkloosheid en armoede en overtreft het huidige geglobaliseerde model qua rendement op investeringen, cashflow, armoedeverlichting en het vermogen om te voorzien in basisbehoeften, waaronder werk zonder dat subsidies nodig zijn. Overheden kunnen hun tijd en energie nu gaan besteden aan het garanderen van een gelijk speelveld.

We kunnen niet genoeg benadrukken hoe moeilijk het is in een streek of land een slimme en inclusieve groeistrategie na te streven wanneer er voortdurend geld uit de economie wordt weggesluisd. Wanneer de primaire en secundaire sector in een streek of land niet in staat zijn te concurreren tegen de prijzen die de internationale markt dicteert, dan verlaat het zuurverdiende inkomen de plaatselijke economie, wat een werkloosheid en economische teruggang veroorzaakt die kenmerkend is geworden voor het grootste gedeelte van Europa en Japan (en andere landen). De enige manier om de trend van hoge werkloosheid en de neerwaartse spiraal van de economie te keren is te garanderen dat de beschikbare middelen worden gebruikt om meer waarde te generen, en daarmee meer geld te scheppen om in plaatselijke bedrijven te laten circuleren. Deze logica gaat op macro-economisch niveau in tegen het heersende dogma van vrijhandel, en het dogma dat je naar steeds lagere kosten moet streven op microniveau. Maar op basis van onze ervaring ter plaatse zien we een duidelijke strategie ontstaan om samenlevingen uit de armoede- en werkloosheidsval te bevrijden.

De traditionele economie bevordert het concurrentievermogen op een andere manier, namelijk door de arbeidskosten sterk te beperken, zelfs door sociaal dumpen te aanvaarden en gezondheidszorg, werkloosheidsuitkeringen en pensioenkosten af te schuiven op de overheid. Het resultaat is een onhoudbare toename van de overheidsschuld, gevolgd door een lange periode van bezuinigingen om de belastingdruk, die voor een krimpende arbeidspopulatie toch al te hoog is, binnen de perken te houden. Laten we niet vergeten dat multinati-

Hoe globalisering leidt tot kosten- en kwaliteitsvermindering

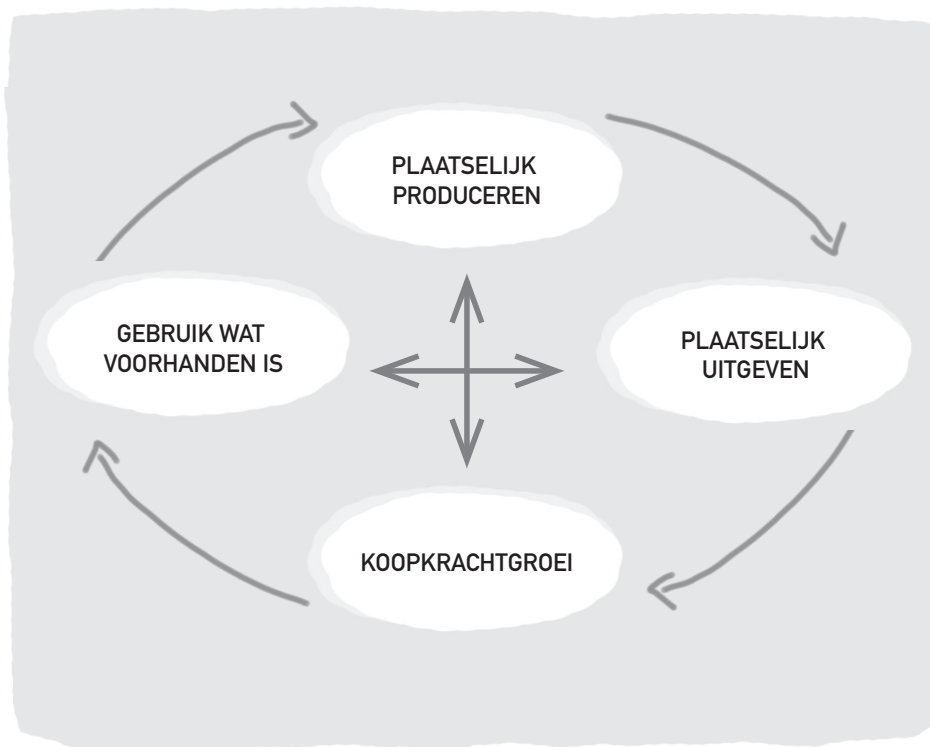


(Bron: auteur)

onale ondernemingen geen belasting betalen, waardoor de last uitsluitend op de schouders van de burgers drukt. Wanneer we erkennen dat toename van de overheidsuitgaven en stijging van het overheidstekort boven 3 procent van het bbp (bruto binnenlands product) geen aanvaardbare opties zijn, is het hard nodig om de spelregels te veranderen, want tot nu toe heeft de huidige correctie op verkeerde uitgaven alleen bestaan in bezuinigen.

De allereerste spelregel die moet worden veranderd is daarom een verschuiving van 'steeds lagere kosten' naar een 'steeds hogere creatie van waarde' met plaatselijk beschikbare middelen. De Zero Emissions Research Initiative (ZERI) Foundation, feitelijk een netwerk van organisaties over de hele wereld, heeft in theorie en praktijk laten zien dat zo'n verschuiving niet alleen uitvoerbaar is, maar ook realiseerbaar op korte termijn. We hebben gezien hoe er 4 miljard euro aan kapitaal werd bijeengebracht en bijna 200 projecten werden uitgevoerd die 3 miljoen banen opleverden, en hebben die logica met groot gemak omarmd. Door

Hoe dubbelcijferige groei te realiseren is



(Bron: auteur)

waarde te creëren, en niet door de drang tot kostenvermindering, komen er snel extra producten en diensten op de plaatselijke markt, die bovendien heel eenvoudig internationaal verhandelde goederen kunnen wegconcurreren. De plaatselijke economie komt daardoor in een groeispiraal die verder gaat dan overconsumptie van schaarse middelen. Dat is eenvoudig uit te leggen, hoe contra-intuïtief het ook klinkt.

Een kringloop van voordelen

China is de grootste leverancier van fotonvoltaïsche (PV) zonnepanelen. De kosten per eenheid zijn zo sterk gedaald dat ze bijna kunnen concurreren met traditionele bronnen van fossiele brandstof. Een innovatieve techniek uit Zweden maakt het echter mogelijk PV-energie te combineren met heet en koud water dat gegenereerd wordt door de capillaire buizen in een sandwichpaneel. Dat is een dikker paneel dat, mits de basis hittebestendig is, nu sterk genoeg is om

zelf een dak te vormen, in plaats van op een dak te worden gelegd. De basisstructuur bestaat idealiter uit gerecycled hittebestendig plastic, wat weer meer banen oplevert omdat het voor een deel een vervanging vormt voor aluminium dat in verschillende delen van de wereld gewonnen, verwerkt en ingekocht werd. Het kringloopeffect strekt zich nog verder uit doordat water nu op hoge temperatuur wordt opgeslagen. Dat doodt niet alleen bacteriën maar er wordt ook energie opgeslagen: een vervanger voor de batterijen die er maar al te vaak voor zorgen dat hernieuwbare bronnen niet-concurrerend zijn. De rentabiliteitsdrempel bij plaatselijke montage ligt bij slechts tweehonderd verkochte eenheden per maand. Combinatie van al die voordelen resulteert in kosten per kilowattuur die een fractie zijn van die van zonne-energie. Het gaat er niet om de Chinese zonnepaneelmakers qua kosten te verslaan, het gaat erom de concurrentieslag te winnen door veel meer waarde te genereren! Het is geen verrassing dat Solarus in 2014 de innovatieprijs voor de procesindustrie in China won!

Koffie staat al twintig jaar lang centraal in ons werk. Recente ontwikkelingen tonen duidelijk aan dat dit internationaal verhandelde product immense groeimogelijkheden heeft, die zich veel verder uitstrekken dan een kop koffie. Zowel op de boerderij als in de stad is koffiedrab om te zetten in een substraat om paddenstoelen op te telen. Van het verbruikte substraat, wat er na het oogsten van de paddenstoelen overblijft, kan veevoer worden gemaakt, waardoor driemaal inkomsten worden gegenereerd in plaats van één keer. De kosten van eiwit (paddenstoelen en veevoer) zijn lager dan die van geïmporteerd voedsel en veevoer. Bovendien worden er plaatselijk banen en inkomsten gegenereerd. Voordat we dit programma als te weinig en te laat terzijde schuiven, moeten we bedenken dat de hoeveelheid koffiedrab over de hele wereld 10 miljoen ton bedraagt, goed voor 10 miljoen ton paddenstoelen en 4 miljoen ton veevoer, allemaal plaatselijk geproduceerd. Er zijn nieuwe biochemische industrieën ontstaan die complexe moleculen uit koffiedrab halen en uv-bescherming en geurverdragers ontwikkelen. Als je hetzelfde per ton koffie zou kunnen verdienen als met de sojahandel voor veevoer, dan zou die derde inkomstenstroom nog eens 14 miljard dollar aan de koffie-economie toevoegen, geld dat niet alleen binnenkomt in de plaatselijke gemeenschappen, maar dat er ook blijft! Hetzelfde kan nu met thee gebeuren.

Elke verandering is moeilijk

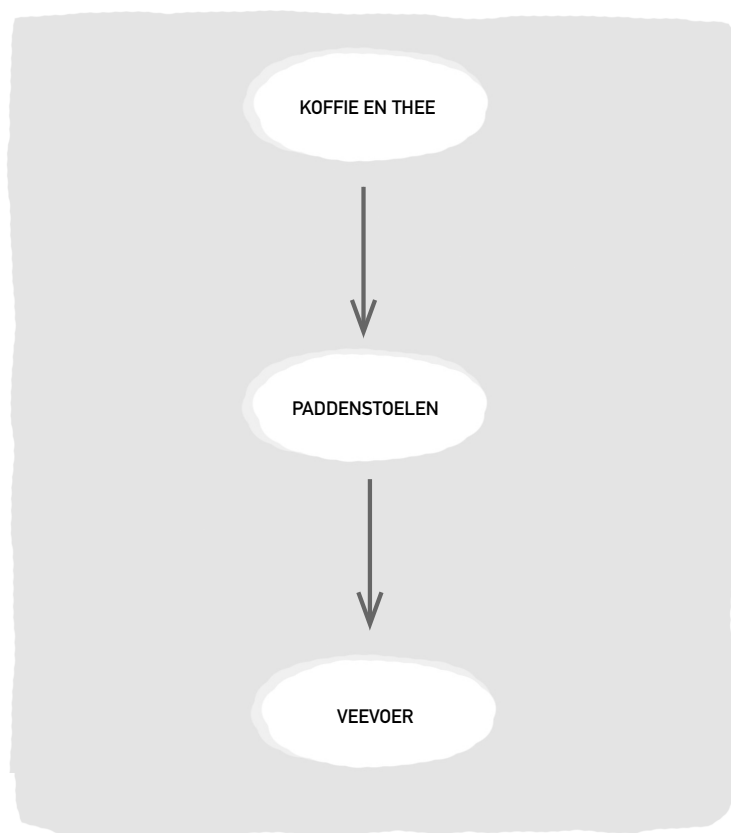
Grote bedrijven hebben grote moeite om dit meervoudige-inkomstenmodel over te nemen; ze kunnen de verschuiving van een model op basis van kernactiviteit naar een model op basis van meervoudige cashflows buiten het traditionele marktmodel, niet uitleggen aan de financiële analisten op de beurs. Een voorbeeld hiervan is de reactie van Nestlé op de mogelijkheid om paddenstoelen te telen op steriel koffiedik uit oploskoffiefabrieken. Het grootste kof-

fieverwerkingsbedrijf ter wereld, met naar schatting 3 miljoen ton afval, besloot energie te gaan terugwinnen uit koffiedrab en zo zijn afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen. Hoewel energieproductie uit afval een prominente plaats inneemt in duurzaamheidsrapporten over de successen van dit levensmiddelenconcern bij het verminderen van zijn koolstofemissies, blijft het gevangen in de traditionele kostenverlagingslogica. Het geval zou in de traditionele bedrijfslogica worden geroemd en op internationale fora worden aangehaald als een succesvol voorbeeld van groene economie. En het is ook een belangrijke stap vooruit. Afval dat tegen kosten moest worden opgeruimd genereert nu energie en levert iets op. Dat past uitstekend in het traditionele businessmodel waarin een bedrijf zijn verantwoordelijkheid tegenover mensen en het milieu toont door 'het minder slecht te doen', 'de circulaire economie' en 'de drievoudige bottomline'! Zou het mogelijk zijn die strategie van 'het minder slecht doen' om te buigen naar een strategie van 'het beter doen'?

Stel je voor dat Nestlé van een model van 'kostenvermindering' was overgestapt op een model van 'waardecreatie'. De financiële, sociale en ecologische voordelen van het verbranden van een paar miljoen ton koffiedrab zouden bleek afsteken bij de totale voor bedrijf en samenleving gerealiseerde waarde door de productie van gezond voedsel tegen een lage prijs, of de levering van veevoer, die momenteel berust op import van soja uit Brazilië of de verwerking van slachtafval. Je hoeft geen ervaren econoom te zijn om snel de impact van paddenstoelen en veevoer op de plaatselijke economie te berekenen. Het interne bezwaar tegen het voorstel luidt ten eerste dat Nestlé niets met paddenstoelen van doen heeft. In de tweede plaats horen we vaak dat paddenstoelen geen deel uitmaken van ons dagelijkse voedingspatroon. Ons antwoord daarop is dat hamburgers en cornflakes daar vroeger ook geen deel van uitmaakten. Nestlé heeft bepaald dat het zich niet met paddenstoelen of veevoer bezighoudt, maar alleen met koffie. Daarom zet het deze kans om een paar miljard dollar omzet toe te voegen niet door. Ik vraag me af of we de aandeelhouders om hun mening moeten vragen?

We beseffen dat bedrijven niet klaar zijn om dit model voor inclusieve groei te omarmen. En de miljoenen MBA'ers die van de duizenden bedrijfsopleidingen over de hele wereld komen zijn allemaal doordrenkt van dezelfde logica: het stroomlijnen van de concurrentie door te zoeken naar kostenvermindering als veilige weg om de cashflow te verbeteren. Dat legt de leveringsketen een strenge discipline op door de verplichting om strikt vast te houden aan de financiële doelen die zijn geschetst in begrotingen, het aantal leveranciers te beperken en druk uit te oefenen op onderhandelingen over een lagere prijs. De succesvolle toepassing van deze in begrotingen en voorspellingen gevatte cijfers bepaalt de bonussen van het management. Zo wordt verzekerd dat iedereen presteert zoals verwacht. Eventuele door de samenleving opgemerkte ongevoeligheid voor de harde maatschappelijke en ecologische realiteiten die de onbedoelde gevolgen

Soldaatvliegen als bron voor eiwit



(Bron: auteur)

zijn van het oude model, wordt snel naar de achtergrond verdreven door programma's te implementeren die de sociale verantwoordelijkheid van bedrijven moeten bevorderen. Op die manier kan het bedrijf een verantwoordelijk imago uitdragen, zelfs als het zojuist de kans heeft laten liggen om duizenden banen te creëren en tegen lage kosten miljoenen tonnen kwaliteitsvoedsel en -veevoer te leveren, waarbij het de plaatselijke economie met gemakkelijk beschikbare grondstoffen zou stimuleren en een bijdrage zou leveren om honger de wereld uit te bannen – niet door middel van genetische modificatie waarbij zaden en winsten in handen van een paar producenten op de wereld komen.

We moeten van het huidige model naar een model van inclusieve groei – denk aan dubbelcijferige groei in gebieden met werkloosheid, honger en armoede. Dat is nooit te bereiken via massale belastingen voor burgers, noch door een krachtig bezuinigingsprogramma waardoor duizenden mensen hun baan

kwijtraken, pensioenplannen worden aangetast en programma's voor gezondheidszorg worden teruggeschroefd. Het is tijd om te accepteren dat we alleen vooruitkomen door de manier te veranderen waarop ze zaken doen. Voor die aanpak is meer nodig dan een econoom die voor eigen parochie preekt. Er is een minimale winnende coalitie nodig, die bereid is op de markt te laten zien dat een nieuw model meer concurrentievermogen heeft dan de tot dusver heersende logica. Tenslotte zijn we niet tegen iemand of iets, maar eerder voor iets beters, iets veel beters.

MOTTAINAI
**(VERSPIL NIET,
KOM NIETS TEKORT)**

Japans gezegde

3

HET NABOOTSEN VAN ECOSYSTEMEN VOOR EEN BLAUWE ECONOMIE

Een dynamische economie is essentieel voor duurzaamheid. Het omgekeerde is ook waar. Zonder ware duurzaamheid kan geen enkele economie blijven functioneren. Met dat in gedachten zal het u misschien niet verbazen dat een oplossing voor onze huidige economische malaise ligt in het begrijpen en toepassen van de logica van ecosystemen. De natuur laat voortdurend efficiënt gebruik zien – en ware duurzaamheid. Door onze economieën in navolging van de natuur te ontwikkelen, zouden we efficiënt gebruik kunnen maken van energie en natuurlijke hulpbronnen, zonder afval, en honderden miljoenen banen kunnen scheppen. Hebt u zich weleens gerealiseerd dat in de natuur iedereen naar beste vermogen bijdraagt en niemand in dienst is of in een dagverblijf of verzorgingshuis gestopt wordt? Ecosysteemmodellen vormen de sleutel tot overvloed en het middel om die te delen. Een op ecosystemen geïnspireerd economisch systeem werkt met wat er plaatselijk voorhanden is, zoals onuitputtelijke energiebronnen die bovenal de wetten van de natuurkunde tot uitdrukking brengen. De natuurkunde beschrijft de onderliggende krachten die door elke soort op aarde dynamisch worden benut. Dit inzicht is de weg naar duurzaamheid. Als we de huidige economische recessie omvormen door de logische modellen van ecosystemen na te bootsen, zijn we in staat om aan basisbehoeften te voldoen en een waarachtige economie te creëren, een blauwe economie, een economie van overvloed.

Het nabootsen van de functionele en materiële efficiëntie van ecosystemen en natuurlijke habitats is een pragmatische manier om duurzaamheid en een efficiënt gebruik van hulpbronnen te realiseren, en toch concurrerend te blijven, toegevoegde waarde, sociaal kapitaal en werkgelegenheid te genereren.

Ook doen we er goed aan kringloopketens van voedingsstoffen en energie, nog zo'n elegant kenmerk van ecosystemen, na te bootsen. Dat is de methode die de natuur gebruikt om schijnbare schaarste te transformeren in toereikendheid en uiteindelijk overvloed.

Een cascade (een kringloopketen) kunnen we ons voorstellen als een waterval, een stroom van voedingsstoffen die geen energiebron nodig heeft, alleen maar zon, wind en de zwaartekracht. Het begrip levert een visuele metafoor om de manieren te kunnen begrijpen waarop voedingsstoffen van de soorten uit het ene biologische rijk naar het andere worden overgebracht, in ieders voordeel. Opgenomen mineralen voeden micro-organismen, micro-organismen voeden planten, en planten voeden andere soorten, waarbij het afval van de een voedsel voor de ander is. Kringloopketens van energie en voedingsstoffen leiden tot duurzaamheid doordat ze nauwelijks of niet afhankelijk zijn van externe input, zoals energiebronnen, en door de eliminatie van afval en de kosten daarvan (niet alleen in de vorm van vervuiling, maar ook in de vorm van ondoelmatig grondstoffengebruik).

Er zijn over de hele wereld geslaagde en algemeen erkende voorbeelden van ondernemerschap die laten zien hoe een blauwe economie niet alleen ten goede kan komen aan het land, maar ook aan de bewoners, waardoor er voor iedereen voedsel- en bestaanszekerheid is en waardetoevoegende banen. We kunnen bijvoorbeeld kijken naar de opmerkelijke metamorfose van de Vichada-savanne in Colombia die Paolo Lugari in Las Gaviotas tot stand bracht. We kunnen een West-Afrikaans project voor voedsel- en bestaanszekerheid bestuderen dat in Benin door pater Godfrey Nzamujo werd opgezet. We kunnen ons laten leiden door de droom van Håkan Ahlsten en de inwoners van Gotland om hun land en cultuur in stand te houden en te vernieuwen, of de inspanningen in Picuris Pueblo in de staat New Mexico om dunne boomstammetjes om te zetten van een brandrisico tot grondstoffen voor een geïntegreerd biosysteem dat op duurzame wijze banen, voedsel, brandstof en bouwmaterialen genereert. Bovendien moeten we niet het pionierswerk vergeten van Javier Morales en de bewoners van El Hierro, een van de Canarische Eilanden, om water en energie duurzaam en overvloedig te maken en de plaatselijke economie te stimuleren, waardoor er economische groei ontstaat op een afgelegen Spaans eiland, terwijl de rest van het land het moeilijk heeft. Het gemeenschappelijke van al deze projecten is dat ze de duurzame ketens van voedingsstoffen in de natuur nabootsen en energiebronnen benutten die functioneren volgens de wetten van de natuurkunde. Daarnaast leidt elk project tot voedsel- en energiezekerheid, en levert het diverse voordelen op, waaronder een positieve cashflow, verminderd grondstoffengebruik en energiebesparing. Dit zijn concurrerende gemeenschappen die niet zozeer tegen globalisering zijn maar er wel in zijn geslaagd een productie- en consumptiemodel te ontwerpen dat relatief beter is.

Overvloed uit schaarste

Toen Paolo Lugari voorstelde de Vichada-savanne in Colombia weer te veranderen in het regenwoud dat hier ooit was, achtte niemand dat mogelijk met de kennis van die tijd. De savanne aan de westkant van de rivier de Orinoco was een waardeloze strook grond. De pH was laag, het water was niet drinkbaar en het gebied was moeilijk bereikbaar over land of water, of door de lucht. Wie zou hier ook maar het kleinste stukje grond kopen? Het land werd verkregen door middel van landuitgiftes tegen een prijs van ongeveer 6,25 dollar per hectare. Lugari zette door en beplante het, zonder ervaring of subsidie, waarbij hij de droge, arme savanne op een creatieve manier herstelde en veranderde in een oase van weelderige tropische biodiversiteit. Tegenwoordig, een kwart-eeuw later, heet Lugari bezoekers welkom op 8000 hectare geregenereerd regenwoud. Hij ontdekte met zijn team dat de symbiose tussen mycorrhizaschimmels en de Caribische den er niet alleen voor zorgde dat 92 procent van de zaailingen overleefde, maar ook de fysieke kenmerken van het gebied veranderde. Hoe kwam dat?

Bij inoculatie met de schimmel *Pisolithus tinctorius* vormt de kleine Caribische den, de *Pinus caribaea*, een klein plekje schaduw dat de bodem, zaden en scheuten beschermt tegen de ultraviolette straling van de zon. Hoewel de warmtedruk hoog blijft, waardoor een dik tapijt van afgevallen dennennaalden ontstaat, kan de den volwassen worden omdat hij goed wordt gevoed door de schimmel. Het dennennaaldentapijt verbetert het vochtgehalte van de bodem en houdt tegelijkertijd het composterend afval vast dat anders zou wegspoelen in de stortbuien die het klimaat ten minste drie maanden per jaar kenmerken.

Belangrijk is dat deze afvallaag ook de bodemtemperatuur verlaagt. Regen die op een hete bodem valt kan zelfs niet door een poreus oppervlak heen dringen en spoelt derhalve eerder weg. Het is alsof je koude olie in een hete koekenpan giet. Regen die op een koelere bodem valt, kan eerder in de grond doorsijpelen. Doordat het temperatuurverschil tussen de regen en de vruchtbare bovengrond wordt verkleind, is de grond beter doorlaatbaar en ontstaat een milieu waarin nieuwe zaden kunnen aanslaan. Naarmate het nieuwe bos begint te groeien komt de diversiteit tot ontplooiing en komt er ook meer regen. De droge savanne met slecht drinkwater en veel te zure grond verandert niet alleen in bos, maar in een regenwoud met overvloedig drinkwater en een verrijkte bodem die ideaal is voor een bloeiend plantenleven.

Een Japanse filmploeg kwam naar Gaviotas om het herstel van het tropisch regenwoud, iets wat maar weinigen mogelijk achtten, te registreren. Tijdens het filmen zagen ze wolken naderen en boven de savanne hangen. Op het moment dat de wolken boven de koelere sfeer van het bos dreven, zag de ploeg tot zijn verbazing dat er een verfrissende regen begon te vallen. Het groene bos is inderdaad koeler dan de vlaktes. Boven een koel oppervlak laten de wolken hun

vocht vallen doordat de luchttemperatuur onder het dauwpunt zakt. Er kwam een eind aan 450 jaar brandcultuur en de teelt van als veevoer gebruikte woekergrassen. Schimmels en bomen op Las Gaviotas werden tot een elegante symbiose gebracht, die de voorwaarden creëerden om een heel bos te doen herleven.

Ondanks deze verbluffende veranderingen in de meteorologische omstandigheden en de bodem was het meest bejubelde gevolg misschien wel een even verbluffende stijging van de grondwaarde. Productief land is land dat waarde heeft. In een periode van 21 jaar werd de waarde van elke hectare in regenwoud omgezette savanne, alleen al gemeten aan de hand van de waarde van drinkwater, oogstbaar voedsel, industriële productie, hernieuwbare energie, brandstof voor mobiliteit en beschikbare bestaansmiddelen, wel 3000 keer zo groot. Vóór het herstel hadden de mensen in het gebied rond Las Gaviotas geen schijn van kans op werk. Ze leden aan ziekten van het spijsverteringsstelsel, hadden geen veilig drinkwater en geen behoorlijke medische zorg. Slechts een generatie later is water vrijwel gratis voor iedereen beschikbaar. De verkoop van overtollig water aan de rijken in Bogotá, die bereid zijn hiervoor dezelfde prijs te betalen als voor een fles geïmporteerd San Pellegrino- of Evian-water, levert Las Gaviotas een ongekende cashflow op.

Geïnspireerd door die gezonde cashflow van Las Gaviotas, zijn wereldwijd gelicenseerde technologische portefeuilles, de royale lonen die er worden betaald en de bijdrage die het levert aan de plaatselijke gemeenschap van 2000 families, pleitte William B. Harrison jr., destijds bestuursvoorzitter van JPMorgan, ervoor Las Gaviotas van 8000 naar 100.000 hectare uit te breiden. Op basis van een marktanalyse van JPMorgan bood hij Alvaro Uribe, de president van Colombia, persoonlijk een investeringspakket van 300 miljoen dollar aan. Een initiatief van een dergelijke omvang zou naar schatting in de komende tien jaar 100.000 banen genereren en de koolstofuitstoot van landen als België en Nederland compenseren. De president sloeg het aanbod af. Hij nam een ander voorstel aan, van Cargill, om monoculturen met 'nieuw' genetisch materiaal aan te planten om zo de export op te drijven.

Waar overheidsdiensten en traditionele bedrijven nooit ten goede kwamen aan de plaatselijke bevolking, kwam een man met visie en zijn baanbrekende werk wel tegemoet aan de behoeften van de mensen. De sociale zorg en de zorg voor het milieu, tot stand gebracht vanuit idealen over goed ondernemerschap, werden een succes door het nabootsen van de natuurlijke processen van ecosystemen. Het welslagen van Las Gaviotas laat zien dat het samenspel van druk, temperatuur, oppervlaktespanning, geleidingsvermogen, magnetisme en nog veel meer ervoor zorgt dat de wind waait en de bomen groeien. Zodra we de dynamische verbanden en interacties van het hechte weefsel van de natuur begrijpen worden hele nieuwe benaderingen mogelijk.

Voedselzekerheid in Afrika

Het Songhai Center in West-Afrika, dat zich bevindt in Porto Novo, de hoofdstad van Benin, werd opgericht en staat onder leiding van pater Godfrey Nzamujo, een dominicaans priester. In 1984, hetzelfde jaar dat Paolo Lugari in Las Gaviotas aan zijn herbebossingsproject begon, startte pater Nzamujo een programma om honger te bestrijden en Afrikanen voedsel te verschaffen. Het begon op een paar hectare moerasgebied, geschonken door de voormalige president van Benin. Tegenwoordig, een kwarteeuw later, heeft het centrum het verval van het milieu volledig teruggedraaid en op indrukwekkende wijze bewezen dat voedsel- en bestaanszekerheid in Afrika mogelijk zijn.

Onder leiding van pater Nzamujo ontwikkelde Songhai een logisch systeem voor een duurzame keten van voedingsstoffen en energie waarmee opmerkelijke resultaten werden bereikt. Afvalwater (zowel grijs als zwart) van toiletten, waswater en alle dierlijk en menselijk afval worden verzameld in een uit drie afzonderlijke vakken bestaande vergistingstank. Fijngehakte waterhyacint, een lokale woekerende waterplant, wordt toegevoegd. In de vergister produceert het biomassamengsel methaan en levert zo energie voor plaatselijk gebruik samen met zuiver water.

Na te zijn gemineraliseerd wordt het resterende materiaal voer voor dierlijk en plantaardig plankton en zeebodemorganismen, die op hun beurt de vissen in het aquacultuurproject voeden. Het ontwerp van de vergister levert veel droge stof en gasproductie op, een nabootsing van het omzettingsproces van zuren in basen waarmee ons lichaam schadelijke bacteriën beteugelt. De pH verandert van zuur in de vergister tot hoogbasisch in de nabijgelegen algenvijvers. Anaerobe bacteriën, aangevuld met zonlicht, bevorderen de krachtige omzetting van CO₂ in zuurstof door middel van microalgen en voltooien het systeemontwerp op basis van de natuur, waarbij ziekteverwekkers worden geëlimineerd. Professor George Chan, die zijn leven heeft gewijd aan het ontwerpen van dergelijke geïntegreerde systemen voor landbouw- en afvalbeheer en die adviseur was van Songhai, zou trots op de resultaten zijn geweest.

Songhai werd ook nog met een grote hygiënische uitdaging geconfronteerd: vliegen. Spuiten met chemische stoffen werd overwogen, maar dat was niet aan te raden in een milieu waar voedsel werd geproduceerd en dat graag een biolabel wilde verkrijgen. De strategie van pater Nzamujo was bijzonder. Hij loste het probleem op met maden, de larven van vliegen.

Alle slachtafval in Songhai wordt opgevangen op een speciaal terrein met honderden kleine, diepe cementen vierkanten van nauwelijks een handbreed, volledig omringd door grachten waarin karpers zitten. Daaroverheen ligt een groot net, zodat er geen vogels in kunnen. Het gaas is net groot genoeg om er hongerige vliegen doorheen te laten. Vliegen gedijen op slachtafval, dat niet in eetbare producten kan worden omgezet. Door dit vliegenfeestmaal verandert

het terrein in een enorme madenkwekerij, met een productiecapaciteit van bijna 10 ton maden per maand. Toch is er elders in het centrum niet één vlieg te bekennen. Alle vliegen komen op de voor hen heerlijke soep van voedingsstoffen af, doen zich te goed en leggen larven in overvloed. Daarna wordt over het half-verteerde afval water gesprengd, zodat de maden aan de oppervlakte komen drijven en gemakkelijk geoogst kunnen worden.

Wat kunnen we met maden? Plaatselijk worden ze vooral economisch benut als goedkoop voer voor vissen en kwartels. Zowel kwarteleieren als vis dragen bij tot een goede voeding en voedselzekerheid. Maar de maden produceren enzymen en bieden zo nog meer mogelijkheden voor het creëren van economische waarde. De enzymen hebben geneeskrachtige eigenschappen en dragen aantoonbaar bij tot wondgenezing door de groei van fibroblastcellen te stimuleren. Hoe halen we de enzymen eruit terwijl we de levende maden houden als voer voor vissen en kwartels? De oplossing is even briljant als simpel: maden scheiden de enzymen uit als ze in zout water worden ondergedompeld.

Weer zo'n voorbeeld van een elegant ontwerp op basis van ecosystemen. Het belangrijkste doel van pater Nzamujo was ziekten te beperken met een natuurlijk middel om vliegen te bestrijden. Die oplossing leverde op haar beurt de enzymen die doeltreffend een natuurlijke genezing tot stand brengen. De biologie en biochemie van maden laten duidelijk zien dat ze medicinale eigenschappen hebben, maar er is een nieuwe hypothese dat de enzymen nauwelijks meetbare elektrische stroom veroorzaken, onopgemerkt omdat er geen geschikte instrumenten voor zijn. Die impulsen stimuleren het herstel van de cellen en bevorderen de genezing. Maden hebben geleerd hoe ze de wetten van de natuurkunde (elektriciteit en magnetisme) moeten toepassen om genezing te stimuleren.

De behandeling met maden is wereldwijd door overheden goedgekeurd, met name voor diabetespatiënten. De 'gezuiverde' versie – zonder maden – werd met steun van de Britse gezondheidsdienst NHS al snel aanvaard. Dat kwam goed uit, omdat onbehandelde wonden in Afrika de belangrijkste oorzaak van amputaties zijn. David en Jason Drew brachten miljoenen dollars bijeen om met dit bedrijfsmodel een tweede productiecentrum op te zetten in het oude landbouwkundig onderzoekscentrum Elsenburg, dat eigendom is van de Universiteit van Stellenbosch. Hun onderneming, AgriProtein, streeft ernaar visproteïne te vervangen door maden, waardoor de druk op de zeeën vermindert, en produceerde in 2014 al meer dan Songhaï. De Nationale Universiteit van Colombia in Bogotá borduurt voort op deze kansen voor gezondheid en bedrijf onder leiding van Hilderman Pedraza Vargas, een arts die het speeksel van de maden gebruikt om slachtoffers van landmijnen te behandelen. In 2015 waren er al een tiental nieuwe bedrijven gestart, en simulatiemodellen wijzen erop dat deze opkomende industrie niet alleen de visproteïne uit bedreigde zeeën kan vervan-

gen, maar in Afrika ook minstens 500.000 extra banen kan creëren en de hygiëne kan bevorderen.

Een droom houdt een eiland boven water

Bijna duizend jaar geleden bouwden de grootste kooplieden van Florence en Rusland kerken en pakhuizen op Gotland, een klein maar opmerkelijk eiland midden in de Oostzee. De aankomst in de hoofdstad Visby laat een blijvende indruk achter bij bezoekers. Binnen de grote stenen muur die de stad omringt bevinden zich niet alleen historische gebouwen en kathedralen, maar ook generaties aan traditie.

Aan het begin van de eenentwintigste eeuw zochten de bewoners van het eiland manieren om zich staande te houden in de geglobaliseerde wereldeconomie. De enige optie leek toerisme. Inderdaad levert het toerisme met bijna een miljoen bezoekers per jaar de grootste bijdrage aan de economie van Gotland. Tijdens de zomervakantie neemt de bevolking tien keer in omvang toe, waarna ze voor de rest van het jaar weer inkrimpt.

Toch wilden de eilanders een toekomst voor hun land creëren, met name voor de volgende generatie, die anders het eiland zo snel mogelijk zou verlaten. Wat zij voor ogen hadden was een duurzame gemeenschap, in harmonie met de hulpbronnen die het land leverde, rekening houdend met het grote historische verleden en de erkenning van hun hoofdstad als werelderfgoed door de UNESCO. Op uitnodiging van professor Carl-Göran Hedén, lid van de Zweedse Koninklijke Academie van Wetenschappen, gingen studenten, bankiers, beleidsmakers, onderzoekers en ondernemers bij elkaar zitten om oplossingen te bedenken.

Iedereen die het eiland ziet en op zoek is naar andere ontwikkelingsmogelijkheden dan toerisme, zal zich onmiddellijk op het platteland richten. Het agrarische landschap, bezaaid met pittoreske kerken en huizen, is in de loop van de eeuwen liefdevol tot stand gekomen. Toen er honderd jaar geleden suikerbieten werden geïntroduceerd, waren deze zo succesvol dat er een nieuwe industrie op het eiland ontstond. Toen de globalisering doorzette werd de suikerfabriek bij gebrek aan schaalvoordeel gesloten. Er waren weinig prikkels om nog landbouw te bedrijven, behalve dan de wortelen. De wortelen uit Gotland, befaamd vanwege hun ‘zanderige’ uiterlijk, hebben een superieure smaak vanwege de alkalische grond van het eiland. De productie van wortelen was het probleem niet, maar het was een hele toer om ze vanuit het midden van de Oostzee aan de man te brengen. Bovendien keurden leveranciers aan supermarkten meestal een groot deel van de oogst af, omdat die niet aan hun strenge normen qua uiterlijk voldeed.

De eilandbewoners ontwikkelden een innovatieve aanpak waarin werd geprofitteerd van een natuurlijke kringloop van voedingsstoffen en tegelijkertijd waarde en werkgelegenheid werden geschapen. Håkan Ahlsten, de plaatselijke

bankier, zag wel wat in het idee om een eenvoudig product te maken: ovenverse wortelcake. Waar verse grondstoffen zo overvloedig voorhanden waren, kon je haast niet heen om het opzetten van een wortelcakebedrijf. Men werd het eens en er werd al snel een heerlijk recept voor wortelcake ontwikkeld. De gebakken en vervolgens ingevroren cakes uit Gotland werden erg populair in Zweden en zelfs helemaal tot in Azië. In vijf jaar tijd steeg de werkgelegenheid bij de plaatselijke bakkerij van slechts vijf tot dertig arbeidsplaatsen.

Vanuit de wens de hele oogst te gebruiken en zo een betere marktwaarde te realiseren, kwam er al snel een volgend belangrijk initiatief. Yngve Andersson, een van de doortastende inwoners van Gotland, investeerde in het ontwerp en de bouw van een wortelsorteercentrum, waar bijna de hele oogst met behulp van geavanceerde machines kon worden opgeslagen, gesorteerd en verwerkt. De enorme oogst werd machinaal gesorteerd in specifieke categorieën. Elke soort werd afzonderlijk verpakt, van babywortelen tot lange, smalle wortelen, stevige, kortere wortelen en onregelmatig gevormde wortelen. Verbazend genoeg konden schoongemaakte en verpakte jonge worteltjes, die vroeger als te klein werden beschouwd om marktwaarde te hebben, voor vier keer zo veel worden verkocht als standaardwortelen. Dit lukte dankzij een verandering in de marketingstrategie: deze jonge worteltjes heten voortaan *baby carrots* en vinden gretig aftrek als snack bij cocktails. De grootste wortelen worden niet verpakt, maar verwerkt tot wortelsap, een zeer winstgevend product in een nichemarkt. Interessant is dat de grootste wortelen het meeste sap leveren – wel 40 procent van hun volume. De geraspte wortelpulp is geen afval maar ideaal als varkensvoer.

Het sorteren van wortelen om met de bestaande oogst een hogere waarde te genereren vormde een grote uitdaging. De machines konden de verwerking van de gehele oogst alleen aan wanneer het totale volume over het hele jaar werd verdeeld en niet werd geconcentreerd in de zes weken van het oogstseizoen. Maar het verwerken van de oogst in twaalf maanden vroeg om een investering voor een gekoelde opslagruimte met een constante temperatuur van 0 °C. Nadat het economisch argument van een betere prijs de haalbaarheid van deze onderneming had bevestigd was de volgende uitdaging het vervullen van de grote energiebehoefte van de operatie.

Met de cijfers voor zich besloot Yngve Andersson het risico te nemen de onderneming uitsluitend te voorzien van energie uit windkracht. Alle energie voor de hele operatie – het opslaan, sorteren, verwerken, verpakken, het aan de man brengen in marktsegmenten, waaronder diepgevroren wortelcakes – wordt geleverd door windturbines. De kapitaalsinvestering in windenergie werd gemakkelijk terugverdiend door de internationale afzet. De totale directe en indirecte werkgelegenheid bedraagt nu naar schatting 250 banen. Door met een nieuwe blik naar wortelen te kijken, werden kosten bespaard en vonden de Gotlanders

een progressieve weg om banen te creëren en hun bestaanszekerheid veilig te stellen.

Door waarde te vinden in wat lokaal voorhanden is, ontstaan duurzame en concurrerende bedrijven die economieën kunnen beïnvloeden, zelfs die van een afgelegen eiland in de Oostzee. Het spreekt voor de eilandbewoners dat dit niet hun enige initiatief is. De pioniersgeest op Gotland blijkt uit nog meer doorbraken. Wortelen zijn het indrukwekkendste voorbeeld, maar de combinatie van bier en brood is net zo prijzenswaardig. De brouwerij van Gotland levert uitstekend bier aan de plaatselijke bevolking. Het graan dat bij het brouwproces overblijft gaat naar de plaatselijke bakkerij, Eskelunds Hembageri AB, waar er brood van wordt gemaakt – een mooi voorbeeld van het omzetten van afval van het ene proces in grondstof voor het andere. Door gebruik te maken van wat lokaal voorhanden is, voedingsstoffen in kringloopsystemen te benutten en ondernemers aan te moedigen concurrerende ideeën te implementeren, lopen de inwoners van Gotland nu jaren voor op anderen. Wanneer er een half miljoen toeristen tijdens de zomer hun dorst lessen stijgt het verbruik met een factor tien, wat tegelijkertijd de kans biedt om de broodproductie met eenzelfde factor te doen stijgen. Het model is nu overgenomen door tientallen bierbrouwers in Duitsland, de vs en Japan.

Een progressief Pueblo

Bosbranden halen vaak het nieuws. Elk jaar verwoesten spontane bosbranden grote ecosystemen in het westen van de vs. Het Bureau voor Landmanagement van de Amerikaanse staat New Mexico kreeg subsidie van de federale overheid om dunne boomstammen (met een doorsnee tot 17 cm) van het land van Picuris Pueblo te verwijderen. Of dit houtafval nu werd verbrand of op een vuilnisbelt gestort, het zou bijdragen tot koolstofbelasting van de atmosfeer. Lynda Taylor en Robert Haspel deden een voorstel voor een alternatief en werkten daarbij samen met de bestuurders van Picuris Pueblo om een oplossing te ontwerpen waarbij voedingsstoffen en energie in harmonie met de Pueblocultuur kringloopsgewijs worden benut.

Het was snel gebeurd om bomen met dunne stammen te kappen en het gevaar op bosbranden te verminderen. Het grootste deel van het gekapte hout werd gedroogd, vervolgens in gerecyclede twaalf meter lange containers gelegd en onderworpen aan een onvolledig verbrandingsproces door de rook vast te houden, waardoor het hout in houtskool wordt omgezet. Uit respect voor de Pueblo-traditie moesten de sporen die de bosbouwvoertuigen in het bos achterlieten verwijderd worden. Mulch gemaakt van de dunne stammen werd geïnoculeerd met het mycelium van een inheemse paddenstoel en vervolgens over de voertuigsporen verspreid. Het is opvallend dat er al twee jaar later geen sporen meer te zien waren. De paddenstoelen worden als voedsel verzameld door

stamleden, terwijl het substraat en het afval van de paddenstoel, die rijk zijn aan aminozuren, als grondstof worden gebruikt van voer voor de bizonkudde van de familie Sam. Als gevolg van voldoende veevoer en de aanhoudende steun van Taylor en Haspel levert de familie Sam nu plaatselijk buffelvlees aan commerciële markten.

Wat begon als een poging om brandgevaar te verminderen, werd een geïntegreerd biosysteem dat banen, voedsel, brandstof en bouwmaterialen genereerde en chemische stoffen en benzine verving. De gang van zaken in Picuris Pueblo is een voorbeeld van economische ontwikkeling op basis van natuurlijke systemen, met behulp van wat er plaatselijk voorhanden is en voortbouwend op de tradities van de oorspronkelijke bewoners van Amerika.

Wanneer we oude normen vervangen door iets heel anders waarbij voedingsstoffen en energie in een duurzame keten worden benut, ontstaat een geheel nieuw economisch paradigma. Door anders te kijken naar de aard en functie van energie en voedingsstoffen, ontstaan opmerkelijke oplossingen, waarbij we hulpbronnen efficiënter benutten, concurrerende bedrijven kunnen opzetten en innovaties kunnen doorvoeren die banen en toegevoegde waarde creëren. Op die manier ontwikkelen ecosystemen zich in steeds efficiëntere stelsels, waarbij steeds minder energie nodig is voor steeds meer soorten. Het gaat om een allesomvattende kringloop die leidt tot overvloed op elk niveau.

Bagasse, een zoete oplossing

Ook de enorme hoeveelheden agrarisch afval die onze voedselindustrie produceert kunnen handig worden benut door een voorbeeld te nemen aan ecosystemen. Neem het geval van suiker uit suikerriet. Het suikergehalte van suikerriet is ongeveer 10-15 procent. Elke ton suiker die wordt geproduceerd staat dus maar voor een klein deel van de oorspronkelijke biomassa. De rest, afval dat bagasse wordt genoemd, wordt doorgaans verbrand. Natuurlijke systemen gebruiken vuur zelden als energiebron, terwijl wij mensen de hele tijd vuur gebruiken. Het verbranden van bagasse levert weliswaar een goedkope brandstof op, maar het enige bestanddeel dat echt energie levert is de lignine. De rest, bestaande uit hemicellulose en cellulose, vergroot slechts de koolstofuitstoot, want de verbranding van deze stoffen geeft nauwelijks warmte.

Als we bagasse gebruikten voor de productie van papier, papierproducten en karton, waar op kleine schaal een begin mee is gemaakt, zou het resultaat duidelijk veel beter zijn. Al past deze tropische vezel niet in het huidige keten-integratiemodel dat is gebaseerd op de massale wereldwijde aanplant van dennen en eucalyptus, een snelle rekensom levert een aantal verbazingwekkende cijfers op. Bij een jaaropbrengst van 37 tot 74 ton per hectare levert bagasse 250 tot 500 ton vezels in de zeven jaar die de snelstgroeiende dennenbomen nodig hebben om volwassen te worden. Wat vezels betreft wint suikerriet het makke-

lijk van de hoeveelheid die bomen uit gematigde klimaten produceren.

Zo beginnen we te zien hoe we gebruik kunnen maken van wat hernieuwbaar wordt gegenereerd terwijl levensvatbare bedrijvenclusters worden opgebouwd. Doordat we vasthouden aan een verspillende industriële logica gebruiken we alleen de suiker van suikerriet en verbranden we de bagasse, tegen de hoge prijs van schadelijke niveaus van koolstofuitstoot. Door vast te houden aan eenzelfde kortzichtige boekhouding halen we bij de productie van papier alleen cellulose uit dennenbomen en verspillen we de resterende 70 tot 80 procent van de boom. Er zijn een heleboel andere voorbeelden. Bij de oogst van koffiebonen blijft maar liefst 99,8 procent van de totale biomassa als afval achter. Uit de meest recente studies over stedelijk afval in de vs blijkt dat tegenover elke dollar die aan de verwerking van huishoudelijk afval op stortplaatsen wordt uitgegeven, 70 dollar staat om afval uit de landbouw, mijnbouw en industrie te verwerken.

Stelt u zich voor dat we voedsel produceerden als de rest van de natuur, in een kringloop verspreid over alle levensvormen, van planten, paddenstoelen, dieren, bacteriën tot algen en weer terug, in verschillende richtingen en combinaties, naar gelang een specifieke habitat. Meer dan licht en zwaartekracht zouden we niet nodig hebben, en die zijn makkelijk en gratis voorhanden. Op die manier zien we een nieuwe economie ontstaan, geworteld in robuuste modellen die voedingsstoffen verschaffen en op hernieuwbare wijzen voedsel, habitat, werkgelegenheid, energie en geld genereren.

Een eiland in de zon

De Spaanse Canarische Eilanden behoren tot de populairste toeristische bestemmingen. Een van die eilanden, El Hierro, voelde er niet voor om zijn kusten te ontwikkelen met hoogbouw om toeristen genoeg zon te bieden voor een deel van het jaar. Het heeft te kampen met chronisch watertekort en in de afgelopen eeuwen zijn duizenden eilandbewoners geëmigreerd omdat het gebrek aan water het levensonderhoud van de hele gemeenschap bedreigde. Toen de Spaanse regering overwoog om een radarinstallatie te bouwen en door middel van militaire uitgaven banen te creëren, stemde de bevolking daartegen. Wel schudde het project de burgers wakker en het idee ontstond om het eiland op het gebied van energie en water zelfvoorzienend te maken. De gedachte was duidelijk, maar hoe die verwezenlijkt moest worden was vaag.

Javier Morales, onderburgemeester van het eiland, beseftte dat er elk jaar bijna 10 miljoen dollar zuurverdiend geld nodig was om brandstof voor de generatoren op El Hierro te kopen. Het grootste deel van de opgewekte energie werd gereserveerd om water te ontsouten. Hij kwam op het idee om met behulp van tien jaar gegarandeerde uitgaven het kapitaal bijeen te brengen om te investeren in een programma voor hernieuwbare energie van 100 miljoen dollar. Dat

legde hij voor aan Juan Manuel Quintero, de directeur en hoofdingenieur van Gorona del Viento, het elektriciteits- en waterbedrijf. Het duurde zeventien jaar om het idee werkelijkheid te laten worden, maar in 2014 kon het eiland elektriciteit van windkracht opwekken en de overtollige stroom wordt gebruikt om water meer dan zevenhonderd meter omhoog te pompen naar een oud vulkanisch bassin. Als er geen wind is, zorgt waterkracht voor de benodigde energie. De overtollige stroom wordt gebruikt om water te ontzouten tegen marginale kosten. Nu hebben de eilandbewoners dubbel zo veel water tegen de halve prijs. Die winst stimuleert de plaatselijke economie. Het slachthuis ging weer open; de kaas- en yoghurtfabriek zet alle geiten- en schapenmelk om in producten met een hogere waarde, biologisch geteelde bananen en ananassen verrijken het voedselpakket en alle afvalolie wordt verwerkt tot biobrandstof. Het gaat goed met de economie, de werkloosheid is laag en de jongeren die geneigd waren te emigreren merken dat het eiland hun biedt wat ze wensen: uitdaging en verandering die verschil maken.

Het is duidelijk niet alleen effectief maar ook essentieel dat leiders uit overheidssectoren en de industrie hun kansen grijpen. Niettemin heeft een nieuw economisch model alleen kans van slagen als het zakelijke initiatieven vanuit de basis stimuleert. Het vermogen om te inspireren wie nog niet is geïnspireerd, te bereiken wie nog niet is bereikt, de kans om samen te werken met anderen die vaak niet gezien worden noch een kans krijgen, zijn cruciaal bij deze andere manier van denken over hoe we verschil kunnen uitmaken in deze wereld. Het kan een enorme economische impact hebben om jonge mensen de kans te geven hun lot in eigen hand te nemen, vooral degenen in gebieden over de hele wereld waar werkloosheid en armoede heersen. Schaarste is onaantrekkelijk voor degenen die het moeten ondergaan. Als u geen werk hebt, of honger hebt, misbruikt wordt of zwak bent, is uw levensonderhoud meer dan het onderwerp van een beleefde conversatie. Het is een kwestie van overleven. Als we opereren op de manier van natuurlijke systemen is het heel goed mogelijk om meer banen te creëren, maar ook om de productiviteit te verhogen en hulpbronnen efficiënter te gebruiken. We horen nooit van werkloze bomen, vissen of paddenstoelen!

Hoe kunnen we als samenleving overvloed realiseren? Hoe kunnen we continu hernieuwbare bronnen verkrijgen voor voedsel, onderdak, levensonderhoud en welzijn? Door ons te spiegelen aan de succesvolle methoden die we aantreffen in natuurlijke ecosystemen kunnen we kiezen voor modellen met een ruime opzet, geneigd tot kringloopvorming, gericht op rentmeesterschap van de planeet en de soorten, met een eindeloze toekomst. Dat is ware economie. Als we gaan begrijpen hoe rijk dit paradigma is, rijst het beeld van een blauwe economie als een feniks op uit de as van de economische crisis, door kracht en inspiratie te putten uit de natuur.

**DE NATUUR GEBRUIKT ENKEL DE LANGSTE
DRADEN OM HAAR PATRONEN TE WEVEN.
ELK KLEIN STUKJE VAN HAAR WEEFSEL
OPENBAART DE ORGANISATIESTRUCTUUR
VAN HET HELE TAPIJT.**

Richard Feynman

4

HET DOELMATIG GEBRUIK VAN HULPBRONNEN DOOR DE NATUUR

Structuur en stroming

Het comfort van gebouwen op een simpele, pragmatische manier benaderen is iets wat we kunnen leren van de natuurkunde van lucht- en waterstromen, maar ook van de elegante en eenvoudige methoden die werden geperfectioneerd door uiteenlopende soorten als de termiet, de zebra, de Namibische woestijnkever en de mossel. Als we ons door dit nieuwe denkraam laten leiden kunnen we meer bereiken met minder energie, en omstandigheden creëren die beter zijn voor de gezondheid dan we ons ooit hadden kunnen voorstellen. We kunnen zelfs bestanddelen en producten weglaten die in de moderne bouw als onontbeerlijk worden gezien. Hoe is dat mogelijk?

Gebouwen die helemaal afgesloten en volkomen geïsoleerd zijn om het energieverbruik te verminderen hebben weinig mogelijkheden tot zelfregulatie. Er zijn luchtpompen nodig om gecontroleerde luchtvolumes door het gebouw te verplaatsen zodat de gebruikers zich er prettig voelen. Helaas verzamelen gesloten gebouwen vocht, vooral in de kelder (vochtige lucht is zwaarder en daalt). Slaapkamers worden verwarmd met droge lucht die ons ademhalingsstelsel belast, terwijl zich door het overvloedige gebruik van elektronische apparatuur stofdeeltjes verzamelen. Veel van die deeltjes zijn elektrostatisch. Mijten gedijen in tapijten, die hun in ruimtes met driedubbel beglaasde ramen met een uv-filter een ongekende broedplaats bieden.

Huisstofmijten zijn microscopisch kleine verwanten van de spin. De beestjes leven van het afval van de bewoners van een gebouw. De huisstofmijt is een veelvoorkomende boosdoener bij allergieën van de huid en het ademhalingsstelsel, zoals eczeem en astma. Om mijten te verwijderen zijn harde chemische mid-

delen nodig, die in een afgesloten gebouw maandenlang kunnen blijven circuleren, evenals de vluchtige organische stoffen waaruit de meeste meubel- en tapijtlijnen bestaan. Dat is nou niet wat we ons voorstellen bij een energie-efficiënt 'ecologisch' gebouw. Al besparen we dan 30 procent energie – feitelijk zou alle energie door de nieuwste zonnepanelen kunnen worden opgewekt – het kostbare gebruik van chemicaliën en de belasting van ons immuunsysteem zijn onbedoelde bijwerkingen. Als we daarentegen bij het ontwerpen van energie-efficiënte gebouwen ook zouden kijken naar bewezen oplossingen die miljoenen jaren lang zijn beproefd door soorten die in een vergelijkbare habitat leven, zouden we merken dat gezonde gebouwen, en de daarin functionerende systemen, er radicaal anders uitzien. Gezonde gebouwen kunnen zelfs dubbel efficiënt zijn doordat zowel de kosten van energie als van de gezondheidszorg worden verlaagd, er minder risico vereist is om kapitaal op te bouwen en investeringen meer rendement opleveren. Hoe kan dat?

Termieten, meesters van de doorstroming

De eerste boeren op aarde waren termieten en mieren. Misschien wel zo'n 100 miljoen jaar geleden reageerden termieten op de noodzaak om te overleven in veranderende weersomstandigheden. Ze wisten zich succesvol aan te passen met een broeikasachtig landbouwsysteem. Ze perfectioneerden een methode om de temperatuur en vochtigheid in hun nest volledig te beheersen, waardoor ze op een efficiënte manier schimmels konden oogsten, hun primaire voedsel. Ze wisten zich met succes te verzekeren van voedsel en evolueerden van jager-verzamelaars naar een soort met een vaste woonplaats, lang voordat homo sapiens ontstond.

Die voortreffelijke beheersing van temperatuur, vochtigheid en atmosferische druk verloopt volgens de wetten van de natuurkunde, en bovendien passen termieten complexe wiskunde toe bij hun landbouw- en bouwmethoden. Ze hebben het ontwerp geperfectioneerd van schoorstenen waarin de lucht warm wordt en zoals te verwachten is opstijgt, waardoor drukverschil ontstaat met het nest eronder. Aangezien dit nest door kleine ondergrondse tunnels is verbonden met zijn omgeving, stroomt er lucht van buiten het nest in om het verschil in luchtdruk op te heffen. Dat is een mooie illustratie van de derde bewegingswet van Newton die luidt dat actie en reactie aan elkaar gelijk zijn, doch tegengesteld in richting. De temperatuur van de lucht die door de ondergrondse tunnels stroomt wordt gestabiliseerd door de diepere bodemlagen. Daardoor zijn de vochtigheid en temperatuur buiten bepalend voor de hoeveelheid vocht in de lucht die het broeikasnest binnenkomt. Termieten weten overal ter wereld, in elk klimaat, hoe ze hun nesten moeten berekenen en bouwen om zo de ideale groeivoorwaarden te krijgen voor het rijke witte mycelium dat hun belangrijkste voedingsbron is.

De Zweedse architect Bengt Warne observeerde aan het eind van de jaren vijftig termieten in Zimbabwe. Zijn originele tekeningen van de luchtstromen in termietenheuvels verschenen in *På Akacians Villkor* (Over de wetmatigheden van de acacia). Hoe eenvoudig ze er ook uitzien, ze prikkelen om te worden aangepast aan moderne bouwkundige doeleinden. Een andere briljante Zweedse architect, Anders Nyquist, ontwikkelde wiskundige formules om Warnes inzichten te systematiseren in een model dat automatische klimaatbeheersings-systemen achterhaald maakt. Op basis van studies van de termietenarchitectuur ontdekte Nyquist dat het mogelijk is energiebesparende gebouwen te ontwerpen die zonodig verwarmd of gekoeld kunnen worden en comfortabel zijn, zonder dat de bewoners worden opgesloten in een dichte, zwaar geïsoleerde ruimte, waar de lucht niet kan stromen en schadelijke bacteriën en microben zich gemakkelijk vermenigvuldigen. Als in zo'n ruimte iemand niest, wordt iedereen verkouden. Dat kan toch niet de bedoeling zijn van energiebesparing!

In zijn ontwerp voor de Lagggarbergschool in Timrå, in de buurt van het Zweedse Sundsvall, paste Nyquist de geniale principes toe die zowel termieten in de natuur als oude beschavingen door de hele geschiedenis heen hebben gebruikt om warm of koel te blijven, zonder energie te verspillen of met uitgebrede chemische isolatie de hitte van buiten te weren en het binnen koel te houden. Met een systeem van luchtgaten en -kanalen wordt lucht zo geleid dat de temperatuur wordt geregeld en de lucht fris blijft. De lucht is het hele jaar door fris en als er een kind niest, gaat niemand anders niezen. Frisse lucht biedt een uitgang voor stof- en geladen deeltjes. Gemeten naar het aantal door ziekte verloren gegane schooldagen behoren de leerlingen tot de gezondste van het land en qua leerprestaties behoren ze tot de beste. Wat gebeurt er wanneer ouders merken dat kinderen op deze openbare school slim en gezond zijn? Gezinnen willen naar de buurt waar de school staat verhuizen, want dat is de enige manier om ingeschreven te kunnen worden. En wat gebeurt er wanneer er drommen mensen komen? De waarde van het land neemt toe – en dat allemaal dankzij een strategie om het ontwerp van de natuur na te bootsen.

De vaardigheden van de termieten zijn uitzonderlijk leerzaam, al wordt het insect over de hele wereld bestreden vanwege zijn zogenoemde vraatzucht naar hout. Als we zouden bedenken dat termieten van oudsher zorgdragen voor de bemesting van de bodem op lange termijn, hadden we misschien wel minder afkeer van en meer bewondering voor ze. Feitelijk wordt 15 procent van de vegetatie op aarde voedingsbron voor de schimmels die worden gegeten door termieten. Het ontbindende afval produceert de warmte waarmee ze zich in de winter warm houden en verrijkt tientallen jaren daarna nog de diepere bodemlagen.

Van de termiet kunnen we leren hoe we de lucht in een gebouw continu kunnen verversen zonder te verwarmen of te koelen. Luchtverversing vermin-

dert het risico op het sickbuildingsyndroom, waarbij stagnerende lucht vol ziektekiemen in een gebouw blijft hangen en de bacteriën en schimmels tot gezondheidsklachten leiden. In de termietenwereld beheerst hetzelfde systeem ook de vochtigheid, die bepaalt hoe productief de schimmels zijn waar termieten hun voedingsstoffen uit halen. Het ventilatiesysteem van de termieten houdt de temperatuur constant, met een luchtvochtigheid van 61 procent. De enige variabele waar de termieten geen controle over hebben is water. Bij overstromingen door zware regens kan het nest onder water komen te staan. Zo'n stressvol milieu is het signaal voor de termitomyces-paddenstoel – een delicatesse, ook voor de mens – om zijn overleving te verzekeren door zich voort te planten. Bovendien weet de termietenkoningin hoe ze in haar mond sporen in veiligheid moet brengen om in een nieuw nest landbouw te gaan bedrijven.

Het is toepasselijk dat het eerste gebouw van meerdere verdiepingen waarin het ingenieuze werk van termieten wordt nagebootst werd neergezet in Harare, de hoofdstad van Zimbabwe. Het Eastgate Shopping and Office Centre, een complex van tien verdiepingen dat eind jaren tachtig door het Britse ingenieursbureau Arup werd gebouwd, wordt uitsluitend verwarmd en gekoeld met natuurlijke luchtstromen. De rentabiliteit van dit innovatieve systeem is overtuigend. Door de ruimte tussen verdiepingen voor aircokanalen weg te laten daalt het break-evenpoint van 55 tot 46 procent, waardoor in wezen binnen dezelfde totale hoogte een extra verdieping wordt toegevoegd, terwijl de investeringskosten (in dit geval een besparing van 3,5 miljoen dollar) en de operationele kosten met 10 tot 15 procent afnemen. Banken financieren bouwprojecten die aantoonbaar een lager risico en een beter rendement opleveren, terwijl er minder kapitaal voor nodig is en de huurprijzen voor de gebruikers gunstiger zijn. Duurzame kenmerken, zoals voordelige, onderhoudsvrije, passieve luchtgeleiding in plaats van een dure mechanische klimaatregeling, trekken ook de financieringsopties aan.

Waarom zijn zebra's zwart-wit gestreept?

Ook de zebra geeft ons nieuwe ideeën voor technologieën waarmee in veel delen van de wereld door beheersing van de oppervlaktetemperatuur minder of in sommige gevallen zelfs geen isolatie nodig zou zijn. De zebra is in staat zijn oppervlaktetemperatuur met 9 °C te verlagen met behulp van luchtstromen die ontstaan door het samenspel van zijn zwarte en witte strepen. Alweer zo'n vernuftig gevolg van de wetten van de natuurkunde die op school worden onderwezen, maar misschien niet zo goed in praktische toepassingen begrepen worden. Hoewel bouwkundig ontwerpers de temperatuur proberen te temperen door de warmtereflecterende eigenschappen van wit, zouden we op grond van het voorbeeld van de zebra juist zeggen dat gebouwen zwart-wit geschilderd moeten worden. We weten dat de kleur wit de zon reflecteert en daardoor de

warmte vermindert. De kleur zwart absorbeert de zon, waardoor de oppervlaktetemperatuur stijgt. De lucht boven de witte strepen is dus koeler dan die boven de zwarte strepen. De verwarmde lucht boven de zwarte strepen stijgt op, waardoor er verschil ontstaat met de hogere luchtdruk boven de witte strepen. Daardoor ontstaan minuscule kleine luchtstromen die het oppervlak zonder mechanische ventilatie afkoelen. Zet dit echt zoden aan de dijk? Kunnen we het zo ontwikkelen dat het commercieel toepasbaar is?

Bij een kantoorgebouw van Daiwa House in het Japanse Sendai, eveneens ontworpen door Anders Nyquist, wordt de wijsheid van termieten benut en bovendien geprofiteerd van de wisselwerking tussen zwart en wit. De oppervlaktetemperatuur van de buitenkant van het gebouw wordt beheerst, terwijl bovendien de binnentemperatuur 's zomers met 5 °C daalt door de wisselwerking van de contrasterend gekleurde oppervlakken. Door te extrapoleren zien we dat de binnentemperatuur alleen al door de loutere fysieke effecten van zwarte en witte vlakken daalt, wat naar schatting een energiebesparing van 20 procent oplevert. Weliswaar is dit niet zo indrukwekkend als de 9 °C van de zebra, maar wij mensen zijn hier pas enkele tientallen jaren mee bezig, terwijl de zebra de techniek in de loop van honderdduizenden jaren onder de knie heeft gekregen. De lage en hoge druk worden genivelleerd dankzij microwindstoten. In plaats van de binnenkant te isoleren, wordt door de natuurkundige wisselwerking aan de buitenkant warmte verwijderd, waardoor aan de binnenkant minder polyurethaan (met brandvertragers) of glasvezel nodig is. Feitelijk heeft de gestreepte zebra alleen onder zijn zwarte strepen een isolerende laag vet, omdat het weefsel onder de witte strepen dit niet nodig heeft. Dat is begrijpelijk, het spaart grondstoffen en het is simpel. Het werkt altijd, zolang er wisselwerking is tussen zwart en wit, en die is er gegarandeerd, zolang de zon schijnt en de wetten van de natuurkunde gelden. De zebra heeft nog een voordeel: er zullen geen muggen op zijn huid gaan zitten, omdat ze door de luchtstroompjes niet veilig kunnen aanvliegen. Ooit over zwarte en witte strepen gedacht om muggen op afstand te houden?

Om energie te besparen adviseren bouwkundigen tegenwoordig de binnenkant en het dak van een gebouw te isoleren, om overdracht van warmte of koude te voorkomen. Meestal worden polyurethaanschuim of minerale glasvezels gebruikt. De productie daarvan kost veel energie. De zebra laat zien hoe door de voorspelbare wetten van de natuurkunde te gebruiken eerst de warmte of koude aan de buitenkant verminderd kan worden, waardoor minder chemische producten of dure verwarmings- en koelinstallaties nodig zijn. De wisselwerking op basis van luchtdruk en temperatuur brengt geen extra kosten met zich mee en werkt altijd. Inderdaad, de wetten van de natuurkunde kennen geen uitzonderingen.

Een woestijn van overvloed

De donkere kleur en uitzonderlijk lange levensduur van de *Welwitschia mirabilis*, een plantensoort uit de woestijn, geven ons nog meer aanleiding om te bedenken dat wit alleen op korte termijn soelaas biedt wanneer het om warmtebestrijding gaat. De Namibische woestijn heeft al minstens 55 miljoen jaar een dor klimaat en wordt beschouwd als de oudste woestijn ter wereld. Een sprinkhaan die per ongeluk van een steen in het zand springt verschroeit en sterft binnen een paar minuten. In die waterarme omgeving, waarin slechts om de zeven jaar regen valt, slaagt de *Welwitschia* er niet alleen in om te overleven, met een levensduur van naar schatting tweeduizend jaar of meer lijkt de plant ook het record op zijn naam te hebben van de oudste levende plant op aarde. De *Welwitschia* heeft het opvangen van dauw op zijn twee bladeren bijna geperfectioneerd, evenals het vermogen om vocht te halen uit een bron die twee meter diep ligt.

Lichtere kleuren weerkaatsen het zonlicht en verminderen de warmteopname via het oppervlak. Hoewel mensen van koelere temperaturen houden, hebben lichte kleuren ook een nadeel in een woestijnomgeving. De bladeren van de *Welwitschia* moeten vroeg in de morgen koeler zijn dan het dauwpunt, om iets van de ochtendnevel op hun oppervlak te laten condenseren. Een donkere kleur is nodig om 's nachts relatief veel warmte uit te stralen en daardoor sneller af te koelen. Daardoor is de warmteopname tijdens de dag wel groter, maar planten en kevers kunnen die warmte afvoeren. De leden van dit woestijnecosysteem overleven met warmtereductie door middel van ventilatie en geleiding, weer een demonstratie van de ecologische toepassing van natuurkundige principes.

De Namibische woestijn is ook de thuisbasis van een groot scala aan korstmossen. Dat zijn eigenlijk geen planten, maar een symbiose, oftewel een samenleving van twee organismen, een schimmel en een alg. De schimmel functioneert als het lichaam en oogst in de ochtend- en avondnevel water voor de korstmossen als geheel. Door fotosynthese levert de alg de voedingsstoffen die nodig zijn om te overleven. Hoewel hun mycelium soms flinterdun is, zijn die korstmossen misschien wel de beste mijnwerkers ter wereld, omdat ze kunnen doordringen in schijnbaar massieve steen.

Hoe is dat nou mogelijk? vragen wij ons misschien af. Onze logica om door te dringen in gesteente is gevormd door Alfred Nobel, de uitvinder van de chemische reactie die bekendstaat als 'dynamiet', het enige middel dat we hebben om minerale ertsen diep uit de aarde te halen. De mensheid neemt haar toevlucht tot de chemie, terwijl natuurlijke systemen in de eerste plaats de fysica benutten. Korstmossen gebruiken geen dynamiet; eigenlijk gebruikt niets in de natuur zo'n buitensporige en destructieve kracht. Doordat het mycelium van de korstmossen zo microscopisch klein is, kan het makkelijk zijn weg zoeken in

de ruimte tussen rotskristallen. Wanneer het een magnesiummolecuul vindt, wordt die naar het oppervlak van de plant getransporteerd, waar het planten-, dieren- of vogelleven erin kan delen. Dankzij deze fijne en precieze mijnbouw-techniek van de korstmossen heeft de Namibische flora en fauna toegang tot de spoorelementen die nodig zijn om in deze delicate omgeving te kunnen functioneren. Elke soort draagt bij tot het overleven van alle andere soorten die binnen dit samenstel van temperatuur, vocht en licht leven.

Kevers voor water

De *Onymacris unguicularis*, een kever die eveneens voorkomt in de Namibische woestijn, is niet zomaar donker, maar pikzwart. Hij gaat beter met het dauwpunt om dan planten in dezelfde habitat, door gebruik te maken van warmtegeleiding plus een ander fysiek effect: extreme watervrees. Op het eerste gezicht lijkt het waterafstotende vermogen van een woestijnkever net zo irrelevant als ruitenwissers op een onderzeeër. Uit nauwkeurig onderzoek van de Britse wetenschapper Andrew Parker blijkt echter dat zich elke ochtend, zodra de zon aan de horizon verschijnt, microscopisch kleine druppels dauw vormen. Die druppels worden heel snel, voordat ze verdampen, afgestoten van het hydrofobe (waterafstotende) vleugeloppervlak van de kever of het bladoppervlak van de plant. De afgestoten druppels water verzamelen zich op extreem hydrofiele (waterminnende) plekken rond de vleugels van de kever. Door de wisselwerking van hydrofobe en hydrofiele oppervlakken verzekert de Namibische woestijnkever zich van voldoende water voor die dag, voldoende in elk geval om te douchen en te drinken. Vreemd genoeg is dit systeem van water- en temperatuurbeheer contra-intuïtief: zwart zorgt voor overlevingskansen in het warmste klimaat en het waterafstotend oppervlak garandeert drinkwater. Het is tijd dat wij verder denken dan wat vanzelfsprekend lijkt.

Het betere plakwerk

Gekko's zien niet op tegen een storm. Ze zijn door zo ongeveer niets van hun plaats te krijgen en blijven moeiteloos plakken op alle oppervlakken, nat of droog, ruw of glad. De gekko maakt gebruik van aantrekkende en afstotende elektrostatische krachten tussen moleculen, de zogenaamde vanderwaalskrachten, vernoemd naar de Nederlandse natuurkundige die ze voor het eerst wetenschappelijk vaststelde. Verbazingwekkend! Dingen die aan elkaar plakken vanwege de onderliggende natuurkunde. Op een dag kunnen innovatieve producten geïnspireerd op de intermoleculaire manipulaties van de gekko misschien concurreren met klittenband, dat zelf is geïnspireerd op de haakjes van de kliszaden, die al heel lang een oplossing bieden voor 'lijmloos plakken'. We zouden zelfs kunnen zeggen dat gekko's en klissen als het op plakken aankomt geraffineerder zijn dan bijvoorbeeld mosselen. Gekko's en klissen gebruiken de natuurkunde in

de eerste plaats om hun biologie zo te sturen dat er cellen worden ontwikkeld waarmee de gewenste resultaten te bereiken zijn. Mosselen vertrouwen op de scheikunde. Dat wil niet zeggen dat mosselen het niet goed doen door op een chemische oplossing te rekenen. Ze zijn zelfs een opmerkelijke inspiratiebron voor hoe we de giftige stoffen die scheikundig ingenieurs tot nu toe hebben ontwikkeld voor allerlei kleefmiddelen, kunnen vervangen.

Mosselen staan voortdurend bloot aan het beuken van de golven. Daardoor hebben ze een perfecte lijm ontwikkeld om zich aan rotsen te hechten. Ze hebben geleerd hun waterbestendige lijm zo elastisch te maken dat zelfs de sterkste branding ze niet loskrijgt. Kaichang Li van de Oregon State University (vs) bestudeerde de hars die mosselen produceren en gebruikte de conclusies van zijn onderzoek om een lijm te ontwikkelen die door het bedrijf Columbia Forest Products wordt gebruikt ter vervanging van epoxylijmen op basis van formaldehyde, de standaardlijm voor spaanplaat. De kwaliteit van de binnenlucht wordt duidelijk beter wanneer bouwmaterialen geen formaldehyde bevatten.

Wanneer marktleiders zich bij innovaties door de natuur laten inspireren en groene chemie gebruiken in plaats van toxische chemie, worden hun producten zowel winstgevend als duurzaam. Dus terwijl we de gekko en de klis bewonderen om de elegante wijze waarop ze louter gebruikmaken van natuurkundige krachten, hebben we alle respect voor de mossel die ons leert hoe we onze huizen, scholen en kantoren gifstofvrij kunnen maken.

Bacteriedodende draaikolken

Natuurlijke systemen lossen problemen niet op met een stortvloed van harde chemicaliën. Er zijn een paar bekende biologische uitzonderingen, zoals agressieve slangen, giftige kikkers en spinnen, en dodelijke paddenstoelen. Maar die richten hun gif bijna altijd tegen een andere soort, zelden tegen leden van dezelfde familie – al is de zwarte weduwe een beruchte uitzondering op de regel, zoals we altijd zien in de biologie. Eerder dan dat ze hun toevlucht nemen tot dodelijke chemische middelen, en zeker chemische middelen die bij leden van dezelfde familie mutaties of kanker kunnen veroorzaken, vertrouwen natuurlijke soorten op de krachten van de fysica. Hoewel levende soorten, met name dieren en planten, mensen vaak inspireren tot poëzie of tot technologieën, kunnen we ook veel leren van het levenloze deel van de natuur.

Hebt u zich weleens afgevraagd hoe rivieren zich reinigen? Dat doen ze met behulp van fysica en de voedingsbehoeften van twee uiteenlopende families van bacteriën. Doordat een rivier de hele tijd in beweging is, ontstaan er voortdurend draaikolken in het water. In de kern van zo'n draaikolk wordt de kracht van de wervelingen zo groot dat bacteriële membranen scheuren door druk en wrijving op nanoschaal. Zo veranderen bacteriën in voedingsstoffen waar andere soorten verder stroomafwaarts zich te goed aan kunnen doen. Door die fijn

verdeelde voedingsstoffen, in combinatie met plaatsen die zijn verrijkt met opgeloste zuurstof en plekken waar alle lucht uit het water is verdwenen, kunnen bacteriën en microalgen overvloedige biomassa snel en efficiënt mineraliseren. Bovendien kunnen schadelijke aerobe bacteriën niet gedijen door die verschuiving van plaatsen die rijk zijn aan opgeloste lucht naar luchtledige plaatsen.

De kracht van de draaikolk, die louter ontstaat doordat stromend water zich houdt aan de wetten van de zwaartekracht, is een van de meest indrukwekkende processen die we bestudeerd hebben. Hebt u weleens een rivier in een rechte lijn zien stromen? Wat zou de logica zijn van een kronkelende rivier? Vreemd genoeg ontwerpen moderne ingenieurs alles in rechte lijnen met hoeken van 90 graden. Toch verklaarde de beroemde twintigste-eeuwse Weense kunstenaar-vormgever-architect Friedensreich Hundertwasser ooit: 'De strakke rechte lijn is de mensheid, het leven en de gehele schepping fundamenteel vreemd.'

Viktor Schauburger, een Oostenrijkse uitvinder, bracht een groot deel van zijn loopbaan door als boswachter. Het viel hem op dat de dubbele verticale en horizontale werveling van rivierkolken ervoor zorgt dat vergruizelde vaste stoffen in het midden van de rivierbedding worden afgezet, terwijl stenen en grond langs de oevers wegspoelen. Een van zijn eerste baanbrekende ontwerpen was een transportbaan voor boomstammen die net zo kronkelde als een rivier, waardoor boomstammen makkelijk naar beneden gleden zonder dat ze ergens tegen aanstootten of vast kwamen te zitten. Opmerkelijk! Rechte vervoerssystemen raken verstopt, kronkelende transportbanen stromen door. Gecorrigeerde rivieren accumuleren sediment en kronkelige rivieren zorgen voor schoon helder water!

De Zweedse vernieuwers Curt Hallberg en Morten Oveson ontwikkelden een niet-lineair wiskundig model om de kracht van een draaikolk te voorspellen. Door de draaikolktechnologie kunnen we nu vervuilde chemische oplossingen vervangen door natuurkundige oplossingen. De potentiële energiebesparing van draaikolktechnologie en toenemend begrip van de natuurlijke vorm van een draaikolk leveren een overvloed aan kansen op voor bedrijven en samenlevingen. Als we die inzichten combineren met daken die zijn afgekeken van de Namibische kever en afwisselend bekleed met hydrofoob en hydrofiel materiaal, kunnen we het energie- en materiaalverbruik verminderen en bovendien boven op een gebouw water genereren. Van daar kan het met behulp van de wet van de zwaartekracht het gebouw in stromen. Met draaikolktechnologie kan hetzelfde 'grijze' water waarmee op de tiende verdieping kleding wordt gewassen een of twee verdiepingen lager worden hergebruikt, waardoor de verspilling van water met een factor 5-10 kan afnemen.

Het nieuwe Zweedse bedrijf Watreco levert een apparaat dat met behulp van de door hen gepatenteerde vortexprocesstechnologie lucht uit water haalt.

Dat is aantrekkelijk voor iedereen die grote hoeveelheden ijs moet produceren of bewaren. Bij het maken van ijs wordt zowel water als lucht bevroren. Lucht is een isolatiemiddel. De energie die nodig is om ijs in ijshockeystadions en ijsbanen te bevriezen en bevroren te houden is dus afhankelijk van de hoeveelheid lucht in het water. Door de lucht met de draaikolktechnologie te verwijderen wordt energie bespaard (tot 43 procent, volgens onderzoeken van de Ohio State University). De technologie leidt tot kostenvermindering en vermindert de bijdrage die het maken van ijs via de uitstoot van broeikasgassen uit ijsmachines aan de klimaatverandering levert doordat per jaar 100.000 kilowattuur minder energie wordt gebruikt.

Wat uit zakelijk oogpunt echter de doorslag geeft is dat een van draaikolkwater gemaakte ijsvloer glashelder is, waardoor het mogelijk is reclame goed zichtbaar onder het ijs te plaatsen. Normaal barst het ijs onder het gewicht van ijshockeyspelers, omdat de vorming van ijskristallen als gevolg van luchtbelletjes onvolmaakt is. Wanneer de lucht wordt verwijderd, blijft de ijsvloer helder, zelfs onder het gewicht van de kriskras schaatsende spelers. Adverteerders met geslonken budgetten zien ongetwijfeld het bijkomend voordeel in van het feit dat hun logo bij sportuitzendingen goed zichtbaar is. Misschien worden ze zelfs gemotiveerd de rekening te betalen. Dat zou weleens een strategische, nieuwe en zakelijke tactiek kunnen zijn: adverteerders die betalen voor energiebesparende apparaten.

De opbrengsten van extra advertentie-inkomsten zijn een veelvoud van de energiebesparing en kunnen op diverse manieren worden gemeten. Terwijl er grote bedragen kunnen worden binnengehaald via contracten met grote ijshockeysponsors over de hele wereld, kan het helderder ijs op duizenden kleinere ijsbanen tot extra inkomsten leiden en de druk op lokale overheidsbudgetten verminderen. Het is interessant dat de gemeentelijke ijsbaan in de plaats Telluride in Colorado na het waterbedrijf de grootste energieverbruiker van de stad is. Onlangs schafte de gemeente een vortexstelsel aan voor de ijsbaan. De energiekosten daalden vanaf 2010, toen het stelsel geïnstalleerd werd. In Zweden had de stad Malmö al snel in de gaten welke besparings- en winstmogelijkheden de vortextechnologie bood en werd een volledig stelsel om ijs te maken aangelegd. David Henderson, hoofdtrainer van het nationale Franse mannen-ijshockeyteam vertelt wat zijn spelers zeiden over het met de vortextechnologie geproduceerde kristalheldere ijs: 'De sterspelers prijzen unaniem de verbeterde ijskwaliteit voor wat betreft hardheid en duurzaamheid. De ijsvloer is ook transparanter, wat leidt tot een tweede grote verbetering: de zichtbaarheid van de reclame op het ijs voor de sponsors.'

De waarde die door zulke natuurkundige toepassingen wordt gecreëerd is enorm en overtreft verre de investeringskosten. Daarbij lijken zelfs de energiebesparingen een bijkomend voordeel. Een eenvoudige techniek leidde tot nieu-

we concurrentiekracht in de reclame die op het eerste gezicht niets met lucht, energie of ijs te maken had. Naar schatting zijn er 16.000 overdekte ijsbanen over de hele wereld. Als die de technologie allemaal overnemen, zouden de besparingen op elektriciteit ongeveer 200 miljoen dollar per jaar zijn. En wat nog mooier is, de kosten worden al in het eerste jaar terugverdiend.

Natuurlijke manieren van brandbestrijding

Ooit werd asbest geprezen als een natuurlijke, minerale vezel voor onbrandbare dakbedekking en -isolatie. Helaas werd onomstotelijk vastgesteld dat asbest kankerverwekkend is. Het is nog steeds op de markt, zelfs tientallen jaren nadat onomstreden wetenschappelijke en medische studies het bewijs hiervan hebben geleverd. Nog ironischer is het dat landen als Canada, die trots zijn op hun progressieve benadering van duurzaamheid, in de eenentwintigste eeuw nog steeds asbestwinning in open mijnen toestaan.

Zowel in Europa als in de VS is het gebruik van asbest sterk aan banden gelegd. Enkele schikkingszaken van een paar miljard dollar hebben ervoor gezorgd dat de industrie haar interesse in het verdere gebruik ervan heeft verloren. Maar er is nog de andere kant van de medaille. Over de hele wereld wordt het gebruik van brandvertragers in veel artikelen, bijvoorbeeld kinderkleding, autostoelen, interieurtextiel, vliegtuigen en kantoormeubilair wettelijk voorgeschreven. De speurtocht naar een familie van chemische stoffen die brandgevaar als gevolg van sigarettenpeuken of kaarsen vermindert heeft de ontwikkeling gestimuleerd van chemicaliën op basis van broom en halogeen. Die brand- en vlamvertragers werken inderdaad. Het enige vervelende is dat ze ook kankerverwekkend lijken te zijn. Erger nog, zoogdieren in het poolgebied slaan deze brandvertragende stoffen op in hun vetweefsel in het algemeen en hun voortplantingsorganen in het bijzonder. Iedereen is het erover eens dat deze chemische stoffen in het Noordpoolgebied zijn aangetroffen. Aangezien niemand kan verklaren hoe ze er zijn gekomen, is er geen verifieerbaar verband met producten op basis van broom en halogeen en daarom kan er geen wettelijke verantwoordelijkheid worden vastgesteld. De industrie zal de producten blijven produceren en verkopen.

Zullen de consumenten de verwoesting die door het storten en verbranden van halogenen en broom wordt aangericht blijven negeren? Wetenschappers vragen zich af of ijsberen sneller zullen uitsterven als gevolg van onvruchtbaarheid door chemische stoffen of doordat hun leefgebied is verstoord door de klimaatverandering. Er zijn enkele alternatieven, zoals vlamvertragers op basis van fosfor, op de markt gekomen, maar volgens de industrie zijn die alternatieven niet zo doeltreffend als broom.

Mats Nilsson, wetenschapper en oprichter van de Zweedse firma Trulstech Innovation, heeft een portefeuille aan gels en poeders op basis van ruim voorhanden voedselveilige ingrediënten ontwikkeld die hij *molecular heat ea-*

ters (MHE) noemt. De producten worden met succes op de markt gebracht door Deflamo AB uit het Zweedse Malmö. Dat is zinvol. Ons lichaam heeft het unieke vermogen om hitte en zuurstof te regelen. Als hitte bij een brandhaard wordt afgevoerd en als zuurstof wordt omgezet in koolzuur bestaat er geen brandgevaar. De meeste scheikundestudenten leren dat als de krebscyclus. Dit is een waardevolle vervanging: neem in plaats van kankerverwekkende chemische stoffen die een negatieve invloed op onze gezondheid hebben voedselveilige grondstoffen die overvloedig en voor een vergelijkbare prijs voorhanden zijn. Stelt u zich het concurrentievoordeel van Nilssons brand- en vlamvertragers eens voor. U hoeft niet meer te kiezen tussen een onmiddellijke dood door brand of een langzame dood door kanker. We kunnen producten die het leven vernietigen vervangen door producten die het leven bevorderen. De biochemische stoffen die nodig zijn voor Nilssons uitvindingen kunnen worden onttrokken aan druivenpulp, een bijproduct van de wijnbereiding, of aan citruschillen, afval van de sapproductie.

Deze producten laten de voordelen van het blauwe-economiemodel goed zien. Het allermooiste van Nilssons technologie is dat ze mogelijk grote ecologische uitdagingen kan oplossen. Wanneer bosbranden verwoestingen aanrichten in Californië of Colorado stort de US Forest Service vanuit de lucht chemische stoffen over de brandgebieden uit. Nu kunnen we in zulke gebieden stoffen gebruiken die geschikt zijn voor consumptie in plaats van met fosforhoudende middelen, en snel hulp bieden bij branden zonder het ecosysteem schade te berokkenen.

In de toekomst zou deze technologie ook kunnen worden gebruikt om het ontploffingsgevaar in mijnen uit te bannen. Overmatige concentraties natuurlijk methaan in mijntunnels kunnen tot ondergrondse rampen leiden wanneer het mijngereedschap vonken afgeeft. Om het risico op vonken te beperken is het mijngereedschap tegenwoordig van kostbare nikkel- en kobaltlegeringen gemaakt. Door de al aanwezige luchtkanalen te benutten om veilige brandvertragers in de mijnruimte te vernevelen, kunnen vonken worden gesmoord en explosies worden voorkomen. Bovendien zou daardoor de behoefte aan kobalt en nikkel afnemen en ook de noodzaak om die te verwerken tot hoogwaardige metalen, wat kostbaar is.

Deze vooruitgang in de toegepaste natuurkunde, fysiochemie, chemie en biologie geeft ons reden om te geloven dat door de natuur geïnspireerde innovaties een nieuwe economie gestalte kunnen geven. In een recent interview verklaarde Achim Steiner, directeur van het VN-milieuprogramma: 'Veel technologieën worden al commercieel toegepast. We hebben het niet meer over theorie, het gaat om echte resultaten in de echte wereld en op de echte markt.'

Oplossingen tonen

De cruciale relatie tussen de wetten en theorieën van de natuurkunde en de basisvoorwaarden van de wijze waarop wij produceren, consumeren en overleven krijgt momenteel niet veel aandacht in de natuurkundeles. Toch kunnen we door het observeren van de basisbeginselen van de natuurkunde tot het besef komen hoe door minieme veranderingen in luchtdruk, temperatuur en vochtgehalte uitstekende producten en processen ontstaan die de resultaten van genetische modificatie qua vernuft, precisie en doelmatigheid verre overtreffen. In plaats van de biologie van het leven te manipuleren kunnen we ons laten inspireren door de manier waarop de natuur de natuurkunde benut.

Snelle, eenmalige oplossingen lijken geen soelaas te bieden voor de complexe problemen waarmee we geconfronteerd worden, zowel in onze eigen woonplaatsen als in onze grotere woonplaats, de aarde. Succesvolle toekomstige industrieën zullen de basis van de wetenschap opnieuw onderzoeken en zich voor innovatieve oplossingen in de eerste plaats door de natuurkunde en in de tweede plaats door de scheikunde laten inspireren. Als we nadenken over de onderliggende krachten en de systeemcondities die de door de natuurkunde gedicteerde resultaten voorspellen, dan zullen we begrijpen waarom de chemie in de natuur aanzienlijk verschilt van de chemie die ons leven tegenwoordig domineert. De weinige moleculen die natuurlijke producten en productieprocessen bevatten, getuigen van de best mogelijke toepassing van de fysica. De gekko en de mossel tonen ons twee voorbeelden van kleefsystemen, elk optredend binnen duidelijke fysische parameters. Al zijn groene chemie en zelfs duurzame biologie belangrijke doelen, als we dieper kijken zien we de krachten die beide hebben bepaald. Waar mogelijk laten modellen van blauwe economie zich leiden door de natuurkunde. Zo'n andere aanpak overtreft die van marktleiders.

Misschien is dit wel de logica die we in een tijd van economische crisis moeten nastreven. In plaats van gebruik te maken van chemie – traditionele of groene – laat de natuur ons zien hoe het zonder chemie kan. We moeten verder gaan dan een gesloten kringloopsysteem en alles recyclen. We moeten veel bestanddelen uit de kringloop verwijderen door toepassing van natuurkunde. De groene chemie en de duurzame biologie staan voor de uitdaging om financiering te vinden en hun weg te zoeken door de lange goedkeuringsprocessen die de overheden van ontwikkelde landen eisen. Die belemmeringen verhinderen de snelle zakelijke veranderingen die de economische crisis vereist. Nu we op grond van het waarnemen en implementeren van waar de natuur toe in staat is tot nieuwe inzichten komen, moet een concurrerende marktstructuur worden gestimuleerd om snelle procedureregels te bevorderen.

Stelt u zich eens voor welke gevolgen zulke innovaties kunnen hebben voor het bouwen. Bijna vijftig voorbeelden van onze lijst van honderd kunnen in huizen, kantoren en fabrieken toegepast worden. Gebouwen waarin deze technolo-

gieën worden benut zijn in de eerste plaats gezonder voor hun gebruikers. Het bijkomend voordeel, zoals te zien is in het Centre Pompidou in Frankrijk, is dat iedereen die de kans krijgt om zo'n gebouw te verkennen ziet hoe elegant de wetten van de fysica er zijn toegepast. Wanneer we de principes van de blauwe economie toepassen kan het gebruik van niet-hernieuwbare energiebronnen inkrimpen tot slechts een fractie van wat het ooit geweest is, met minder investeringen en minder kosten. Stelt u zich eens voor dat we deze innovaties en creatieve bedrijfsmodellen op steden toepassen. Er zouden ware *smart cities* en ecosteden ontstaan.

Een blauwe economie is meer dan efficiëntie en een beter rendement op investeringen. Veel van wat we denken nodig te hebben is compleet overbodig en kan worden vervangen door producten en methoden die beter en eenvoudiger zijn dan die we nu meestal gebruiken. In de blauwe economie kunnen we 'iets' vervangen door 'niets'. Door deze alternatieven wordt de economie niet zwakker maar juist sterker, doordat materiële hulpbronnen en geld beschikbaar komen. Met een pakket aan innovaties op basis van pragmatische oplossingen voor belangrijke kwesties die veel soorten op aarde al zijn tegengekomen en hebben opgelost, kunnen we het concurrentiemodel een andere inhoud geven. Deze inzichten kunnen een bijdrage leveren aan de oplossing van veel duurzaamheidsproblemen waar we nu voor staan en ondernemers tegelijkertijd macht en prioriteit verlenen. Door wegen te creëren waarmee we de basisbehoeften van iedereen – water, voedsel, gezondheidszorg, huisvesting, energie en werk – kunnen vervullen met wat makkelijk voorhanden is, zullen we vanaf de grond een blauwe economie opbouwen die niemand uitsluit.

De hier gepresenteerde voorbeelden zoals dauwpuntbeheersing door de wisselwerking van kleur, hittegeleiding en hydrofilie, zetten ons op het spoor van nieuwe denkpatronen. Bij het ontwerpen van een gebouw of een woning hoeft het niet meer te gaan om energiebesparing. In plaats daarvan kan het nu gaan om het inwisselen van oude ideeën over isolatie, zoals polyurethaan, door nieuwe. Dat is een verfrissende aanpak. De groei-economie werd altijd gestuwd door meer consumptie en investering. Nu vormt consumptievermindering een economische stimulans, waarbij een grondstof of een proces waarin harde chemische oplossingen worden gebruikt, wordt vervangen door een oplossing die louter gebruikmaakt van de eigenschappen van de natuurkunde.

Iets... wordt vervangen door... niets. Zo wordt de toon gezet voor ons nieuwe model van de blauwe economie.

TEGENWOORDIG HEBBEN WE EEN TIJDELIJKE
ABERRATIE, HET 'INDUSTRIËLE KAPITALISME',
DAT ACHTELOOS ZIJN TWEE BELANGRIJKSTE
KAPITAALBRONNEN VERWOEST –
DE WERELD VAN DE NATUUR EN GOED
FUNCTIONERENDE SAMENLEVINGEN.
GEEN VERSTANDIGE KAPITALIST
ZOU DAT DOEN.

Amory Lovins

5

MARKTLEIDERS WIJZEN DE WEG

Uit kleine zaadjes groeien grote bomen

In 2014 hadden de in dit boek besproken innovaties naar schatting 3 miljoen banen gecreëerd. Hoe bemoedigend dat ook is, het is maar een druppel voor een wereld die een brede rivier, 1 miljard nieuwe banen, nodig heeft. Terwijl het redden van achterhaalde bedrijfstakken en financiële instellingen waarschijnlijk geld over de balk smijten is, kunnen investeringen in innovaties die deel uitmaken van een systematisch opgebouwde portefeuille de katalysator vormen waar de wereldeconomie dringend behoefte aan heeft. Zelfs iemand zonder bedrijfservaring en met weinig kennis van de fundamentele beginselen van blauwe economie kan de kans krijgen om als ondernemer te slagen. Als een nieuwe oplossing minder kapitaalsinvestering of energie vereist, of als meerdere inkomstenbronnen voorhanden zijn, dan zijn startkapitaal of micro-investeringen misschien wel de enige stimulansen die nodig zijn om aan de gang te gaan.

De crisis zorgt voor een unieke vrijheid om te innoveren en biedt jonge, snelle bedrijven die voorzien in elementaire behoeften een waaier aan mogelijkheden die gevestigde bedrijven laten liggen omdat ze er geen belangstelling voor hebben of weinig kans van slagen zien. De ventures waar wij aan denken kunnen unieke mogelijkheden bieden tot het heroriënteren van onze economie. In binnensteden, op het platteland en in buitenwijken, in noord, zuid, oost en west hebben we de kans om innovaties en bedrijfsmodellen in te voeren die beter tegemoetkomen aan onze economische behoeften dan tweehonderd jaar industriële vooruitgang heeft gedaan.

In de laatste twee maanden van 2008 alleen al leidde de mondiale financiële

crisis naar schatting tot een nettoverlies van 50 miljoen banen in landen met opkomende economieën. De aanhoudende crisis heeft nog eens 200 miljoen mensen in extreme armoede doen vervallen. Spanje en Griekenland hadden in 2012 te maken een werkloosheidspercentage van 25 procent, en de jeugdwerkloosheid is zelfs meer dan 50 procent. Volgens de Internationale Arbeidsorganisatie (ILO) bedraagt het aantal 'werkende armen' 1,4 miljard mensen, oftewel de helft van de arbeidsbevolking van ontwikkelingslanden. Hoe kunnen we zulke onrechtvaardigheden verdragen? Hoe kunnen we zo'n verlies van menselijk potentieel dulden? Daarom moeten we ons dringend richten op oplossingen die de levens van velen kunnen veranderen. Het garanderen van bestaanszekerheid betekent dat mensen voedsel, onderdak en comfort hebben, voor hun gezin kunnen zorgen en een zekere waardigheid en tevredenheid putten uit de bijdrage die ze met hun arbeid leveren. Innovaties waarin het kringloopsysteem van de natuur wordt nagebootst, kunnen een uitnodiging zijn voor een mooiere, rijkere toekomst, waarin diversiteit tot bloei komt. De banen die daardoor kunnen ontstaan zouden weleens in de honderden miljoenen kunnen lopen.

Nieuwe mogelijkheden, nieuwe perspectieven

We kunnen de huidige economische onrust die de wereld in zijn greep heeft vergelijken met wat de natuur doet bij vulkaanuitbarstingen en wervelstormen. Hoewel dergelijke natuurrampen verwoesting aanrichten en tot een tragisch verlies van levens leiden, herstellen zulke extreme situaties ook de werking van omgevingscondities. Het zijn uitzonderingen die de regel bevestigen. Dergelijke uitzonderingen zetten hele systemen enorm onder druk, maar ze bieden ook een opening voor nieuwe mogelijkheden en oplossingen die er eerder niet leken te zijn.

Bij verwoesting op zo'n fundamenteel niveau ontstaat, economisch gezien, een compleet nieuwe weg naar de markt. Innovaties die de duurzame ketens van de natuur nabootsen en gebruikmaken van de wetten van de natuurkunde hebben kans van slagen, omdat ze het niet moeten hebben van bestaande bedrijfsmodellen. Ze concurreren simpelweg niet volgens dezelfde regels. Batterijen worden vervangen door geen batterijen, medische hulpmiddelen, operatieve behandelingen en geneesmiddelen worden vervangen door 'geen van bovenstaande alternatieven'. In plaats van voortdurend bezig te zijn met afval worden 'productieresten' benut om meer inkomsten te creëren dan de kernactiviteit van een ander bedrijf in een heel andere sector oplevert. Dat is in wezen de reden waarom we nu, meer dan op enig ander moment in de recente geschiedenis, de mogelijkheid hebben om miljoenen banen te genereren én tevens een oplossing te vinden voor schaarste, vervuiling en afval. Bovendien zijn er zo veel makkelijk verkrijgbare grondstoffen die niet in aanmerking worden genomen: er groeien miljoenen distels en brandnetels, die vernietigd worden omdat ze wor-

den beschouwd als onkruid. Duizenden mensen in honderden landen zullen de principes intuïtief begrijpen en beseffen welke kansen ze bieden. Hun werk zal een keten vormen met het werk van anderen en kansen scheppen voor nóg meer mensen. Deze aanpak vanaf de wortel bootst de modellen van de natuur na. Zulke innovaties zijn beproefd en de oplossingen zijn reëel.

Deze kansen zijn gebonden aan de realiteit dat het gebruik van niet-hernieuwbare hulpbronnen een zwakte is. Het gebruik van giftige bestanddelen is dat al helemaal. Het niet gebruiken of vernietigen van middelen die niet als onderdeel van de kernactiviteit worden gezien is een gemiste kans en een belangrijk zwak punt. Het afstoten van duizenden banen is niet bevorderlijk voor de klantenbinding; verzet tegen verandering en het ontvangen van overheidssteun zijn weer andere vormen van verspilde energie. Ze wekken geen vertrouwen en leveren op de lange termijn geen succes op.

In de afgelopen twintig jaar hebben vooraanstaande geleerden, academici en leiders veel van de doorbraken die in dit boek worden beschreven op overtuigende wijze gepresenteerd. Over de hele wereld hebben diverse onderzoekers voorbeelden van natuurtechnologie onder diverse namen geïntroduceerd. Veel voortreffelijke en enthousiaste onderzoekers en vernieuwers hebben ervoor gezorgd dat de belangstelling voor dit terrein gegroeid is. Naarmate de noodzaak van natuurtechnologie internationaal tot het bewustzijn doordrong werden onderzoeksgelden toegekend aan innovatieve studies die bedrijven in de richting van duurzaamheid zouden kunnen sturen. De media brachten die innovaties in verhalen met prachtige foto's en films. Tv-programma's bereikten een groot en bewonderend publiek dat benieuwd was naar steeds weer nieuwe fascinerende prestaties van planten of dieren waar mensen zich tot dusver geen voorstelling van hadden kunnen maken.

Toch bleef het topmanagement in bedrijven afwijzend. Met uitzondering van enkele gevallen, met name in Duitsland en Japan, gingen marktleiders deze technologieën niet overnemen of stimuleren. Het bedrijfsleven wilde de mogelijkheden niet nader bekijken en reageerde nauwelijks op voorstellen. Leiders uit het zakenleven woonden presentaties bij over deze prachtige kansen en uitte hun enthousiasme. Toch keerden ze terug naar hun kantoor om gewoon verder te gaan met waar ze mee bezig waren. Bij het deskundigenpanel van Al Gore over oplossingen voor de klimaatverandering in januari 2008 in New York werd vaak gezegd dat het durfkapitaal zijn antennes op de natuurtechnologie had gericht, maar dat de meeste voorgestelde innovaties gewoon 'te anders waren om aan te kunnen slaan'. Misschien is dat wel waar, want ze veranderen in wezen het huidige bedrijfsmodel, en deskundigen uit het bedrijfsleven die niet bereid of niet in staat zijn om zich aan te passen, zullen weinig van die nieuwe benaderingen begrijpen en er weinig gevoel bij hebben.

Als we het ontwerpen van een nieuw economisch model, rijkelijk geïnspi-

reerd door de natuurlijke oplossingen die zich in de loop der tijd hebben ontwikkeld, serieus nemen, dan is het niet genoeg om lezingen bij te wonen, rapporten te lezen, fraaie documentaires te bekijken en na te denken over verbanden. Er moet een flinke horde worden genomen om van woorden tot daden te komen. Het is essentieel om deze innovaties op concurrerende en strategische wijze door krachtige actoren in een open economie te positioneren. Zo kan een weg gevonden worden in een concurrerende omgeving, van het ontdekken naar weten hoe de wetenschap werkt tot het vervangen van het huidige ongezone en niet-duurzame productie- en consumptiemodel door iets beters.

Hoe zetten we onze huidige sociaal-economische neergang en ons huidige economische systeem dat jammerlijk behoefte heeft aan verbeteringen om in een systeem dat het leven bevordert, het herstelvermogen stimuleert, uitgaat van wat er voorhanden is, vertrouwt op duurzame praktijken, met de stroom van de natuurkunde meegaat, ontelbare mogelijkheden biedt tot leren, zich aanpast aan veranderende omstandigheden, tegemoetkomt aan basisbehoeften, opbouwend is voor de gemeenschap, leidt tot meer gevoel van verantwoordelijkheid, banen genereert, een veelvoud van inkomsten oplevert en uitdagingen biedt? Wanneer de samenleving als geheel ongeïnteresseerd en niet betrokken blijft, lopen we het risico dat onze kinderen tegen dezelfde fouten aanlopen als wijzelf: oorlogen, schendingen van de mensenrechten, wereldwijde hongersnood en grootscheepse armoede. Er is behoefte aan het bevorderen van de vrijheid om naar verbetering te streven, de vrijheid om zich te bezinnen en opnieuw na te denken, om te zoeken naar oplossingen die rechtvaardig, billijk en evenwichtig zijn. Of het nu gaat om frisse, jonge gezichten in chique kinderdagverblijven op Manhattan, of vuile, door ontbering getekende gezichten in de favela's van Ecuador, de nieuwe generatie laat zich inspireren door mogelijkheden die levend in haar omgeving aanwezig zijn. Waarom laten onze zakelijke leiders het afweten? Zijn er voldoende ondernemers om onze economische systemen zo te transformeren dat we als samenleving verder kunnen komen dan alleen maar te consumeren en de middelen die ons ter beschikking staan uit te putten?

Jazeker, de rijkdom aan innovaties die we voor ons zien is de drijvende kracht voor deze dringend noodzakelijke economische verandering. Stelt u zich eens een economie voor zonder schaarstesyndroom. Stelt u zich een economie voor die zich ontwikkelt naar toereikendheid, waarin stressmomenten een katalysator vormen tot overvloed, waarin een constante impuls bestaat om innovatie op steeds meer creatieve manieren te stimuleren. Stelt u zich eens een economie voor die nieuwe generaties aanmoedigt succesvoller te worden dan hun ouders, meer nog dan hun ouders zich konden voorstellen.

Ongebaande paden betreden

Hoewel het toepassen van het cascademodel misschien wel het aantrekkelijkste is voor bedrijven met een brede, krachtige maatschappelijke missie, de kans om in de nieuwe economie banen te genereren is niet afhankelijk van de arbeidsanalyses die in de negentiende en twintigste eeuw tot grotere arbeidsproductiviteit leidden. Niet de traditionele industrie, *manu-facture*, zal nieuwe mogelijkheden voor het scheppen van banen opleveren, maar *eco-facture*. De nieuwe industrieën die ontstaan zullen gebruikmaken van processen die voldoen aan dezelfde fysische regels die de natuur volgt.

Agressieve chemische stoffen, veredelde metalen en andere vervuilende en niet-hernieuwbare grondstoffen worden vervangen door oplossingen die door middel van eenvoudige natuurkunde – zwaartekracht, druk en temperatuur – tot stand komen. Eco-facture zal energieslurpende en giftige processen vervangen door bewerkingen zonder koeling of verhitting, waarbij gebruik wordt gemaakt van natuurlijke drukvariëaties en andere natuurkundige principes om goederen te produceren. Afval zal een hulpbron worden, misschien zelfs een motor van de economie. Lokaal voorhanden grondstoffen worden geïntegreerd in de grondstoffenstroom. Marktstandaarden zullen veranderen en creatieve ideeën krijgen de voorrang op stagnerende bedrijfsnormen waarbij gevestigde belangen veranderingen in de inkomstenstromen uitsluiten.

Veel bedrijven opereren tegenwoordig nog steeds volgens de gevestigde opvattingen van managementopleidingen waarin niet wordt gestimuleerd om grensverleggend te denken. Dat is een model dat niet verder komt dan de vijf managementprincipes die hieronder beschreven worden. In werkelijkheid kunnen die principes een belemmering zijn voor vooruitgang, en zelfs tegenstrijdig zijn met een model dat ons de middelen kan bieden om tegemoet te komen aan de essentiële behoeften van onze tijd. Het is niet alleen onze uitdaging om ongebaande paden te betreden, maar ook om een manier te vinden om binnen de configuratie van die principes te werken en daarbij oude beperkingen te vervangen door nieuwe mogelijkheden.

Vele jaren geleden werd aan Soichiro Honda, grondlegger van de Honda Motor Company, gevraagd of hij een bedrijfsanalyse op basis van de sterke en zwakte punten van zijn eigen bedrijf en die van zijn concurrenten had laten maken toen hij overwoog om naast motoren en bromfietsen ook auto's te gaan produceren. Hij antwoordde: 'Als ons team een bedrijfsanalyse had laten maken, zouden we het nooit hebben aangedurfd ons met auto's te gaan bezighouden.' Snel voegde hij eraan toe: 'Ik heb gewoon een lijst gemaakt van de zwakte punten van 's werelds grootste autofabrikanten, en die lijst was vrij lang.' Daarna werd hij een van de bekendste Japanse autofabrikanten.

Managementprincipe 1: kernactiviteit bepaald door kerncompetentie

Afgestudeerden van moderne businessschools gaan ervan uit dat elk initiatief moet worden onderworpen aan een grondige bedrijfsanalyse, waarbij gedetailleerde rapporten moeten worden opgesteld en duidelijke strategieën in kaart moeten worden gebracht om succes te boeken en concurrentiekrachten af te weren. Directeuren en managers worden getraind om en verondersteld te werken binnen nauwkeurig omschreven velden waarin succes wordt afgemeten aan duidelijke parameters. Als een bedrijf niet concurrerend is, is het niet levensvatbaar. Het verwerven van een marktaandeel betekent dat consumenten herhaaldelijk een product kopen wanneer dit wordt aangeboden tegen de als ideaal beschouwde combinatie van prijs en kwaliteit. Zodra het goed in de markt ligt houdt dit model verandering tegen en wordt bijkomende schade voor het milieu en zelfs de samenleving als geheel vergoelijkt. De kortzichtigheid die een op de kernactiviteit gerichte aanpak aankleeft, kan zelfs tot gevolg hebben dat managers zich niet bekommeren om sociale ethiek, en dat er met twee maten wordt gemeten. Opmerkelijk genoeg komen bedrijven vaak tot de conclusie dat het 'minder slecht' doen hetzelfde is als het goed doen.

In de afgelopen halve eeuw hebben managers zich laten leiden door de begrippen kernactiviteit en kerncompetentie. Als zich een nieuwe benadering ontwikkelt die ruimer is dan de kerncompetenties toelaten, kan het management die soms erg moeilijk accepteren. Bovendien kan een nieuwe technologie niet louter op basis van kerncompetenties op de markt worden gebracht. Ook al is een marktleider ervan overtuigd dat een nieuwe technologie een kans vormt om concurrentievoordeel te behalen en marktaandeel te krijgen, er is geen garantie dat die technologie wordt goedgekeurd om verder te worden ontwikkeld. Vaak zijn op deze nieuwe terreinen eerder ondernemers actief die niet tot de zogenoemde marktleiders horen. Nieuwe technologische platforms en de vereiste nieuwe competenties maken dat een startend bedrijf geen ervaring hoeft te hebben in een bedrijfstak.

Neem het voorbeeld van de pacemaker. Al vijftig jaar is dit operatief geïmplanteerde medisch apparaat de oplossing voor een onregelmatig hartritme. De energie van de pacemaker wordt geleverd door een batterij in de buurt van het sleutelbeen. Onze huidige, stressvolle levensstijl heeft tot gevolg dat er de komende jaren miljoenen pacemakers – die minimaal 50.000 dollar per stuk kosten – nodig zijn. Terwijl iedereen zich richt op de ontwikkeling van efficiëntere batterijen, is er voor de volgende generatie oplossingen voor hartritmestoornissen geen ingreep of batterij meer nodig. De kosten van deze nieuwe interventietechnologie zijn misschien nog geen 500 dollar, de nanobuisjes kosten maar een paar euro.

De introductie van een geleidend nanobuisje dat elektrische stroom van gezond weefsel naar de aangetaste gebieden van het hart brengt, werd geïnspireerd

door het bestuderen van de celkanalen die de geleiding verzorgen in en om het hart van een walvis. Pacemakerfabrikanten zijn van die kennisbank niet op de hoogte. Een regulier bedrijf op het gebied van medische technologie beschikt niet over het fundament om dit nieuwe bedrijf op te zetten. Voor deze innovatie zijn een geleider, koolstofbuisjes, communicatievermogen, natuurlijke energiebronnen en nieuwe ontwerpen van elektronische schakelingen nodig. Zulke nieuwe methoden en instrumenten brengen een massa aan onbekende factoren met zich mee, waardoor marktleiders niet geneigd zijn tot investeringen. Voor dit soort 'ontwrichtende technologie' zijn verder nieuwe medewerkers, onderdelen en bedrijfsplanning nodig, vergelijkbaar met het opzetten van een geheel nieuwe divisie. En het grootste probleem van alles, het invoeren van zo'n innovatieve benadering zou heel goed de lucratieve inkomstenstroom van producenten van medische apparatuur kunnen ondergraven.

Wie durft er een onbekende weg in te slaan, met name tijdens een recessie? Industriegiganten als Boston Scientific en Medtronic zijn niet geneigd voorop te lopen. Als een topdirecteur heeft besloten tegen hoge kosten een uitvinding van een beproefde en succesvolle technologie te kopen, met een gegarandeerd potentieel aan inkomsten, waarom zou hij dan onderzoek financieren en investeringen goedkeuren die dat zouden kunnen ondermijnen? Wie zou deze niet-operatieve aanpak snel overnemen als de daarmee gegenereerde omzet slechts een fractie is van de cashflow die elke operatie het gehele medische systeem oplevert, inclusief chirurgen, anesthesisten, farmaceutische bedrijven en batterijfabrikanten? Het antwoord is duidelijk: niemand die baat heeft bij de huidige markt. Dat leidt tot technologische en institutionele stilstand, waarbij echte vernieuwingen van de markt geweerd worden. Dat is niet in het belang van het welzijn van de cliënt of van lage kosten voor de verzekeringsmaatschappijen. Toch slaagde dr. Jorge Reynolds er in 2013 in twee prototypes te plaatsen in honden, onder toezicht van Medtronic. Hoewel het hierbij niet gaat om een volwaardig testprogramma bij dieren, is het een eerste poging om het idee van een batterijvrije wereld onder de aandacht te brengen van de grootste ondernemingen voor wetenschappelijke apparaten ter wereld.

Een ander voorbeeld is het innovatieve gebruik van de fysische eigenschappen van draaikolken. Op dit moment zijn bedrijven die water ontzouten, ontkalken en zuiveren afhankelijk van chemie en omgekeerde osmose. Om drinkwater te produceren worden chemische stoffen, zoals chloor, toegevoegd om bacteriën te doden, wordt het water ontkalkt met zuren en wordt onder een druk van 55 bar zout onttrokken aan zeewater. Er zijn vergelijkende onderzoeken naar een nieuwe technologie, waarbij met behulp van de oplopende druk in een draaikolk calciet wordt omgezet in aragoniet om het water te verzachten. De uitstekende resultaten leidden tot de ontwikkeling van een chemievrije ontkalker voor warmwatertorens die in Nederland werd ontwikkeld. Door de toe-

nemende druk in de draaikolk gaan de celmembranen van bacteriën kapot, terwijl het water door de toegenomen dichtheid op natuurlijke wijze een temperatuur van 4 °C bereikt, waardoor het zout uitdrijft en het midden van de waterwerveling zuiver en schoon blijft. Dit is een wezenlijk andere aanpak dan die van de marktleiders, hoewel een aantal van hen, zoals Nitto Denko, Siemens en General Electric, deze nieuwe ontwikkelingen misschien wel gaat oppakken. Daarvoor is het niet alleen nodig om vooruit te denken, maar ook om de uitdagingen van de nieuwe technologie onder de knie te willen krijgen en bereid te zijn om nieuwe competenties te leren.

Managementprincipe 2: integraal ketenbeheer

Integraal ketenbeheer betekent dat er vanaf de oogst of inzameling tot het productieproces en later de consumptie toezicht wordt uitgeoefend op de grondstoffen, financiële transacties en toelevering aan de markt. Ook al is een marktleider ervan overtuigd dat een nieuwe technologie een kans vormt om concurrentievoordeel en marktaandeel te behalen, er is geen garantie dat die technologie wordt goedgekeurd om verder te worden ontwikkeld. Ze moet passen in een productie- en distributiesysteem – een leveringsketen – die bij de innovatie al bestond en de doorbraak aankan. Het strategisch management moet zich ervan vergewissen dat onderzoeksideo's op de markt gebracht en geproduceerd kunnen worden.

Bij het invoeren van nieuwe technologieën en nieuwe portefeuilles van producten moeten allerlei activiteiten in een bedrijf samenkomen. Het ontbreken van een gezamenlijke inzet van alle afdelingen, in het bijzonder financiering, ketenmanagement en marketing, kan leiden tot openlijke en verborgen conflicten op basis van persoonlijke belangen – van loopbaanplanning en prestatiebonussen tot bedrijfsbeleid als afschrijvingsregels, belastingplanning en nagestreefde kwartaalcijfers. Uiteindelijk ondermijnen die conflicten vaak elke innovatiestrategie. Er worden in dit boek opmerkelijke innovaties beschreven die perfect passen in een bestaand ketenmodel. Niettemin vormt het ontwikkelen van een marktaandeel een uitdaging die veel standvastigheid en doorzettingsvermogen vereist.

Hier kunnen we kijken naar het voorbeeld van vaccins waarvoor van oudsher een volledig koude keten nodig is, van productie tot transport, levering en opslag bij de medische voorziening die ze toedient. Het ketenmanagement is gebaseerd op strikte temperatuurbeheersing. Als één schakel in de keten uitvalt moeten de bedorven vaccins worden weggegooid en vervangen. In ontwikkelingslanden, waar koeling vaak afhankelijk is van een onregelmatige elektriciteitsvoorziening, is een oplossing gezocht in het investeren in koeling met zonne-energie of propaan om het risico op bederf van vaccins uit te sluiten. Toch zijn er ook innovatieve oplossingen haalbaar.

Bruce Roser en zijn venture-capitalondernemingen Biostability en StablePharma hebben een thermostabiliserende technologie ontwikkeld die is geïnspireerd op een varensoort (*Pleopeltis polypodioides*) en een microscopisch klein ongewerveld dier, het beerdierdje of mosbeertje. Ze gebruiken beerdierdjes bij een vriesdroogstelsysteem om vaccins te bewaren. Omdat de innovatie wordt toegepast met standaardapparatuur kan ze snel in de leveringsketen worden geïntegreerd.

De brandvertragers van Mats Nilsson, gemaakt van natuurlijke voedselveilige ingrediënten, zijn met succes opgenomen in de leveringsketen om te worden verwerkt in spaanplaat (voor meubels of behuizingen), polyurethaan (veel gebruikt in auto's en woningen), en tapijtvezels (voor kantoren, woningen en vliegtuigen). Er kunnen nog honderden extra toepassingen worden ontwikkeld. Hoewel Nilsson de niet-giftige stoffen in de vorm van gel of poeder kan leveren, vereist de gewenste toepassing altijd kleine aanpassingen. Het onderzoek om dit mogelijk te maken kost tijd en geld. Om uiteenlopende grondstoffen als latex, nylon en cellulose te kunnen behandelen is nauwkeurig inzicht vereist in de manier waarop voedselveilige brandvertragers kunnen worden verbonden met de productieprocessen voor deze verschillende materialen. Door gebrek aan grote investeringsfondsen is Nilsson tot nu toe niet in staat geweest om het nodige onderzoek uit te voeren en specificaties te maken van de verbindingen die elk materiaal en proces vereisten. Moeten we nog tientallen jaren wachten voordat giftig halogeen en broom is vervangen door moleculen waarvoor de krebscyclus de inspiratie vormde? Misschien zou een duidelijke, door de consument uitgesproken voorkeur 's werelds grootste huizenbouwers aanmoedigen om dit product te testen, goed te keuren en te gaan gebruiken. Het is te hopen dat reguliere bedrijven als Albemarle, Chematur, of BASF bereid zijn met zulke doorbraken door te gaan.

Managementprincipe 3: outsourcen

Innovaties die erin slagen te voldoen aan eisen voor wat betreft kerncompetenties en ketenbeheer moeten ook passen in het principe van outsourcing. Outsourcing is het proces van uitbesteding aan andere bedrijven, zodat het management zijn tijd, mensen en middelen kan inzetten voor zijn kerncompetentie. Daarvoor is meer nodig dan louter het feit dat een nieuwe technologie door het management van een bedrijf wordt overgenomen. Het bedrijf moet optreden als veranderingsinstrument voor al zijn leveranciers en onderaannemers. Als Daiwa House (Japan), 's werelds grootste bouwonderneming, zou besluiten de brandvertragende stoffen die ze momenteel gebruiken te vervangen, zouden voor elk toepassingsgebied verschillende productvarianten moeten worden ontwikkeld en getest, regelgevende instanties hun goedkeuring moeten verlenen, nieuwe specificaties voor het gebruik moeten worden vastgelegd en de

procedures van meer dan zeshonderd leveranciers en onderaannemers moeten worden gecoördineerd. Dat zou een flinke klus zijn.

Wanneer die innovatieve vlamvertrager geen extra inkomsten oplevert, maar alleen de luchtkwaliteit binnenshuis verbetert, dan leidt het overstappen van de ene naar de andere technologie tijdens economische neergang ertoe dat veel aandacht van het management wordt afgeleid van zijn kerntaken – het waarborgen van de verkoop en het verbeteren van de cashflow. De wens tot verandering zou noodzakelijkerwijs moeten voortkomen uit een groter plichtsgevoel ten aanzien van de gezondheid en het milieu dan ten opzichte van ingesleten managementprincipes.

Een andere technologie, gebaseerd op de fibonaccireeks, leidt aantoonbaar tot efficiënter energiegebruik, waardoor serverbedrijven miljoenen kunnen besparen door hun computerservers met behulp van natuurlijke meetkunde te koelen. Oververhitte computers en gameconsoles, zoals de X-box van Microsoft, zijn een bekend probleem. Het geluid van ventilatoren is hinderlijk. Natuurkenner Jay Harman observeerde tijdens zijn werk bij het Australische ministerie van Visserij en Natuur de geometrie van oceaan- en luchtstromen. Zijn observaties brachten hem tot het formuleren van wat hij het ‘stroomlijnprincipe’ noemde, waarbij efficiënte stromen uit de natuur worden vertaald in gestroomlijnde geometrische vormgeving. De principes die hij van de nautiluschelp en de koedoe-hoorn leerde verbeterden aanzienlijk de prestaties, opbrengst en het energieverbruik van een groot aantal mechanische apparaten voor vloeistofbehandeling, terwijl het lawaai afnam. Hij richtte Pax Scientific op in 1997 en verwierf kapitaal door de verkoop van sublicenties, omdat deze technologie ontegenzeggelijk energiebesparend is. Toch is niet een van zijn toepassingen succesvol op grote schaal toegepast. De vertraging die hij en zijn team hierbij ondervinden heeft te maken met het inbrengen ervan in het ketenmanagement, het reageren op snelle omloopcycli in de computerindustrie en het samenwerken met mondiale outsourcingbedrijven in de computerindustrie. Het aantal octrooien neemt toe en de inkomsten uit voorschotten op sublicenties blijven contanten opleveren voor verder onderzoek. Om zijn eerste megaverkoopdeal af te sluiten moet nog een vierde obstakel worden overwonnen: de goedkeuring van de op een na hoogste financiële baas.

Managementprincipe 4: de cashflow is koning

Ook als nieuwe producten kostenverlagend zijn door geld of energie te besparen, en bovendien nog goed zijn voor het milieu, zullen ze niet automatisch verkopen. In het normale handelsgebruik zijn verbeterde marges mooi, want ze genereren extra geld waarmee nieuwe investeringen kunnen worden gefinancierd. Maar opslag van consumptiegoederen is duur, en consumentenproducten met een snelle omloop, waarvoor veel reclame wordt gemaakt in de media,

betekenen een snellere cashflow. In de huidige economische neergang verminderen reusachtige internationale bedrijven met een brede productportefeuille drastisch het aantal producten in hun aanbod en beperken ze hun catalogus tot producten met de grootste omloopsnelheid en niet noodzakelijk de hoogste winstmarge. De totale cashflow is veel groter met een product dat elke dag verkocht wordt met een marge van 5 procent dan met een product dat maar een keer per maand verkocht wordt met een marge van 50 procent. Just in time-voorraadbeheer voorkomt de opslag van producten, waardoor kapitaal vrijkomt dat anders in opgeslagen consumenten- of industriële producten vastzit. Artikelen met een grote omzetsnelheid zijn aantrekkelijk voor investeerders en aandeelhouders, in het bijzonder bedrijven die elementaire behoeften produceren zoals voedings- en gezondheidsgerelateerde producten die niet zo sterk onderhevig zijn aan op- en neerwaartse economische cycli.

Een ander gevolg van de financiële crisis is dat krediet moeilijk te krijgen is. Wanneer een technologie zoals het vortexapparaat van Watreco om lucht uit water te verwijderen 10 tot 12 procent energie zou besparen, komt het financiële management van een bedrijf tot de conclusie dat die lagere energiekosten het uittrekken van schaarse contanten niet rechtvaardigen. Het geld dat aan de marketing en productie wordt uitgegeven wordt pas na jaren terugverdiend. Dat is voldoende om een aankoopbesluit tegen te houden. Zelfs innovaties die een energiebesparing van wel 20 tot 30 procent opleveren worden tijdens economische neergang waarschijnlijk niet overgenomen. Het idee om investeringen te halen uit de besparingen die ze opleveren maakt deel uit van een onaanvaardbaar model. Innovaties moeten meer opleveren dan energiebesparing; een lagere kostprijs en meer besparen is gewoon niet goed genoeg. Marktleiders hebben alleen het vertrouwen om de nodige investeringen te doen als extra inkomsten verzekerd zijn.

Innovaties moeten kostenbesparend zijn. Dat moet gepaard gaan met een portefeuille met balans, winst en verlies en cashflowoperaties die de financieel directeur van de geldigheid van het voorstel overtuigen. Toen het idee om papier te maken van gemalen steen wetenschappelijk haalbaar was gebleken, namen mijnondernemingen de technologie al snel over, ook al is de kernactiviteit ver te zoeken. Het omzetten van steenafval en gedroogde residuen in grondstoffen voor steenpapier, waarvoor bij de productie geen water nodig is, werd direct goedgekeurd, omdat het de investeringen en langetermijnrisico's van een mijn verlaagt. Omdat het niet meer nodig is een stortplaats of dam aan te leggen vermindert de noodzaak aan contanten op voorhand met 25 procent, waardoor het project makkelijker te financieren is met minder risico. De aanvaarding ervan is haalbaar, aangezien de innovatie tot meerdere cashflows (erts en papier) leidt, wat de besluitvorming versnelt.

Managementprincipe 5: verdringing

Zelfs wanneer de bedrijfsstrategie, de ketenintegratiemanager en de financieel directeur een innovatie steunen, moet het marketingteam nog verleid worden. Uitvinders en vernieuwers moeten het unique sellingpoint ontwikkelen, de unieke kenmerken waarmee een product aan de man kan worden gebracht en het 'verhaal' over dat product succesvol aan potentiële consumenten kan worden gecommuniceerd. In een sfeer waarin men zich zorgen maakt over schaarste is de werkelijkheid dat iedereen opereert in een markt die wordt gekenmerkt door overaanbod. Onze huidige verscheidenheid en keuze van consumentenproducten wordt treffend beschreven door de Franse uitdrukking *l'embarras du choix*: het onbehagen van overvloed.

Met zo veel alternatieven is succes geen gegeven, zelfs wanneer een nieuw product beter en goedkoper is. Het eerste probleem is aandacht te krijgen en het volgende koopkracht aan te trekken. Dat komt vooral door het feit dat de gevestigde marktleiders een strategie volgen die bekendstaat als verdringing. Dat betekent dat er een product komt op basis van dezelfde technologie, met kleine variaties, dat alle mogelijke schapruimte in beslag neemt, of aan iets andere industriële eisen tegemoetkomt. Het idee is kopers het gevoel te geven dat ze precies hebben wat ze nodig hebben. Dat laat niet veel ruimte voor een nieuw product.

Producten en diensten zijn gestandaardiseerd, productie en distributie zijn gestroomlijnd en vereenvoudigd. Diversiteit beperkt zich tot marketinggimmicks en de verpakking – wat erin zit is overal hetzelfde. De elektromotoren voor huishoudelijke apparaten zijn overal in de wereld bijna identiek. Door dergelijke productieprocessen komen de grootste marktaandelen overal in handen van weinigen die zijn gericht op schaalvoordeel: meer van hetzelfde produceren tegen steeds lagere marginale kosten. Is een artikel eenmaal geïntegreerd, dan remmen en belemmeren de zekere geldstromen die ermee gepaard gaan verandering.

De kleefstoffenmarkt illustreert dit dilemma heel treffend. Er zijn honderden lijmen en kleefoplossingen op de markt, die wordt gedomineerd door grote bedrijven als 3M. Henkel, een Duits bedrijf, verkoopt kleefproducten die zijn afgeleid van plantenzetmeel. Feitelijk wordt de markt overspoeld met 'oplossingen'. De mondiale omzet van lijm en kit benadert jaarlijks 50 miljard dollar. Alleen al in Europa investeert de lijm- en kitsector jaarlijks 200 miljoen dollar in onderzoek en ontwikkeling. Dit is een enorme markt met veel onderzoekspotentieel, geconcentreerd in de handen van enkelen die al zo'n breed gamma aan producten hebben dat het voor een nieuw product, hoe creatief en hoe aantrekkelijk ook, moeilijk is een niche te vinden en andere van het schap te verdringen, ruimte in verkoopcatalogi te krijgen of de aandacht van kopers te trekken. Een artikel in *Time Magazine* of *The Economist* levert misschien enige zichtbaarheid

op, maar zolang er geen kant-en-klare bestelbon bij zit, haalt het weinig uit. Ondanks de talloze oplossingen die de niet-duurzame producten zouden kunnen vervangen die nu te koop zijn, zijn de huidige marktleiders niet geneigd dergelijke verandering te steunen.

Daarmee komen we bij een ander aspect van het ontwikkelen en in stand houden van een marktaandeel dat een product op weg naar een centrale positie op de markt kan bedreigen of tegenhouden. Een overvolle markt kan de noodzaak van verdringing overbodig maken. Zodra een nieuw product een nichemarkt heeft veroverd en als een bedreiging voor de marktstandaard wordt gezien, kunnen de industriële reuzen optreden om het nieuwe bedrijf en zijn gepatenteerde technologieën te verwerven. De uitvinder krijgt een gunstige buy-out en de nieuwe technologie kan eenvoudig worden begraven en de consument nooit meer bereiken, simpelweg omdat ze een verstoring vormt van een bestaande cashflow en winstmarge. Zo wordt innovatie op de concurrerende markt geëlimineerd.

De onderkant van de bovenkant

Zo veel oplossingen, zo weinig tijd

Naast alle synthetische oplossingen die al op de markt concurreren zijn er tal van innovaties bekend die zijn geïnspireerd op natuurlijke systemen. De gekko is een populaire nieuwkomer, terwijl klittenbandproducent Velcro® met succes een eigen niche van vele miljoenen dollars heeft gecreëerd. De in Midden-Europa inheemse papierwesp heeft scharen waarmee hij hout mechanisch kan afbreken. Hij eet die stukjes dan op en vermengt ze met waterige verterings-sappen. Daardoor wordt de lengte van de vezels chemisch verkort. Bij het drogen verdampt het water, vormen de cellulosevezels een soort mat en hardt de lijm uit. Het nest is klaar.

In tegenstelling tot papierwespen die een lijmstof op waterbasis gebruiken, bevat de lijm die bijen voor het bouwen van hun raat gebruiken was. Was is vloeibaar op de lichaamstemperatuur van een bij. Bij afkoeling stolt het en blijft het kleven. Bijenwas voldoet daarmee ideaal aan de eisen voor moderne lijmen, bijvoorbeeld de hotmelts. Het is oplosmiddelvrij, maar kan worden opgebracht als vloeistof. De larven van kreeftachtigen als de eendenmossel en de zeepok kunnen zich hechten aan vrijwel elk hard marien materiaal. De hechting komt tot stand door middel van een afscheiding van cementklieren. Die afscheiding bestaat uit een reactieve lijm die zeer goed bestand is tegen water. Voortdurend wordt nieuwe lijm afgescheiden om te zorgen dat de hechting intact blijft.

Deze concurrentie in alleen al de lijm- en kleefstofsector laat zien dat er erg veel mogelijkheden zijn met behulp van natuurlijke oplossingen. Zo kan het zelfs voor een actief managementteam een hele toer zijn om te beslissen welke innovatie het moet steunen. Waar begin je als je onderzoeksafdeling nauwelijks

biologen of biochemici in dienst heeft en de marketing- en productiestrategieën gevangen blijven in het keurslijf van een kernactiviteit op basis van kerncompetenties? De enige weg vooruit is het bedrijfsmodel te herzien en niet alleen de ene technologie door een andere te vervangen.

Groenwassen

Terwijl velen van ons zichzelf als positief en proactief beschouwen, kunnen het enthousiasme van consumenten en de wens van betrokken burgers om een bijdrage te leveren aan duurzaamheid ook een obstakel vormen voor het doorvoeren van echte verandering. Bij ons streven naar groene oplossingen willen we graag maar al te snel een schijnbaar voor de hand liggende weg naar duurzaamheid bewandelen, ook al is dat in werkelijkheid niet zo'n goed idee. In 2006 haastte Europa zich om biobrandstoffen te stimuleren, maar besepte toen dat de plotselinge massale vraag naar grondstoffen, gestimuleerd door consumenten die groene brandstoffen wilden kopen, invloed zou hebben op de beschikbaarheid van maïs die wordt geteeld als voedselgewas. In plaats van maïs voor menselijke consumptie plantten de boeren voedermaïs – geschikt voor vee of voor de fabricage van biobrandstof. De prijzen voor dit basisgewas stegen, waardoor het bereiken van voedselzekerheid in ontwikkelingslanden nog moeilijker werd. De grote vraag naar maïs leverde 's werelds grootste handelaren en verwerkers van agrarische producten winst op, maar veroorzaakte enorme problemen elders. De Verenigde Naties gaven een waarschuwing af, en het werd afgeraden om maïs en palmolie als bronnen van biobrandstof te gebruiken.

Ook vragen we ons terecht af of het zinvol is biologisch afbreekbare zeep te maken van vetzuren die afkomstig zijn van palmbomen op ontbost land dat eerst regenwoud was. We vragen ons af of we wel die heerlijke shiitakepaddenstoelen moeten eten die in gevelde eikenbossen in China worden gekweekt. Als we het grotere plaatje voor ogen houden kunnen we voorkomen dat we al te gemakkelijk een voor de hand liggende oplossing omarmen om later te ontdekken dat deze schadelijk is. Doordat Europa en Amerika overgingen op het gebruik van biologisch afbreekbare zeep werd het leefgebied van de orang-oetan verder vernietigd. Toen ecovriendelijke bedrijven een lijn biologisch afbreekbare zeepen ontwikkelden op basis van de vetzuren van palmoliebomen, leidde het succes dat ze hadden bij het veroveren van een marktaandeel ertoe dat de grote spelers op de markt hen gingen navolgen. Om aan de snelgroeiende internationale vraag tegemoet te komen werden miljoenen hectares regenwoud gekapt en vervangen door gekweekte palmoliebomen. Dergelijke onbedoelde schade is een harde manier om erachter te komen dat biologisch afbreekbaar niet noodzakelijk hetzelfde is als duurzaam. Groene oplossingen die de bestaanszekerheid van armen en het leven van primaten in gevaar brengen zijn moreel onaanvaardbaar en slechts een manier van 'groenwassen'.

‘Groene’ oplossingen die worden gemaakt met giftige grondstoffen of processen en onbedoelde neveneffecten hebben mogen geen duurzaamheidsprijs krijgen. Het is irrationeel om producenten te feliciteren omdat ze minder schade aanrichten, vooral wanneer die schade wordt toegebracht aan het hele ecosysteem waarvan het leven afhangt. De ethisch juiste keuze is om tot méér voordelen te komen, niet om minder schade toe te brengen. Het vervangen van asbest door vlamvertragers op basis van halogeen en broom is bijvoorbeeld geen echte oplossing. Een minder giftige oplossing is nog altijd een giftige oplossing. We moeten zoeken naar oplossingen die niet vervuilend zijn voor zowel onze voedselketen als onze persoonlijke omgeving. We kunnen ons denken aanpassen en onze ambities bijstellen. Het argument dat een beetje gifbelasting geen kwaad kan, is gebaseerd op de redenering dat iets wat bewezen schadelijk, mutageen of kankerverwekkend is, in zeer kleine hoeveelheden kan worden getolereerd. Maar er bestaat geen diagnose ‘een beetje kanker’ – je hebt kanker of je hebt het niet. Hetzelfde geldt voor het idee om zo veel mogelijk geld te verdienen op wat voor manier dan ook en vervolgens een deel van de winst te reserveren om iets bijzonders voor de samenleving te doen. Zo’n compensatiespel is onethisch, maar wordt helaas op grote schaal gespeeld.

Bij het ontwerpen van een blauwe economie vormt het doorzien van diepere verbanden een belangrijke uitdaging. Diverse innovaties zijn de mist ingegaan als gevolg van gebrekkige of kortzichtige processen. Voor een nieuw molecuul ter bestrijding van bacteriën dat werd gepromoot door Biosignal (Australië) werden giftige oplosmiddelen gebruikt bij de productie van de synthetische vorm. Bij de eerste hydrofobe-hydrofiele folie van QinetiQ (VK) om dauw in de woestijn op te vangen werd gebruikgemaakt van chemie die potentieel een gevaar vormde voor de gezondheid van werknemers en consumenten. De cfl-verlichting (spaarlampen) van Osram (Duitsland) levert belangrijke energiebesparingen op en wordt breed geaccepteerd door consumenten, maar het kwik dat bij de productie wordt gebruikt, is en blijft giftig. Het komt in het milieu terecht wanneer de lampen weggegooid en niet gerecycled worden. We kunnen niet met een zuiver geweten voor energiebesparing zijn, terwijl er kwik in het ecosysteem komt. Het is niet dat wij alles uit het verleden slecht vinden. We kunnen het gewoon veel beter, zonder wie dan ook iets te verwijten.

Van 20.000 naar 100 miljoen

Wanneer de markten verslappen en de marges onder druk staan, is het mischien wel het laatste waar het gevestigde management op zit te wachten dat iedereen van de afdelingen onderzoek of productontwerp met een creatief nieuw idee komt, geïnspireerd op de natuur. In die context is het een uitdaging om innovaties te introduceren, zelfs wanneer ze veel toepassingen hebben. Al kunnen we klagen dat het zo moeilijk is om marktleiders van die fantastische dingen te

overtuigen, we hebben meer reden om verheugd te zijn dat zulke innovaties enorme aantallen venturebedrijven en op duurzaamheid gebaseerde banen genereren. Door hun passiviteit zullen de marktleiders van vandaag misschien wel de dinosauriërs van morgen zijn, terwijl er enorme mogelijkheden zijn voor wie bereid is de regels van het spel te veranderen. Uiteraard is het mogelijk dat ook gewone managers kunnen worden overgehaald om ongebaande paden te betreden. We weten allemaal uit eigen ervaring dat als je wanhopig bent je eerder bereid bent een nieuwe aanpak te proberen.

Voor een nieuwe kijk op de toekomst zijn ondernemers op het gebied van de wetenschap, maatschappelijke kwesties, het bedrijfsleven, het milieu en cultuur nodig. We moeten ons afwenden van een economie waar de groeimotor een schuldenlast is waar we onze kinderen en kleinkinderen mee hebben opgezadeld, waarbij we de materiële hulpbronnen van toekomstige generaties verspillen hebben. Misschien zullen we nu merken, als we doorgaan ons verlangen naar verandering te laten horen, nadat we hebben gezien welke tsunamiachtige verwoesting hebzucht, leugens en blindheid hebben aangericht, dat overheid en bedrijfsleven bereid zijn tot een ander inzicht te komen en middelen te reserveren om een blauwe economie te steunen en te ontwikkelen. Misschien kunnen ze nu een stap vooruit doen vanuit de wil om aan de behoeften van iedereen tegemoet te komen met wat we hebben en wat we kunnen delen met degenen die dit nog niet hebben.

**WAT VREEMD DAT DE NATUUR
BINNENKOMT ZONDER TE KLOPPEN,
EN TOCH NIET ONGELEGEN KOMT!**

Emily Dickinson

6

MBA VAN DE NATUUR (MEESTERSCHAP IN BRILJANTE AANPASSINGEN)

Een MBA-diploma (Master of Business Administration) verleent de afgestudeerden een status die hen aantrekkelijk maakt als manager en leider in het bedrijfsleven. Ze hebben geleerd transacties en interacties te analyseren die kunnen bijdragen aan het verminderen van de kosten voor arbeid en grondstoffen, het optimaliseren van de cashflow, het vergroten van het marktaandeel en het afstemmen van het ketenbeheer. Helaas hebben die deskundigen, die tegenwoordig belangrijke zakelijk leiders zijn, weinig voeling met de bewoners en de diverse leefgebieden van onze planeet. Erger nog, door hun beperkte gerichtheid op kerntaken hebben ze geen oog voor levensvatbare kansen buiten hun interesse- of kennisfeer. Onze productie- en consumptiestructuren zijn verouderd en niet in staat te voldoen aan de basisbehoeften van iedereen. Ze moeten óf veranderen óf worden vervangen door structuren die beter voldoen doordat ze in harmonie zijn met al het leven, diversiteit bevorderen en op een rechtvaardige manier voedsel, onderdak, gezondheid en levensonderhoud verzekeren voor iedereen. Met die conclusie richten we onze bewondering en aandacht op het MBA van de natuur – het meesterschap in briljante aanpassingen.

Ecosystemen leveren veel inspiratie op voor het ontwerpen van economische modellen die kunnen voorzien in de behoeften van iedereen. Natuurlijke systemen veranderen altijd, evolueren altijd. Dat is hun kracht en hun schoonheid. Door aandacht te hebben voor de kennis aangeboden door de natuur, kunnen we leren hoe we innovaties kunnen integreren in veelzijdige modellen waarin voedingsstoffen, bouwstoffen en energie kringloopsgewijs worden benut, energie wordt gehaald uit geïntegreerde en duurzame bronnen, structuren zo worden ontworpen dat ze iets kleins weten te bemachtigen en te benutten en

dit omzetten in iets groots, in netwerken die zo efficiënt zijn dat niets wordt verspild en er sprake is van netto-energieopbrengst.

Het bedrijfsleven is niet ontvankelijk voor constante verandering. Alles draait om voorspelbaarheid, controles en audits. In een model op basis van kern-taken en kerncompetenties wordt op zo'n manier naar productiviteit gestreefd dat de natuurlijke weg naar evolutie en verandering eigenlijk wordt afgesneden. Dit is in feite de logica op grond waarvan genetische manipulatie als oplossing wordt gezien. Als je maar weet hoe je genen kunt veranderen, geloof je dat je ook weet hoe je de resultaten daarvan kunt voorspellen. Vooraanstaande industriëlen geven de voorkeur aan een voorspelbaar productiesysteem waarin moleculen met zware chemie blijvend worden gestabiliseerd en genetische modificaties natuurlijke evolutionaire trends smoren. Natuurlijke systemen bieden een andere oplossing. Water is hier het oplosmiddel; moleculaire verbindingen zijn tijdelijk om een hoge mate van biologische afbreekbaarheid mogelijk te maken, zodat moleculen steeds weer opnieuw gecombineerd kunnen worden. In het rijk van de bacteriën vinden genetische modificaties van nature plaats, omdat deze onderdeel zijn van hun evolutionaire route.

Vanuit die uiteenlopende structuren is te verklaren waarom natuurlijke systemen steeds veranderen, terwijl industriële systemen inherent lastig te veranderen zijn. Om verandering tegen te gaan en meer van hetzelfde te bieden, creëren industriële systemen mondiale normen die overal gelden, onder het voorwendsel dat dit kostenbesparend is. Ecosystemen daarentegen verzamelen alles ter plaatse. Ze vervullen hun behoeften met wat voorhanden is. Aangezien ecosystemen goed gedijen bij biodiversiteit ter plaatse, is standaardisatie van weinig nut. Tenslotte is biodiversiteit – het woord zegt het al – gebaseerd op verscheidenheid. Dat verklaart ook waarom nieuwe bedrijfsmodellen op basis van gebundelde innovatiepakketten zullen worden geïmplementeerd door duizenden ondernemers, die ieder hun niche en hun kans zullen vinden door zo goed mogelijk gebruik te maken van plaatselijke omstandigheden.

De industrie is uit op beheersing en standaardisering, fusering en uitbreiding volgens de denkbeeldige curve van het schaalvoordeel, waarbij alle kosten die buiten een smal blikveld vallen geëxternaliseerd worden. Het feit dat er maar een paar soorten tomaten en aardappels in de handel zijn, terwijl er honderden rassen bestaan, en onze belangrijkste gewassen tarwe, maïs en soja in monoculturen geteeld worden, maakt duidelijk waarom de bodem uitgeput raakt en ziekteverwekkers weinig weerstand vinden.

Als we naar de natuur kijken zien we dat ecosystemen naar steeds hogere niveaus van efficiëntie en diversiteit evolueren dankzij de bijdragen van alle spelers. Eeuwenoude jeneverbessen en majestueuze beren zijn misschien wel de meest opmerkelijke bewoners die we op een trektocht door de Rocky Mountains tegenkomen, maar als we beter kijken zien we dat miljoenen andere soor-

ten, meestal onzichtbaar voor het oog, niet alleen een bijdrage leveren aan het hele systeem, maar ook dat die bijdrage cruciaal is. Evolutie impliceert een voortdurende trend naar meer efficiëntie en meer diversiteit. Zo kan het ook met economieën, vormgegeven door ondernemers op alle niveaus van het bedrijfsleven, de wetenschap, de cultuur en het onderwijs.

Zoals Fritjof Capra heeft opgemerkt zijn ecosystemen netwerken van netwerken. Binnen elk netwerk zien we lagen van dezelfde beheerprincipes. Bij ecosystemen draait alles om verbindingen, om iedereen naar beste kunnen te laten deelnemen, binnen duidelijk afgebakende grenzen waar voedingsstoffen en energie in eindeloze ketens worden benut en de wetten van de natuurkunde zonder uitzondering worden gevolgd. Door een kringloopmodel en de principes van de natuurkunde te benutten kan op elke locatie worden voorzien in basisbehoeften, met alles wat lokaal voorhanden is. In plaats van onnatuurlijke schaarste en tekorten zien we in een blauw economisch model overvloed – van voedsel, energie, banen en inkomsten. Hoeveel gemeenschappen zouden hier tegen zijn? Gegeven de mogelijke resultaten, hoeveel ondernemers zouden weigeren het risico te nemen om zulke innovaties op de markt te brengen?

Ook kan iedereen zich voorstellen wat het betekent om te kunnen profiteren van een technologisch platform dat chemische producten vervangt door zuiver fysische effecten, zoals de draaikolk bewezen heeft te doen. Iedereen kan begrijpen wat het voor de voedselzekerheid betekent wanneer koffie- of ander agrarisch afval wordt omgezet in eiwitrijke paddenstoelen, wat inkomsten oplevert uit zowel het afval als de paddenstoelen, en diervoer van hoge kwaliteit. We bouwen sociaal kapitaal op en maken een eind aan misbruik. We veranderen een wereldwijd verhandeld product als koffie in een bron van voedselzekerheid. Uiteraard begrijpt iedereen wat de waarde daarvan is.

Het toerusten van ondernemers

Het model voor een blauwe economie is gebaseerd op de werkelijkheid. Terwijl het verlies van arbeidsplaatsen en de werkloosheid onder jongeren in de geïndustrialiseerde wereld dramatisch zijn, moeten we bovendien de realiteit onder ogen zien dat er als gevolg van de huidige economische wanorde geen plaats op de arbeidsmarkt is voor 1 miljard nieuwe intreders, met name in ontwikkelingslanden. Het feit dat we ons geen zinvolle banen en waardevolle uitdagingen kunnen voorstellen voor een hele generatie, komt erop neer dat jongeren verteld wordt dat er geen toekomst voor hen is, dat zij een verloren generatie zijn. Elke avond gaan meer dan 1 miljard mensen met honger naar bed. Bijna 2 miljard mensen hebben geen toegang tot veilig drinkwater. En wat nog erger is, het huidige economische systeem is gebaseerd op het failliete denkbeeld van schaarste, waarbij groei wordt gefinancierd met schuld die eindeloos wordt doorgeschoven naar toekomstige generaties. Tekorten en tekortkomingen worden beschouwd als een

logische basis en een noodzakelijk kwaad, waaruit een efficiëntere verdeling van middelen zal voortkomen. Diezelfde schaarstementaliteit wakkert het debat over en de maatschappelijke weerstand tegen vernieuwing aan, omdat initiators van verandering worden gezien als een bedreiging voor de baan zekerheid, doordat ze voorstellen werk door geen werk te vervangen.

Om tot een blauwe economie te komen zijn daarom creativiteit en participatie nodig van ondernemers in de wetenschap, op maatschappelijk terrein, in het bedrijfsleven, de ecologie en de media. Natuurlijke systemen kunnen het lokaal ondernemerschap doen groeien, net zoals de evolutie door middel van diversiteit in innovaties meeging. Er bestaan misschien geen betere initiators van verandering dan degenen die jong van geest zijn, klaar en bereid om risico te nemen. Je moet er duidelijk voor weten wat je wilt bereiken, én er is doorzettingsvermogen voor nodig. Gelukkig is het niet nodig om ervaring te hebben in een bepaalde sector, of een hoop geld. Er is wel een degelijk ethisch fundament voor nodig, en je moet weten hoe je tegen alle verwachtingen in een cashflow kunt genereren.

Zoals eerder opgemerkt, is het voor bedrijven met een gevestigde marktpositie misschien wel moeilijk om de in dit boek geschetste innovaties en nieuwe businessmodellen over te nemen. Grote bedrijven die er genoeg mee nemen slechts méér te produceren van wat succesvol is gebleken, beschikken misschien wel over te weinig geavanceerde competenties, of zijn niet bereid beginkapitaal beschikbaar te stellen voor een nieuwe aanpak. Dat is een groot voordeel voor geëngageerde ondernemers. Door hun handelen te baseren op solide wetenschappelijke kennis en zich te laten leiden door hun maatschappelijk en emotioneel bewustzijn kunnen ze deze innovaties zo implementeren en ontwikkelen dat ze veranderingsgolven teweegbrengen die geen enkele zakelijke sector onberoerd laten en hele markten in de richting van duurzaamheid stuwten. Ze zullen in hun doel slagen door succesvolle partnerschappen te ontwikkelen, te profiteren van institutionele bundeling en een gezonde positie op de markt te verwerven door zich te verzekeren van consumentensteun in brede sociaal-economische lagen. Succes op de markt zal het resultaat zijn van het voorhanden zijn van betere producten die minder kosten dan die van de concurrentie.

Een tijd van crisis, wanneer marktleiders gespannen zijn en een aantal van hen zich zelfs op de rand van de ondergang bevindt, is voor wie jong en jong van geest is misschien wel het beste moment om een nieuw bedrijfsmodel te overwegen. In de praktijk zijn er niet zo veel loopbanen te kiezen op een moment dat er miljoenen banen verloren zijn gegaan en goed betaalde functies voor afgestudeerden eerder uitzondering dan regel zijn. Bovendien zijn in een recessie, tegen alle verwachting in, de obstakels om toegang te krijgen tot de markt eigenlijk lager. In een betrekkelijk stabiele economie vinden innovaties niet gemakkelijk

hun weg naar de markt. Toch klampen besluitvormers, wanneer de gehele economische structuur in beroering is, zich vast aan alles wat stabiel of bijzonder lijkt. Dan kan een grote onderneming geneigd zijn om producten en methoden te accepteren die getuigen van een fundamenteel nieuwe of andere benadering.

De taak van een ondernemer is letterlijk iets nieuws te smeden, om de dragende kracht te zijn die een idee gestalte geeft, de tussenpersoon tussen een fantasie, een visie, een idee en de realisatie ervan. Alleen is maar alleen, hoe goed gefinancierd en gepassioneerd ook. Succes op de markt is vaak afhankelijk van partnerschappen. Een van de manieren om het introduceren van deze innovaties te laten slagen is partnerschappen aan te gaan met initiators van verandering die de macht hebben om de markt te beïnvloeden en de balans te doen doorslaan. Innovaties stromen niet noodzakelijk zomaar de markt op, noch zijn leidinggevend in bedrijven en zakenbankiers de enige spelers die vormgeven aan de markt. Vaak komen marktdoorbraken tot stand door initiators van verandering. Hoewel er tal van innovatieve consortia bestaan (denk aan de rol van de media, activisten en ngo's), zijn er gevestigde manieren om doeltreffend druk uit te oefenen.

Verzekeringsmaatschappijen voelen de huidige markt bijvoorbeeld goed aan, omdat ze trends in de wereldeconomie berekenen aan de hand van de gelden die ze moeten uitkeren. Verzekeringsmaatschappijen zijn een voor de hand liggende pushfactor voor marktveranderingen, vooral wanneer er aanzienlijke besparingen mee gemoeid zijn. Ze volgen een schat aan statistieken op de voet, dat is een van hun kerncompetenties. Niemand kan beter cijfers lezen. Feitelijk is een beslissing van hen om ergens mee te stoppen geheel gebaseerd op simpele statistieken. Samen met consumenten, institutionele beleggers, lokale gemeenschappen en lokale overheden zijn verzekeringsmaatschappijen de belanghebbenden die de beslissingen aansturen over innovatie die de gestaagheid en veiligheid van de industrie achter zich laat.

Laten we om dit te illustreren eens kijken naar hoe verzekeraars geld verdienen met brandverzekeringsspolissen. Toen uit cijfers bleek dat babysterfte als gevolg van brand een punt van zorg werd, lobbyden verzekeringsbedrijven en fabrikanten zodat er voorschriften kwamen voor het gebruik van brandvertragers. Brand- en vlamvertragers verlagen statistisch het risico op brandschade. En minder brandschade betekent meer winst voor de industrie. Als hun statistieken een paar decennia later wijzen op een toename van onvruchtbaarheid bij mannen, van allergieën of zelfs kanker op jonge leeftijd, en die cijfers kunnen wetenschappelijk in verband worden gebracht met het gebruik van brand- en vlamvertragers, dan zou de verzekeringssector opnieuw veranderingen kunnen stimuleren door bij wetgevers aan te dringen op een nieuwe standaard of een nieuwe oplossing, terwijl de middelen die ervan worden verdacht die aan doeningen te veroorzaken worden beperkt (ook als de industrie dat niet wil).

Verzekeringsmaatschappijen en hun statistiekexperts weten maar al te goed dat een verband geen bewijs van oorzaak en gevolg is. Het bedrijfsmodel verandert eerder door de bewijslast om te keren. Een bedrijf moet dan aantonen dat het alle opties heeft bekeken en tot de conclusie is gekomen dat negatieve effecten uitgesloten zijn. Voor initiators van verandering is dit weer een hefboom om baanbrekende innovaties sneller ingang te doen vinden. Bedenk dat verzekeraars in dit geval meer inkomsten kunnen realiseren door het verkopen van productaansprakelijkheidspolissen aan de makers van giftige brandvertragers. Als er nieuwe aanwijzingen zouden komen voor een verband tussen een bepaalde chemische stof en een specifieke ziekte, zou de premie misschien zo stijgen dat het management door de kostendruk zou worden aangezet tot veranderingen, sneller zelfs dan wettelijke richtlijnen voorschrijven. Door de hoogte van de verzekeringskosten en de terughoudendheid van herverzekeringsmaatschappijen om de risico's te dekken zou het bedrijf gedwongen worden in actie te komen.

Verzekeringsmaatschappijen kunnen hun inkomstenpotentieel verder vergroten door gegevens over hun afzonderlijke risicobedrijven te integreren. Dat zou een geweldige bron van informatie opleveren, en bovendien voor de hand liggende veranderingsroutes voor de industrie, waarbij verzekeringsbedrijven aanbevelingen doen voor innovaties. Zorgverzekeraars zouden verder kunnen gaan dan de Ames-test, die bepaalt of chemische verbindingen mutagene effecten hebben. Ze zouden een lijst kunnen maken van chemische stoffen die vermoedelijk gezondheidsproblemen veroorzaken, en vervangende middelen kunnen voorstellen.

Drie niveaus van duurzaamheid

Maar al te vaak vindt de industrie een natuurlijke vervanging voor werkzame, maar giftige producten, om die natuurlijke vervangingen vervolgens weer te vervaardigen op de traditionele wijze die verantwoordelijk is voor onze excessieve ecologische voetafdruk. Wanneer de industrie oplossingen zoekt in de biologie, valt ze terug op kloneren en genetische manipulatie om 'voorspelbare' resultaten te verzekeren. Je door de natuur laten inspireren bij het vinden van moleculen die de meest gebruikte stoffen vervangen, vergt dus meer dan simpelweg overschakelen van het ene op het andere molecuul. Om de gewenste omschakeling in de richting van duurzaamheid tot stand te brengen, moet zowel het molecuul als het productiesysteem door natuurlijke processen zijn geïnspireerd. Blauwe economie levert een blauwdruk die zich door de natuurkunde en de natuur laat leiden bij grondstoffenselectie en productiemethoden. Van daaruit wordt een generatieve en regeneratieve kringloop van implementeerbare innovaties in gang gezet. Zodoende hebben we duurzame product-, productie- en totaalsystemen. Voor wat het bedrijfs- en het economisch voordeel betreft

ontstaan zo concurrerende producten, processen en bedrijfsmodellen die veel meer omvatten dan alleen de kernactiviteit.

De natuur werkt bij omgevingstemperatuur en -druk. Abaloneschelpen, die sterker zijn dan de kogelwerende kunstvezel Kevlar®, zijn systematisch laag voor laag opgebouwd. De schelpen bestaan uit calciumcarbonaat en eiwitten, grondstoffen die geheel plaatselijk voorhanden zijn. Het proces is duurzaam. De keramiektfabrikant zou kunnen inbrengen dat de natuur te weinig en te langzaam produceert en dat industriële normen efficiënte, snelle en voorspelbare resultaten vereisen. Weliswaar is de tijd die nodig is om in een oven bij een temperatuur van meer dan 1000 °C keramiek te vervaardigen aanzienlijk korter dan de tijd die de abalone daarvoor nodig heeft. Een keramisch bedrijf koopt echter delfstoffen uit de mijnbouw. Die mijnen moesten ontdekt worden. Er was een vergunning nodig om de hulpbronnen te exploiteren. De grondstoffen moeten over de wereld worden vervoerd, verwerkt (bij hoge druk en hoge temperatuur om de processen en de productoutput te versnellen en standaardiseren), en in het juiste formaat geleverd. Wanneer we al deze factoren in aanmerking nemen, te beginnen met het zoeken naar de mijn tot de aankomst van het calciumcarbonaat bij de keramische productiefaciliteit, zijn de voordelen qua tijd en efficiëntie minder duidelijk. Het is opmerkelijk dat altijd wanneer mijnbouw onderdeel vormt van het productieproces, natuurlijke systemen sneller zijn, tegen een fractie van de energiekosten.

Eén innovatie, meervoudige inkomsten

De hier beschreven innovaties bieden duidelijk de mogelijkheid om meerdere inkomstenstromen te genereren. De markt brengt geld in omloop, geld is dus een ruilmiddel. Innovaties die meer markttoepassingen genereren zijn aantrekkelijker en maken dus waarschijnlijk de meeste kans om door de gevestigde bedrijven en ondernemers te worden overgenomen. De mogelijkheid om velerlei inkomsten te genereren is een erg aantrekkelijk verschijnsel, aangezien het parallelle investeringen in gang zet voor verschillende nichemarkten. Daardoor wordt het risico van innovatie kleiner. Toch zijn dit investeringen met een hoog risico. Ook als de condities voor de uitvinders misschien niet aantrekkelijk zijn, kan de behoefte aan liquide middelen zo dringend zijn dat ze toch instemmen met een investeringsovereenkomst.

In een recessie geldt: *cash is king*, wie geld heeft is koning. Wie miljarden te investeren heeft kan makkelijk de voorwaarden van de deal bepalen. Het model van een kernactiviteit met één bron van inkomsten heeft vaak de voorkeur van beleggers die willen dat het management zich richt op de meest belovende toepassing. Iedere belegger zal een nieuwe technologie beoordelen op haar kansen op succes. Bedrijven met ondernemingszin die durfkapitaal willen aantrekken moeten een lange lijst laten zien van 'dingen die fout kunnen gaan'. Tegelijker-

tijd luisteren geharde durfkapitaalondernemingen in Silicon Valley naar een presentatie van een innovatie met tientallen mogelijke toepassingen. Zonder uitzondering zullen ze vragen om die ene toepassing die in drie jaar 100 miljoen dollar opbrengt.

Al zijn risico's inherent aan het zakendoen, de risico's van de meeste innovaties die in dit boek worden beschreven zijn gecalculeerde risico's en veel lager dan gebruikelijk op de markt. In feite kunnen deze innovaties het risico verlagen, omdat ze het bedrijfsmodel in de kern veranderen. De resultaten van een platformtechnologie waarin met succes fundamentele parameters zijn toegepast verminderen duidelijk het risico en bieden potentieel betere rendementen dan het financieren van een nauw omschreven niche. Een groot verkooppotentieel houdt in dat beleggers het risico opnieuw evalueren in het licht van die diverse inkomsten. Dat is het belangrijkste voordeel van vrijwel alle topinnovaties die we beschrijven.

We hoeven niet ver te zoeken om dat te kunnen laten zien. Zo zijn er 37 bekende commerciële toepassingen voor de vortex. Er zijn er meer dan 20 voor furanonen uit zeewier die de groei van biofilm beheersen door de bacteriële communicatie te verstoren (zie hoofdstuk 10). De besparingen zijn overduidelijk wanneer een operatie van 50.000 dollar, om een pacemaker te plaatsen, kan worden vervangen door een niet-chirurgische ingreep van 500 dollar die zorgt voor een permanente hartritmeregulering zonder batterijen en tegen lagere kosten (zie hoofdstuk 10). In plaats van 1 miljoen keer per jaar een pacemaker te verkopen, kan de medische industrie 1 miljard keer per jaar cardiogrampatches verkopen die de dure ecg vervangen door een goedkoop testsysteem.

De door Oxford Biomaterials ontwikkelde zijdepolymeren (zie hoofdstuk 9) worden al ontwikkeld in vijf verschillende bedrijven, elk afzonderlijk gefinancierd. Pax Scientific heeft voor dezelfde aanpak gekozen en financiering geworven voor vijf afzonderlijke toepassingsgebieden van zijn nieuwe inzichten over hoe in de natuur water- en luchtstromen minder wrijving ondervinden. Biosignal, het Australische bedrijf dat antibacteriële toepassingen voor furanonen ontwikkelt (zie hoofdstuk 10), ontwikkelde met een vergelijkbare strategie potentiële toepassingen voor landbouwkundige, consumenten-, industriële en medische apparaten en voor therapeutische markten. Elk bedrijf zal op zijn beurt waarschijnlijk diverse fondsen verwerven voor nicheoplossingen zoals roestwering in de olie- en gasindustrie, antitranspiratiemiddelen of een mogelijke behandeling voor cystische fibrose. Ze zijn allemaal afgeleid van dezelfde platformtechnologie. Watreco, het jonge bedrijf dat werd gevormd rond Curt Hallbergs wiskundige interpretaties van een draaikolk, brengt uiteenlopende oplossingen op de markt, zoals energiebesparing bij het maken van ijs, snellere waterdoorsijpeling op golfbanen, ontkalking van leidingen en luchtpompen voor tanks van viskwekerijen. Deze venturebedrijven zijn voor-

beelden van ondernemers die klaarstaan voor een nieuwe manier van zaken-doen.

Doordat deze technologieën in staat zijn door middel van meerdere toepassingen meerdere cashflows op te leveren wordt het risico verminderd en stijgt de waarde van het intellectuele eigendom aanzienlijk, waardoor uitvinders in staat worden gesteld technologische toepassingen in sublicentie te geven en zich te richten op wat hun interesse en nieuwsgierigheid prikkelt. Om obstakels te kunnen overwinnen zijn partnerschappen nodig. Hoewel uitvinders en marketeers andere doelen hebben, kan een winnende coalitie beginnen met solide geavanceerde wetenschap en voortbouwen op de scherpe concurrentieanalyse van ondernemers. De wereld van het risicokapitaal is klaar voor het financieren van mensen met goede ideeën. Wat nu nodig is, zijn het vermogen en de bereidheid om innovaties op de markt te brengen.

Innovaties die de mogelijkheid hebben op diverse markten velerlei inkomsten te genereren zijn aantrekkelijk. Als deze cashflowgenerators het bedrijfsmodel veranderen, dan voldoen bedrijven die deze innovaties ontwikkelen niet alleen aan een belangrijke behoefte, ze zullen ook worden nagevolgd als een kans om te investeren en ondernemen.

Kringloop van grondstoffen in een gemeenschap

Dergelijke innovaties zullen gemeenschappen bovendien in staat stellen tegemoet te komen aan hun eigen behoeften, met name in samenlevingen die onder grote druk staan. Ze zorgen voor het fundament en de middelen om initiatieven te laten uitgroeien tot bewegingen en ondanks negatieve omstandigheden marktaandeel te verwerven. Vaak wordt gedacht dat gemeenschappen die geen geld hebben of geen investeringen kunnen doen minder ontvankelijk zijn voor nieuwe ideeën. De prestaties van pater Godfrey Nzamujo in Benin, Chido Govero in Zimbabwe en Paolo Lugari in Colombia tonen aan dat dit niet waar is. Door het ontwerpen en implementeren van deze geïntegreerde biosystemen zijn niet-levensvatbare gemeenschappen veranderd in een economisch succes, waar het geld stroomt, de financiële katalysator werkt en het sociaal kapitaal groeit. De helft van de menselijke wereldbevolking leeft in een landelijke of agrarische omgeving. Ontwikkelingslanden met een agrarische en plattelandsbevolking kunnen veel profijt hebben van geïntegreerde biosystemen, aangevuld met bioveredelingsbedrijven, zoals de omzettingmethode van Las Gaviotas waarbij hars uit aangeplante bomen wordt verzameld, die plaatselijk met duurzame energie uit de regio tot negen verschillende producten wordt verwerkt, waarna het afval uit dit proces wordt gebruikt bij de productie van waterwerende bouwmaterialen. Bovendien stellen geïntegreerde biosystemen geïndustrialiseerde landen in staat hun ecologische voetafdruk drastisch te verminderen en hun grondstoffenrendement te vergroten.

Echte kansen, echte oplossingen

Deze verschuiving in het bedrijfsmodel, die steeds zichtbaarder en steeds noodzakelijker wordt, komt voort uit de groeiende kennis die we hebben van het MBA van de natuur – de wijze waarop natuurlijke systemen vertrouwen op de krachten van de natuurkunde in plaats van de hulpbronnen van de planeet en essentiële zaken voor overleving op te gebruiken. Het effect is verrassend. De resultaten zijn overtuigend. Er zijn vaccins die geen koeling nodig hebben, hartritme-instrumenten waarvoor geen operaties of batterijen nodig zijn, vortextechnologieën waarmee kalkaanslag in waterleidingen kan worden voorkomen zonder chemicaliën, algen die bacteriën verslaan door chemische verdooving, of zijde die zo scherp is als een scheermes – de lijst is lang. Door iets wat chemisch giftig en duidelijk niet duurzaam is te vervangen door niets anders dan een natuurlijk proces kunnen we bijdragen tot het oplossen van de grootste uitdagingen van onze tijd, en bovendien een waaier aan mogelijkheden creëren voor een portefeuille van geheel nieuwe producten en diensten.

Die kans om 'iets' te vervangen door 'niets' – een giftig of niet-hernieuwbaar materiaal of proces te vervangen door een materiaal of proces dat alleen steunt op natuurkunde en natuurlijke processen – is erg opwindend. Het vermogen om risico's te verminderen door het vergroten van de cashflow maakt producten en diensten concurrerend. De mogelijkheid om onvruchtbaar land zonder water om te vormen in een gebied dat zelfvoorzienend is in water, energie en voeding, maakt herbebossen veel aantrekkelijker dan eenvoudig bomen te planten om hout voor papier te produceren. Zo wordt een nieuwe golf van ondernemerschap aangemoedigd. Zo worden miljoenen duurzame banen gecreëerd, waarbij producten uit het oude model en achterhaalde productiemethoden worden vervangen door innovaties en processen op basis van wetenschappelijk gefundeerde oplossingen die de volgende generatie zullen stimuleren vernieuwers te worden. Er worden elke keer meerdere cashflows gegenereerd, en alles heeft tegelijkertijd sociale en ecologische voordelen terwijl het bedrijf succesvol concurreert in een geglobaliseerde markt. De miljarden jaren ervaring die in de evolutie van ecosystemen en soorten is samengebald doet er wel degelijk toe bij het perfectioneren van oplossingen en het bieden van alternatieven voor verschillende omgevingen. Het gaat om beproefde oplossingen die getuigen van veerkracht en flexibiliteit.

Omwille van duurzaamheid moest iedereen de afgelopen decennia meer betalen en meer investeren om het milieu te sparen of de vervuiling te verminderen. Weinigen waren bereid of geneigd om met deze inzet dat doel te bereiken. Zelfs de belastingen en boetes van de overheid voor vervuilende praktijken hebben het rentmeesterschap niet merkbaar bevorderd. We vergoelijken tegenwoordig zelfs de sanering van rivieren in Europa met palmolie die wordt verbouwd op verwoeste regenwouden in Indonesië. En hoe tevreden bent u met

een economie waarin alles wat goed is voor uw gezondheid en de aarde duur is, en voorbehouden aan enkele bevoorrechten?

Nu kunnen we betere resultaten bereiken en velerlei inkomstenbronnen genereren, en bovendien sociaal kapitaal en een veerkrachtige gemeenschap opbouwen. Degenen die in het verleden van slechte keuzes hebben geprofiteerd kunnen nu verdedigen dat ze investeren in nieuwe oplossingen die de economie en gemeenschap van onderop zullen versterken. De drijvende krachten achter het succes zijn misschien wel de duizenden ondernemers die met hun grenzeloze enthousiasme en inzet een gebrek aan kapitaal of ervaring meer dan goedmaken. De innovaties met het grootste succes op de markt zullen bovendien die innovaties zijn die voldoen aan basisbehoeften. Dat zei managementfenomeen Peter Drucker al in de jaren tachtig: 'De behoeften van de armen zijn latente kansen voor de ondernemers.'

Wanneer fabrikanten ervoor kiezen een giftig proces te vervangen door een minder giftig alternatief, doen ze het gewoon 'minder slecht'. Dat gebeurt wanneer er miljarden dollars worden gestoken in minder giftige batterijen die langer meegaan. Maar voor die batterijen zijn we nog steeds afhankelijk van mijnbouw, smeltovens en harde chemie, terwijl de overgrote meerderheid terechtkomt op stortplaatsen die het milieu vervuilen, ecosystemen vergiftigen en langdurig gevaar opleveren voor de gezondheid van ons allemaal. Velen zullen beweren dat je met een halve maatregel ten minste op het juiste spoor zit. Maar dat is moreel verwerpelijk. We hebben allemaal de drang om meer goeds te doen. Laten we niet accepteren dat het goed genoeg is als we het minder slecht doen.

De huidige wetenschappelijke literatuur biedt mogelijkheden voor duizenden doorbraken, geïnspireerd op de wijze waarop natuurlijke soorten uitdagingen voor hun levensonderhoud en overleving hebben opgelost. Van veel minder soorten hebben we de totale processen doorgrond, maar de mogelijkheden blijven bestaan en de mysteries kunnen worden opgelost. De tijd zal ons de gelegenheid geven innovaties te begrijpen en uit te voeren die onze methoden van productie en consumptie drastisch zullen ombuigen in de richting van duurzaamheid. Daarvoor zijn MBA'ers nodig die de bedrijfsmodellen kunnen ontwerpen die het meesterschap in briljante aanpassingen van de natuur evenaren.

In de volgende hoofdstukken zullen we de structuur van de blauwe economie verder onderzoeken aan de hand van de bestaande bijdragen en oplossingen die op dit moment functioneren. Blauwe economie is het toepassen van de prestaties van ecosystemen op economische systemen. Door het implementeren van blauwe economie zullen menselijke systemen, in feite alle levende systemen, de stabiliteit en zekerheid verkrijgen die ervoor zorgt dat hun evolutionaire en regeneratieve pad beschermd en in stand gehouden wordt.

De MBA-vergelijking

MBA (meesterschap in briljante aanpassingen) van de natuur: overvloed

- 1 Iedereen heeft een taak en draagt zo goed mogelijk bij.
- 2 Duizenden kleine contribuanten, veel ondernemerskansen.
- 3 Alles wordt gebruikt: een kringloop van voedingsstoffen, materie en energie.
- 4 Voorspelbare natuurkundige processen voorzien in de eerste bron van energie.
- 5 Water is het belangrijkste oplosmiddel.
- 6 Biodiversiteit is tijd- en plaatsgebonden. De biologie wordt gekenmerkt door uitzonderingen.
- 7 Diversiteit floreert en evolueert.
- 8 Verandering als constante vormt de basis van evolutie.
- 9 Wat lokaal beschikbaar is, wordt gebruikt.
- 10 De basisbehoeften van allen worden bevredigd.
- 11 Op een paar uitzonderingen na zijn bijna alle modellen niet-lineair.
- 12 Alle materialen worden geleidelijk afgebroken, veranderen en keren terug tot hun oorspronkelijke staat.

MBA volgens het corebusinessmodel: schaarste

Werkloosheid is onderdeel van het systeem.

De macht is verdeeld over slechts enkelen. Grote multinationals zijn de regel.

Slechts een klein deel van grondstoffen wordt gebruikt. De rest wordt verspild, op stortplaatsen gedumpt of gewoon verbrand.

Eindige fossiele brandstoffen zijn de primaire energiebron. Klimaatverandering en verzuring zijn onontkoombaar.

Aangewezen op chemie. Covalente verbindingen komen tot stand met behulp van agressieve oplosmiddelen.

Biologie wordt gekloond.

Gestandaardiseerde en voorspelbare opbrengst.

Weerstand jegens fundamentele verandering. Innovatieve technologieën worden gezien als verstorend.

Centrale productie vereist transport van grondstoffen over lange afstanden.

Een groot deel van de bevolking profiteert niet mee, zelfs wanneer een meerderheid in welvaart leeft.

Alle rekenmethoden zijn lineair.

Covalente moleculaire bindingen geven ons bestanddelen die pas in honderden of duizenden jaren afbreekbaar zijn, zelfs al worden ze maar één keer gebruikt.

- | | | |
|----|---|---|
| 13 | Alles houdt met elkaar verband en evolueert in symbiose. | Alles staat op zichzelf. Synergie wordt ontmoedigd, behalve in financieel opzicht. |
| 14 | Schone lucht en water zijn gratis en in overvloed aanwezig. | Op alles kan winst worden gemaakt, zelfs op basisbehoeften zoals water. |
| 15 | Eén initiatief brengt meervoudige voordelen met zich mee voor verschillende partners. | Eén project staat gelijk aan één cashflow, slechts ten bate van de initiatiefnemer en controlling partners. |
| 16 | Risico's worden gedeeld gedragen. | Risico's zetten een rem op innovatie. |
| 17 | Het gebruik van grondstoffen en energie wordt voortdurend verbeterd en niet belast. | Belastingheffing ten bate van herverdeling welvaart, onsuccesvol door belastingparadijzen. |
| 18 | Optimalisatie van het systeem. | Het maximaliseren van één cruciale succesfactor. |
| 19 | Minpunten worden omgevormd tot pluspunten. | Minpunten worden tegen hoge kosten gladgestreken dan wel genegeerd, of eenvoudigweg onopgelost doorgeschoven naar toekomstige generaties. |
| 20 | Rendement is gebaseerd op aanwezige kansen. | Rendement is gebaseerd op schaalvoordelen. |
| 21 | Waarde scheppen met beschikbare middelen. | Kostenbesparing tegen elke prijs. |

**RECYCLEN EN HERGEBRUIKEN
ZIJN NIET GENOEG OM DE
SAMENLEVING NAAR
DUURZAAMHEID TE STUREN!**

G.P.

7

ETHIEK CENTRAAL STELLEN

Recycleprogramma's worden toegejuicht en ondersteund. Het gebruik van hernieuwbare energie wordt aangemoedigd. Het eten van biologisch geteeld voedsel is hip en velen overwegen om naar vegetarisch eten over te stappen. Hoewel al die initiatieven ons in de juiste richting sturen, hebben we een samenleving nodig die niet alleen een kringlooeconomie omarmt – de groene of blauwe economie waarin we allemaal van recyclen op upcyclen overgaan – maar die ook essentiële ethische en universele principes omarmt. Ethiek maakt deel uit van het nieuwe bedrijfsmodel. Als we innovatieve bedrijven willen krijgen die de samenleving hervormen en geïnspireerd zijn op ecosystemen, moet ethiek centraal staan. Anders vervullen we misschien wel materiële behoeften en verminderen we de milieuschade, maar louter efficiëntere materiaal- en energiestromen zullen onze ontwrichte samenleving niet herstellen.

Vaak worden we geconfronteerd met de harde werkelijkheid van onze kortzichtigheid. Biologisch afbreekbare zeep, waarvoor palmolie wordt gebruikt, is afhankelijk van grote gebieden verwoest regenwoud. Hoe kunnen we het schoonmaken van de rivieren in Europa verdedigen door de natuurlijke leefomgeving van de orang-oetan in Azië te vernietigen? Vegetariërs die voor de consumptie van paddenstoelen zijn, verminderen beslist de voetafdruk van hun eiwitconsumptie door dierlijk voedsel en diervoeding te vervangen door schimmeleiwit. Weinig paddenstoelvrienden beseffen echter dat shiitakeboeren over de hele wereld ter verhoging van hun opbrengst in rap tempo eikenbossen verwoesten. Dat betekent dat we door dieren te sparen natuurlijke bossen kunnen verwoesten. We zijn ons vaak niet bewust van onbedoelde gevolgen en moeten daarom gaan denken in termen van verbanden,

kijken naar de verdergaande impact van onze huidige consumptie en productie.

Een nieuwe visserij

Hoewel we ons makkelijk zorgen kunnen maken over ons gebrek aan inzicht en de fouten die we daardoor maken, hebben we diverse ingebakken gewoonten waardoor we onze manieren van zakendoen en leven niet fundamenteel veranderen. Neem nou de visserij. Een aantal werkelijkheden van deze industrie moeten we bekijken met een fundamenteel ethische blik. In de eerste plaats doen we aan overbevissing en halen we te veel weg van wat duurzaam gevangen kan worden. In de tweede plaats vangen we, vissend naar de vissen die we willen hebben, tot wel 70 procent vissen die we niet willen hebben. Hoe onverantwoordelijk dit ook mag klinken, onze vistechnieken stellen ons niet in staat te differentiëren. In de derde plaats slepen we vaak kilometerslange sleepnetten van nylon 6 over de zeebodem, waarbij alle leven voor jaren, zelfs voor tientallen jaren, wordt gedood. Om het nog erger te maken, een middelgroot visserijship verbruikt 250.000 ton brandstof per jaar, vrijwel altijd gesubsidieerd door de overheid. En afgezien van de energie die nodig is om de netten te slepen, wordt er enorm veel energie verbruikt door de compressoren die de ijsmachines aandrijven. Erger nog, die vaartuigen (en het verwerken van hun vangst) verbruiken meer water dan waar gemeenschappen over kunnen beschikken.

Hoewel dit mondiaal de norm is en de problemen bekend zijn, is het moeilijk om in een wereld met afnemende hulpbronnen gedrag te veranderen. Iedereen wil meer van hetzelfde, maar daardoor raken ecosystemen nou juist onherstelbaar beschadigd. En terwijl alle partijen praten over de harde realiteiten van de niet-duurzame visserij, is er één werkelijkheid waar niemand oog voor heeft: vrouwelijke vissen met eitjes! Geen enkele veeboer zal zijn koe een maand voordat een kalf wordt geboren naar het slachthuis sturen. Geen enkele fruitteiler zal zijn oogst een paar weken voordat het fruit rijp is vernietigen. Maar alle vissers over de hele wereld vinden het normaal om vrouwelijke vissen met eitjes te vangen en ze samen met alle andere vissen op het koude ijs te gooien. Het is een van de minst duurzame handelingen van de tegenwoordige tijd en toch wordt er nooit over gesproken of is er ooit geprobeerd dit anachronisme te herstellen.

Dus als we het eens zijn over het fundamenteel ethische standpunt dat vrouwtjes met nageslacht altijd moeten worden beschermd, ongeacht de soort, wordt duidelijk dat we ons visserijmodel moeten veranderen. We kunnen niet simpelweg doorgaan met het vangen van vis en die in ijs onderdompelen. In principe leiden koude temperaturen tot het snel vrijkomen van zuren in een poging zo bevrozing tegen te gaan, en terwijl dit invloed heeft op de smaak van vis, is er ook enorm veel energie voor nodig. Behalve dat het onethisch is, kost het slepen van netten en het maken van ijs meer dan de helft van de energie die nodig is

voor een vissersboot, met het evenwicht dat nodig is voor de voortstuwing van het schip. Als we de productie van ijs schrappen en een andere manier vinden om vis te vangen dan met netten, verandert de energiebehoefte van een schip.

Het ontwerp van een nieuw visserijvaartuig begint met een catamaran met elektromotoren. De vis kan worden gevangen met een combinatie van netten en luchtgordijnen – afgekeken van walvissen en dolfijnen – en worden bewaard in koudwatertanks met temperaturen tussen 2 en 4 °C. Het energieverbruik daalt aanzienlijk. We zouden het schip kunnen uitrusten met vier vaste zeilen die speciaal zijn ontworpen voor de stromingen en winden van een bepaald gebied, geïnspireerd op het BMW-Oracle-schip dat de America's Cup heeft gewonnen. Als er geen wind is, komen de masten omlaag en veranderen de zeilen in zonnepanelen die elektriciteit voor de motoren kunnen opwekken. Het doel is om alle vis snel te verwerken tot producten met toegevoegde waarde. Hierbij kan elke vis met een innovatief echografiesysteem op eitjes worden gecontroleerd. Met een baanbrekende techniek, die wel wat weg heeft van het zwangerschapsonderzoek dat al tientallen jaren bestaat, is het mogelijk zwangere vissen aan te wijzen. Elk vrouwtje met eitjes wordt meteen uit haar slaaptoestand bevrijd en terug in zee gezet, waardoor aanvulling van de visstand verzekerd wordt.

We verliezen vaak uit het oog dat een vrouwelijke vis van 500 gram wel 500 eitjes kan bevatten, en een vis van een kilo wel 3000. De geweldige maanvis, die in volwassen toestand wel een ton kan wegen, kan wel 300 miljoen eitjes dragen. Verbaast het u dat deze vis ernstig wordt bedreigd als we de vrouwtjes niet alleen vangen, maar de eitjes als lekkernij verorberen? Die exponentiële voortplanting is de voornaamste reden waarom de vangst van vrouwtjes zo contraproductief is. De ervaring op El Hierro op de Canarische Eilanden (Spanje) heeft aangetoond dat de bescherming van vrouwelijke vissen door het creëren van een UNESCO-biosfeerreservaat het mogelijk maakt om de visstand binnen twee jaar te herstellen, met daarna een exponentiële groei in productiviteit en visvangst. Terwijl de vissers van El Hierro simpelweg een gebied dat het paaigebied wordt genoemd volledig beschermden, maakt de innovatieve echografieaanpak een uiterst gerichte selectie van alle zwangere vrouwtjes mogelijk.

Het ontwerp van visserijboten waarbij rekening wordt gehouden met de bescherming van zich voortplantende vissen zal de logica van het bedrijfsmodel veranderen. En, zoals altijd wanneer voor een bepaalde richting is gekozen, ontstaat er dan een kringloop van extra innovaties. Een boot die geen ijs of energie voor sleepnetten nodig heeft, kan op louter elektrische energie werken. Als het schip met wind zeilt, kan het zelfs stroom uit het kielwater opwekken op basis van hetzelfde principe als een hybride-auto, die energie uit de remmen haalt – nu van de turbulentie door het zeilen. Dat nieuwe scheepsontwerp is het duurzaamste, en terwijl het mogelijkheden biedt om brandstof helemaal weg te laten, schept het ook de kans om de brandstofsubsidies voor de visserijindustrie

te gebruiken voor de financiering van de nieuwe vaartuigen. Elke regering biedt staatssteun aan vissers. Als de nieuwe catamaran zonder brandstof werkt, kunnen de subsidies voor de komende jaren worden omgezet in een netto contante waarde, waarbij subsidies (en corruptie) uit het systeem verdwijnen en duurzame visserij wordt opgezet.

In het nieuwe scheepsontwerp, waarbij elke vis op eitjes wordt gecontroleerd, wordt de hele vangst op het schip verwerkt, wat een grote opbrengst oplevert aan visfilet, omega-3, collageen en vismeel van alle resten uit het proces. De verwerking kan plaatsvinden met zeewater, waardoor aan land drinkwater wordt bespaard en de verwerkte vangst al voor het aan land gaan kan worden verkocht. Bij dit systeem is minder bemiddeling van tussenpersonen nodig, waardoor de vissers die hun leven riskeren aan het eind van de dag hun inkomen ten minste verdubbelen, en in sommige gevallen (met name dankzij de omega-3) hun normale opbrengst zelfs vervijfvoudigen. Een nieuw schip profiteert van een startfinanciering dankzij de afschaffing van subsidies en biedt het voordeel van lagere risico's, doordat er met de beschikbare middelen meer inkomen wordt gegenereerd.

Wat duurzaamheid betreft wordt dit baanbrekende ontwerp gedreven door een simpel, maar onomwonden principe: bescherm vrouwelijke vissen die eitjes dragen. Zelden genereert het streven naar duurzaamheid betere inkomsten en meer banen, terwijl de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen verdwijnt. Maar het belangrijkste resultaat van deze paradigmaverschuiving is dat er nu meer geld circuleert in de lokale economie, hetgeen een hoognodig versterkend effect op gang brengt om met duurzame beschikbare middelen groei in de lokale economie te creëren.

Wanneer dat versterkend effect eenmaal begint te werken, zie je de brain-drain-mensen terug. Dit project is begonnen in Marokko als joint venture tussen Franse en Marokkaanse ondernemers. De kracht van deze aanpak is dat hooggekwalificeerde Marokkaanse ingenieurs vanuit Caen (Normandië, Frankrijk) graag willen meedoen aan dit innovatieve project en spoedig naar hun moederland willen terugreizen om een bijdrage te leveren aan de herindustrialisering van de economie, met mogelijk het plaatselijke bouwen van vissersschepen, een sector waar iedereen van had gedacht dat hij verleden tijd was en nooit meer zou herstellen. Er was een diepgaande ethische verschuiving in de visserij voor nodig – de bescherming van zwangere vrouwtjes – om een aanzet te geven tot een herleving van industrieën die niemand voor mogelijk had gehouden. Uiteindelijk is het besluit om verder te gaan dan alleen het verminderen van de negatieve impact en iets goeds te gaan doen een ethische beslissing. Als je niet weet wat je impact is, krijg je onbedoelde gevolgen. Als je bewust een negatieve impact veroorzaakt, ben je verantwoordelijk voor nevenschade. Als je weet dat je goed kunt doen en je weigert het te doen, dan is dat onethisch gedrag.

**GEEF MIJ EEN VAST PUNT
EN IK ZAL DE AARDE BEWEGEN!**

Archimedes

8

MEERVOUDIGE CASHFLOWS

Mensen met een positieve instelling zullen in onrustige tijden geneigd zijn om naar oplossingen te zoeken op elke denkbare plek. Er zijn altijd groeimogelijkheden, zelfs wanneer er sprake is van economische neergang. In de gezondheidszorg, voedselproductie en bestrijding van milieuverontreiniging verwacht men altijd een toename van de uitgaven, ook in moeilijke tijden. Een van de beste voorbeelden van een dergelijk groeipotentieel is de snelgroeiende wereldwijde vraag naar eetbare en medicinale paddenstoelen.

Vanaf het moment dat er in China een middenklasse ontstond met een behoorlijke koopkracht, nam de vraag naar het vruchtlichaam van de shiitake (*Lentinula edodes*) en andere zwammen explosief toe. Gedurende meer dan twintig jaar liep het groeipercentage in de dubbele cijfers. Ook in Europa en Noord-Amerika heeft men inmiddels door hoe uniek, voedzaam en geneeskrachtig bepaalde exotische paddenstoelensoorten zijn. Vaak hebben ze ongewone namen, zoals judasoor (*Auricularia auricula-judae*), fluweelpootje (*Flammulina velutipes*), eikhaas (*Grifola frondosa*) en reishi (*Ganoderma lucidum*). Maar wie weet maken deze woorden over niet al te lange tijd wel deel uit van onze dagelijkse woordenschat, net als espresso, latte, sushi en pizza.

Vanaf het moment dat het mogelijk was om deze delicatessen doelbewust te produceren, nam de vraag gestadig toe, evenals het aantal banen dat kon worden gecreëerd om aan die behoefte te voldoen. Wu Sangong, een Chinese landheer en geleerde uit de dertiende eeuw, onderzocht hoe gezonde eiwitten konden worden gewonnen uit schimmels. Qingyuan (in de Parelvierdelta in Guangdong, China) is de shiitake-hoofdstad van de wereld. Het gebied is kleiner dan de regio rondom de Baai van San Francisco en toch helpt de paddenstoelenteelt in deze streek ruim 120.000 mensen aan het werk. In het Westen heeft de sector een marktwaarde van meer dan 1 miljard dollar. Professor Shu-

ting Chang van The Chinese University of Hong Kong is een expert op het gebied van paddenstoelen. Chang heeft een grote bijdrage geleverd aan het internationale succes van de paddenstoelenteelt. Hij schat dat de exportwaarde van deze bedrijfstak in China meer dan 20 miljard dollar bedraagt en in 2012 goed was voor meer dan 12 miljoen banen. Westerse voedsel- en bevolkingsdeskundigen staan al decennialang verbaasd over het feit dat paddenstoelen die worden gekweekt op rijststro zo'n belangrijke rol spelen in de voedselzekerheid van China's immense bevolking.

Oogstresten van planten, vruchten en groenten (plantenrijk) zijn voedsel voor kippen, eenden, varkens en vissen (dierenrijk). Die voedselbron wordt aangevuld met eiwit uit paddenstoelen (schimmelrijk), dat plantenafval, met name stro, op wonderbaarlijke wijze verandert in voedsel. Ook bacteriën (monerarijk) worden in vergisters ingezet om mest om te vormen tot een groeimedium voor algen (protistenrijk) in ondiepe openluchtvijvers.

In de Verenigde Staten is de vraag naar tropische paddenstoelen amper 200 gram per persoon per jaar. In Canada wordt al twee keer zo veel geconsumeerd, terwijl mensen in Hongkong uitkomen op het verbazingwekkende gewicht van 14 kilo per persoon op jaarbasis. Als de Amerikanen 'slechts' evenveel paddenstoelen naar binnen zouden werken als de Canadezen, zou dit nog eens 2 miljard dollar extra opleveren. En zou het Amerikaanse volk dezelfde eetgewoonten aannemen als de inwoners van Hongkong dan zou de verwerkingsindustrie van tropische paddenstoelen wereldwijd alle andere bedrijfstakken, inclusief de oliehandel, voorbijstreven (bij de huidige prijsniveaus van olie en paddenstoelen). Deze cijfers zijn vooral opmerkelijk omdat paddenstoelen van oudsher worden gekweekt op landbouwafval, dat algemeen als hinderlijk wordt beschouwd en meestal gewoon wordt verbrand.

De biomassa bestaande uit kaf, kolven of stro, waarop paddenstoelen goed gedijen, bevat geen noemenswaardige proteïnen of polysachariden. Toch zijn paddenstoelen rijk aan eiwitten. Op basis van het drooggewicht kunnen sommige soorten oesterzwammen zich meten met vlees wat betreft het proteïnegehalte en de essentiële aminozuren. Opmerkelijk genoeg zijn witte, gekweekte champignons (*Agaricus bisporus*) verreweg de populairste paddenstoelensoort in het Westen, al bevatten ze weinig eiwitten en worden ze gekweekt met behulp van compost op basis van paardenmest. In sommige landen worden deze meststoffen zelfs vanuit het buitenland geïmporteerd ten behoeve van de lokale champignonenteelt. Wat een idee: een wereldwijde vrijhandel in stalmest om laagwaardige eiwitten te produceren! Zo'n ondernemingsmodel is niet duurzaam en evenmin concurrerend of toereikend om een uitdijende wereldbevolking van voldoende voedsel te voorzien.

Dankzij de interactie tussen natuurlijke systemen kunnen eiwitten betrokken worden uit verschillende bronnen. Er is dus geen sprake van afhankelijk-

heid van een enkele bron. Dit verschaft inzicht in de manier waarop mondiale voedselzekerheid bereikt kan worden met behulp van lokaal verkrijgbare stoffen. Paddenstoelen zetten plantaafval om in eetbare vruchtlichamen. Het deel van de zwam dat na de oogst in de bodem achterblijft, heet de zwamvlok en is zeer voedzaam voor dieren. Op hun beurt produceren dieren weer mest die door bacteriën verteerd wordt. Dit verrijkt de aarde waarop planten en micro-organismen groeien. De kringloop van voedingsstoffen, waarbij zo veel verschillende levensvormen betrokken zijn is eigenlijk een klein ecologisch wonder. Daardoor bestaat er binnen ecosystemen ook geen hongersnood of werkloosheid. Iedereen draagt een steentje bij en ontleent voedsel aan iets wat voor anderen als afval geldt. Hiermee wordt aan de elementaire levensbehoeften van alle deelnemers voldaan.

Het bedrijfsmodel voor de teelt van tropische paddenstoelen is simpel. Eerst wordt een vezelige biomassa onder druk gesteriliseerd bij hoge temperaturen (hoewel dit proces bij gebruik van koffiedrab kan worden overgeslagen, zoals we in de epiloog zullen zien). Het groeimedium bestaat meestal uit dood of afstervend biologisch materiaal. Vervolgens worden paddenstoelensporen in kleine hoeveelheden toegevoegd. Aangezien andere organismen door het sterilisatieproces grotendeels zijn geëlimineerd, zal de zwamvlok zich in de loop van een paar weken uitbreiden binnen het substraat. Zodra de voedingsbodem 'vol' is, wordt er een schok toegebracht, hetzij met behulp van warmte of door middel van water. Hierdoor komen de vruchtlichamen op. Doorgaans vermenigvuldigen paddenstoelen zich sneller als ze worden bedreigd. Wat wij 'paddenstoelen' noemen, zijn de vruchtlichamen – het nageslacht.

Stroafval in China wordt hergebruikt bij de teelt van de tropische beurszwam (of rijststrozwam, *Volvariella volvacea*). Helaas zijn bepaalde strogewassen genetisch gemodificeerd, zoals bijvoorbeeld rijst, zodat ze kortere halmen hebben en daardoor veel minder stro produceren. Op andere plekken in de wereld verbrandt men stro, wat een enorme luchtverontreiniging veroorzaakt. Het verbranden van de halmen van rijstplanten (rijststro) is een afschuwelijk probleem in Egypte. Meer dan 20 miljoen mensen in de Nijldelta ondervinden de gevolgen. Deskundigen die grote bevolkingen bestuderen, hebben nog geen lering getrokken uit dit goede idee van de Chinezen: stro omzetten in eiwitten en daarna de gebruikte voedingsbodem van de paddenstoel benutten als veevoer. Tegelijkertijd heerst er voedselgebrek in Egypte, waar genetisch gemodificeerde rijst met korte halmen wordt verbouwd, zodat het land tarwe moet importeren om de tekorten aan te vullen.

De huidige methoden om paddenstoelen te telen zijn niet altijd duurzaam. Waar eikenhout het voornaamste groeimedium in China is, moeten er bomen worden geveld, versnipperd en verwerkt tot een hoogwaardige voedingsbodem voor de shiitake, een van de duurste en gezondste paddenstoelen op de interna-

tionale markt. De snel toenemende vraag naar shiitake trekt een zware wissel op de eikenbossen in heel China.

In de afgelopen twintig jaar is de innovatieve en efficiënte teelt van lokale en tropische paddenstoelen uitgegroeid tot een rendabele, concurrerende bedrijfstak die niet aan een bepaald seizoen gebonden is. Er vonden veel vernieuwingen plaats, wat heeft geleid tot een nieuw ondernemingsmodel op het gebied van productie en marketing. Het model van de paddenstoelenteelt ontleent inspiratie aan het recyclen van voedingsstoffen binnen ecosystemen en is gestandaardiseerd in Afrika en Latijns-Amerika. Een grotere vraag in het Westen naar exotische paddenstoelen – tegen lagere prijzen – is essentieel om dit cholesterol- en vetvrije voedsel op grote schaal te introduceren. Wanneer de vraag toeneemt, zullen de paddenstoelenkwekers op zoek gaan naar overvloedig aanwezig afvalmateriaal dat als groeimedium kan dienen. Aangezien de teelt relatief arbeidsintensief is kunnen er op basis van deze keten (van afval tot voedsel) duizenden of misschien zelfs miljoenen mensen aan de slag. Plaatselijke ondernemers die de aanwezige kansen grijpen, zouden voor veel werkgelegenheid kunnen zorgen, vooral in streken met een weinig flexibele arbeidsmarkt.

Opwindende koffie

Aan het begin van de eenentwintigste eeuw namen paddenstoelen de plaats in van koffie als de tweede meest verhandelde landbouwgrondstof. Nu dient zich een nieuwe mogelijkheid aan waardoor de waarde van beide producten snel kan toenemen: paddenstoelen die worden gekweekt op koffiepulp. Bij de productie van koffie komen twee afvalstromen op gang. Het grootste deel ontstaat op de koffieplantage en wordt aangeduid als pulp. Na het koffiezetten blijft er een tweede vorm van afval achter – koffiedik. Gerekend vanaf het moment dat de koffieboon de plantage verlaat tot de laatste druppel die in uw kopje valt, wordt slechts 0,2 procent van het gewicht daadwerkelijk in de dampende koffie verwerkt, terwijl 99,8 procent eindigt op de vuilnisbelt. Dit heeft verregaande gevolgen voor de afvalbeheerproblemen die we eerder al aanstipten. Gelukkig bestaat er sinds kort een positieve en creatieve methode om het afval van plantages en koffiebars om te zetten in voedsel voor paddenstoelen. Dit biedt ongekende kansen. De koffieproducent verdient ongeveer eentiende van een cent aan de koffie in een espresso in een café waar de consument drie euro voor betaalt. Kortom, een winstmargefactor van maar liefst 3000. Aangezien er in 2011 over de hele wereld 143 miljoen zakken koffie werden geconsumeerd (een zak weegt 60 kilo) kunnen we stellen dat er aan pulp en koffiedrab samen een schokkende hoeveelheid biomassa ligt weg te rotten: 23,5 miljoen ton. Als de potentiële waarde van het koffieafval de opbrengst uit koffiebonen kan evenaren of zelfs overtreffen, dan kunnen we een ware hoorn des overvloeds tegemoet zien.

Paddenstoelen groeien op houtcellulose. De enorme hoeveelheid afval die

wordt gegenereerd in het verwerkingsproces van de koffiebes aan de plant tot de drank in een kopje, bestaat voornamelijk uit cellulose. Beter nog: het hout van de koffieplant is hardhout, net als dat van de eik. In 1992 toonde de eerder genoemde professor Shuting Chang aan dat koffie een ideale voedingsbodem vormt voor het telen van paddenstoelen; vooral oesterzwammen en shiitake. Zelfs de reishi, een zwam met hoog gewaardeerde geneeskrachtige eigenschappen, gedijt goed op koffiedik.

Van koffieafval tot voedzame paddenstoel: meervoudig voordeel (helpt de millenniumdoelstellingen van de VN te bereiken)

Consumenten en producenten		De planeet	
Rijker	Koffie levert ideale voedingsstoffen voor paddenstoelen; perfect groeimedium	Energiezuinig	Koffiedik is gesteriliseerd; geen verdere bewerking nodig
Schoner	Alleen heet water nodig bij bereiding koffie en verwerking tot groeimedium	Minder methaanuitstoot	Gebruikt koffiedik rot niet weg op afvalstort dus minder broeikasgassen
Sneller	Cafeïne laat paddenstoelen sneller groeien	Minder begrazing	Het groeimedium dat overblijft na de oogst is hoogwaardig veevoer
Goedkoper	Gratis grondstoffen	Minder houtkap	Hout van de koffieplant in plaats van hardhout van (eiken)bomen
Gezonder	Paddenstoelen zijn rijk aan proteïnen maar bevatten geen cholesterol of vetten	Minder afval	Kosten afvalverwijdering (koffiedik) voor cafés dalen en minder afval op stortplaats
Voedselzekerheid	Restafval van marktgewassen zorgt voor voedselzekerheid in de regio	Voedselzekerheid	Restafval van marktgewassen zorgt voor voedselzekerheid in de regio

(Bron: auteur)

Van plantage tot brander tot consument – de koffieboon wordt voortdurend in de gaten gehouden. Er zijn maar weinig landbouwproducten die zo streng worden gecontroleerd op kwaliteit. Bij het koffiezetten passeert er heet water of stoom door de gemalen en gebrande bonen, waardoor die worden gesteriliseerd. Dit is heel gunstig voor de paddenstoelenteelt; het productieproces wordt versimpeld. Bij wijze van spreken zou de gestoomde koffiedrab zó terug kunnen in de verpakking, waarna er meteen paddenstoelsporen in ‘geplant’ zouden kunnen worden, zonder extra sterilisatie. Zo’n werkwijze zou de kosten drukken en de toevoer naar plaatselijke ondernemers vergemakkelijken. Bovendien komen door de cafeïne in het koffiedik sommige kweekpaddenstoelen sneller tot wasdom, zodat dit proces meer winst zal opleveren dan de gemiddelde paddenstoelenkwekerij. Een dergelijke aanpak sluit perfect aan op ons economisch ideaal: lagere investeringen en een hogere cashflow – één project, diverse voordelen. Het eindresultaat? Minder kosten, een snellere productiecycclus, tevreden klanten en een betere cashflow.

Een initiatief waarbij afval wordt omgezet in gezond, goedkoop en hoogwaardig voedsel is zeer aantrekkelijk in moeilijke tijden. Zakelijk gezien is de voornaamste boodschap een betere cashflow, wat erg interessant is voor beleggers en bankiers. Nadat professor Chang het eerste wetenschappelijke onderzoek had verricht, bestudeerde Carmenza Jaramillo zes jaar lang het gebruik van koffieafval in de paddenstoelenteelt voor CENICAFFE, het onderzoeksinstituut van de Colombiaanse Federatie van Koffietelers. Ze publiceerde ruim twintig *peer-reviewed* wetenschappelijke artikelen in internationale tijdschriften over haar bevindingen. Dr. Ivanka Milenkovic van de Universiteit van Belgrado heeft het gebruik van groeimedium voor paddenstoelen als veevoer geanalyseerd en trof daarbij geen afname van de vlees- of melkproductie of het vetgehalte aan. Deze methode om pulp om te zetten in eiwitten heeft duidelijk grote economische voordelen.

Het is jammer dat koffiepulp op plantages gewoon wordt weggegooid, vaak met het excuus dat het een goede meststof is. Dit betekent dat er jaarlijks 16 miljoen ton organisch afval ligt weg te rotten op boerderijen en stortplaatsen waardoor er miljoenen tonnen broeikasgassen in de atmosfeer terechtkomen. Als dit bioafval wordt omgezet in eiwitten hoeft er minder hout gekapt te worden. Daardoor kunnen bomen (vooral loofbomen die hardhout produceren, zoals de eik) doorgaan met het fixeren van CO₂ als tegenwicht voor de negatieve effecten van de klimaatverandering. Afval hergebruiken in de voedselketen versimpelt het afvalbeheer en vermindert de uitstoot van methaangas uit weggrotend materiaal. Door de integratie van de paddenstoelen- en koffieteelt nemen de negatieve factoren drastisch af; tweemaal min wordt plus.

Kijken we naar koffie in het kader van de mondiale ontwikkeling dan blijkt het gebruik van koffiepulp veel voordelen te bieden als tegenwicht voor het ne-

gatieve imago dat al decennialang aan dit handelsgewas – een monocultuur – kleeft. Momenteel kunnen boeren alleen van de koffieteelt leven als de marktprijzen hoog zijn. Zodra de prijs onder een bepaalde grens zakt, lijden de boeren, hun families en de hele gemeenschap daaromheen gebrek. Scherpe prijsdalingen op de koffiemarkt kunnen tot zulke zware armoede leiden dat veel *cafeteros* hun koffiestruiken rooien en terugploegen in een stukje grond, waarop ze vervolgens met twee koeien per halve hectare moeizaam of helemaal niet rond kunnen komen. Vaak verhuist een boer die zijn familie niet langer kan onderhouden met zijn gezin naar een of andere sloppenwijk aan de rand van een stedelijk gebied om de honger af te wenden. Daar voegen ze zich bij miljoenen andere werkzoekenden die bereid zijn om elk baantje aan te nemen, hoe slecht betaald en uitzichtloos ook.

Pulp to Protein-model beperkt klimaatverandering

Involed op klimaatverandering

Laag energieverbruik
Behoud van bossen
Lagere energiekosten bij transport
Geen afval naar stortplaats
Geen uitstoot methaangas
Afname steenkoolgebruik
Teelt van slowfood

Bijdrage aan millenniumdoelstellingen

Voedselzekerheid
Meer zelfbeschikking voor vrouwen
Betere gezondheid kinderen
Milieuduurzaamheid
Wereldwijde samenwerking
Bestrijding hiv/aids
Leren zelfvoorzienend te zijn

(Bron: auteur)

Aan het einde van de twintigste eeuw groeide Vietnam uit tot de tweede koffie-exporteur ter wereld, wat tot een economische ravage leidde in een groot aantal landen, met name in Afrika. Dit conflict tussen marktgewassen en voedselzekerheid kan verdwijnen als koffie en paddenstoelen integreren in een enkel ecosysteem. In de koffiesteden hoeft niet langer armoede te heersen dankzij deze duurzame voedselketen die planten, schimmels en dieren omvat. Elke kilo landbouwafval levert minimaal een pond eiwitrijk voedsel op voor het boerengezin. Doordat het verbruikte groeimedium voor paddenstoelen uitstekend (en gratis) veevoer is, kunnen boeren zich beter veroorloven om vee te kopen en te onderhouden, wat bijdraagt aan het vervullen van hun eerste levensbehoeften. Dit verschaft een uniek inzicht in een manier waarop afval van een handelsgewas als koffie meer voedselzekerheid en andere voordelen oplevert. Zulke land-

bouwtechnieken kunnen potentieel aanslaan bij jongeren, werklozen en de minder bevoorrechte klasse maar ook bij doorgewinterde MBA's die hun kans grijpen om geld te genereren op basis van 'niets'. Tien jaar veldervaring in Zimbabwe laat zien wat de voordelen zijn van deze aanpak.

Het programma Orphan Teaches Orphans is het geesteskind van Chido Gvero die zelf op haar zevende wees werd. Zij leert andere weeskinderen hoe ze paddenstoelen moeten kweken met behulp van plaatselijk beschikbaar landbouwafval, waaronder de waterhyacint, een uitheemse soort die zich hardnekkig verspreid heeft over grote delen van Afrika. (In Zambia is de waterhyacint uitgeroepen tot 'volksvijand nummer één'.) De plant wordt bestreden met chemicaliën en andere uitheemse soorten, zoals de snuitkever. Toch zou één kilo waterhyacinten al genoeg voedingsstoffen opleveren om twee kilo paddenstoelen te kweken. In het regenseizoen verzamelt Chido wilde paddenstoelen en ze heeft zich weefselkweektechnieken eigen gemaakt om zaaigoed voor paddenstoelen te produceren. Op haar beurt begeleidt Chido de weesmeisjes, die zware tijden hebben meegemaakt. Ze moedigt hen aan om door te zetten en vaardigheden aan te leren, zodat ze een toekomst kunnen opbouwen zonder zich te laten misbruiken, en zelf in hun levensonderhoud kunnen voorzien. Voedselzekerheid motiveert velen om verder te denken dan alleen de voedselbehoefte.

Van pulp tot bron van inkomsten

Onderzoeksresultaten in Colombia wijzen uit dat elke koffieboerderij die overschakelt naar de paddenstoelenteelt twee nieuwe banen kan scheppen. Er zijn naar schatting 25 miljoen koffieboerderijen in 45 landen, die dus goed zouden kunnen zijn voor 50 miljoen extra banen over de hele wereld. Daarmee zouden ze niet alleen voedselzekerheid bieden aan de werkers maar ook aan hun gezinnen. Als we hier de werkgelegenheid bij optellen die ontstaat dankzij andere afvalketens – op basis van stro, kolven, snoeisels en waterhyacint – dan komen we al snel uit op verbazingwekkend hoge aantallen. Als er meer voedsel wordt verbouwd voor lokale bevolkingen dan kan de landbouw meer stabiliteit en hogere inkomsten bieden. Niet langer hoeven de boeren veel tijd en geld te investeren met als enig resultaat een schamel dieet dat alleen de meest elementaire voedingsstoffen bevat. De paddenstoelenteelt levert gezond en eiwitrijk voedsel op, en veevoer.

Dit is nog maar een kleine stroom binnen het kringloopmodel van de opkomende blauwe economie. Het levert een economische impuls om banen te creëren in landelijke gebieden. Het zou een van de groeimotoren kunnen worden die de mondiale economie weer op de been helpt. Als er werk is in de landbouw dat geld oplevert, voor voedsel zorgt en maakt dat kennis en tradities die al generaties lang zijn doorgegeven ten volle worden benut, dan zal niemand meer geneigd zijn het platteland te verruilen voor een ongewisse toekomst in de sloppenwijken van

de dichtstbijzijnde metropool. Inmiddels zijn in dorpen in Zimbabwe, Ghana, Tanzania, Congo, Kameroen, Zuid-Afrika en zelfs in India duizenden vrouwen getraind in het gebruik van deze simpele methode. Om dit gezondheids- en voedselzekerheidsprogramma te institutionaliseren is Chido momenteel bezig met een speciaal trainingscentrum, The Future of Hope, in de buurt van Harare, de hoofdstad van Zimbabwe.

Er zijn ook andere kleine stromen, zoals het scheppen van arbeidsplaatsen in steden. Wereldwijd wordt er koffiedik geproduceerd in meer dan 100.000 cafés en koffiehuizen in stadscentra. Van de Arabische steden in het Midden-Oosten tot de kofi shoppu in Tokio, traditionele Franse cafés en de obsessieve Amerikaanse koffiecultuur – het omzetten van koffiedik in paddenstoelen zou weleens tot 100.000 nieuwe banen kunnen leiden in stedelijke agglomeraties. Dit nieuwe concept is in Amsterdam al beproefd door Jan Willem Bosman Jansen en zijn startersbedrijf GRO Holland, in samenwerking met de restaurantketen La Place, en ook langs de Baai van San Francisco, waar Nikhil Arora en Alex Velez een loopbaan als consultant lieten schieten om BTTR Ventures, hun paddenstoelenonderneming, op te zetten. In Rotterdam bouwden Siemen Cox en Mark Slegers zelfs een oud zwembad om tot een florerend centrum voor paddenstoelencultuur en -educatie. Het is geen verrassing dat er in 2015 al meer dan 3000 initiatieven om paddenstoelen te kweken bekend zijn. En het is nog maar net begonnen! In de wetenschap dat wezen in Zimbabwe met nauwelijks meer dan plaatselijk afval paddenstoelen kunnen kweken is de garantie op succes in de stad groot.

Banen blijven alleen bestaan als ze inkomsten genereren. Inkomsten blijven alleen bestaan als er waarde wordt toegevoegd. Bij dit concept draait alles om gezond voedsel dat op meer plaatsen verkrijgbaar is tegen lagere kosten. Een dergelijk marktsegment zal altijd blijven groeien omdat er sprake is van prijselasticiteit – als prijzen zakken neemt de vraag evenredig toe. Daarom kan de boer blijven verdienen en doorgaan met het uitbreiden van de onderneming. Uit berekeningen die gebaseerd zijn op onderzoeksdata en praktische ervaring blijkt dat paddenstoelenteelt op een substraat van koffiedrab potentieel zeer veel geld kan opleveren. Bij elkaar opgeteld – en uitsluitend met gebruikmaking van koffieafval – zouden productie-eenheden in de stad en op het platteland naar schatting 16 miljoen ton extra voedingsstoffen kunnen voortbrengen die geschikt zijn voor menselijke consumptie. Dat wil zeggen: bijna de helft van de hoeveelheid proteïne die nu wordt geproduceerd door alle viskwekerijen ter wereld. Het is een gestage stroom van inkomsten en een belangrijke grondstof op de wereldvoedselmarkt, die inmiddels zwaar onder druk staat door de bevolkingsexplosie. Een kringloopmodel voor voedingsstoffen en energie (en niet-genetische modificatie) kan ons helpen tegemoet te komen aan de elementaire levensbehoeften van de mensheid.

Afval is nooit populair geweest. Los van wat we zelf bijdragen aan de ‘afvalberg’ hebben grootschalige rampen ons attent gemaakt op de gevaren van kernafval, olierampen en chloorverontreiniging. Afval heeft een slechte naam maar in dit geval zorgt het voor werkgelegenheid en gezond voedsel. Dat is zeer positief. De koffiepulp en het koffiedik vormen een ideale voedingsbodem voor paddenstoelen, met alle gunstige gevolgen van dien. Eigenlijk zou het afval moeten worden aangeprezen in reclames: koffie zorgt voor gezond voedsel en vast werk. Koffie kan duidelijk in verband worden gebracht met energiezuinigheid, duurzame inkomens, verminderde klimaatverandering en zelfs met voedzame en goedkope levensmiddelen. Kortom: het beschikt over een aanzienlijk en wijdverbreid sociaal kapitaal. Dat het allemaal begint met iets wat als ‘afval’ wordt aangeduid, maakt dat koffie een bijzonder gunstige uitgangspositie heeft. Wie bepaalt eigenlijk wat afval is?

De Pulp to Protein-machine

Banen op het platteland	1 boerderij van 0,4 hectare = 2 banen x 25 miljoen koffieboerderijen wereldwijd = 50 miljoen banen
Banen in stadscentra	10-15 cafés = 1 paddenstoelenkweker = 10 banen x 21.000 cafés in de VS + 10 banen x 100.000 wereldwijd = 1,2 miljoen banen
Opbrengst	25 miljoen ton verse proteïne wereldwijd in meer dan 45 landen Vijfvoudige omzetsijging 2000-2010 = 51,2 miljoen banen wereldwijd

(Bron: auteur)

De koffiehandelaren van deze wereld – van de Neumann Kaffee Gruppe tot Nestlé – zouden blijk geven van een bewonderenswaardig verantwoordelijkheidsgevoel als ze hun koffieleveranciers alle ter plekke geproduceerde afvalresten zouden laten omwerken tot een perfect groeimedium voor paddenstoelen. Dit zou werkgelegenheid scheppen en bijdragen aan de voedselzekerheid. Als de aanhangers van eerlijke handel hun boeren technisch zouden ondersteunen bij het hergebruik van afval voor de paddenstoelenteelt, met wie zouden de boeren dan liever handeldrijven? Het recyclen van koffieafval zou een strategisch hulpmiddel kunnen zijn bij het verwerven van langdurige toeleveringscontracten met koffieproducenten, importeurs en branders.

Handelaren en consumenten die het belang zien van biologische producten en eerlijke handel zouden geattendeerd kunnen worden op het feit dat hun 99,8 procent afval juist geweldige kansen biedt voor echte eerlijkheid, groei en ontwikkeling. Dit inzicht gaat nog een stuk verder dan biologische eerlijke handel.

De koffiehandel zou zich veel duurzamer kunnen ontwikkelen dan men voor mogelijk houdt. De aanduiding 'biologisch' garandeert alleen dat er geen chemische bemesting of besproeiing wordt gebruikt; niet dat natuurlijke hulpbronnen efficiënt worden aangewend. De aanduiding 'fair trade' betekent dat boeren een eerlijke beloning krijgen maar niet dat het milieu beter af is. Koffiedrinkers realiseren zich nauwelijks hoe weinig van de biomassa die bij de koffieteelt ontstaat echt wordt gebruikt voor consumptie en hoeveel wordt weggegooid. Als handelaren en distributeurs een methode voor de omzetting van pulp naar proteïne zouden introduceren bij hun leveranciers, dan zouden veel meer gemeenschappen duurzaam in hun onderhoud kunnen voorzien. Meer voedsel- en bestaanszekerheid in plaats van ondervoeding en wanhoop. Dit biedt weergaloze kansen voor de armen, de werklozen en de aarde zelf.

Het *Pulp to Protein*-model is gebaseerd op de vitaliteit van ecosystemen. Het is een logisch vervolg op het gedachtengoed achter de biologische landbouw en fair trade. 100 procent van de voedingsstoffen wordt nuttig gebruikt. Als alle koffieproducerende gemeenschappen deze methode (waarbij een afvalstroom in een cashflow verandert) volledig gaan toepassen dan kan dit bedrijfsmodel vele malen meer opbrengen dan de huidige koffie-industrie. Op deze manier zullen ondernemers in de prille blauwe economie de afvalstromen met heel andere ogen gaan bekijken. Of ze verdwijnen, of ze worden kringlopen van inkomsten, voedselzekerheid en overvloed voor iedereen.

Laten we samen eens gaan rekenen. Als niet 0,2 procent maar 100 procent wordt gebruikt dan is dat een verbetering met een factor 500. Als dezelfde meerwaarde zou worden gecreëerd als bij Starbucks (de boer krijgt 1 cent per kopje koffie voor de 3 gram koffie die wordt verkocht voor 3 euro, zien we een potentiële factor van 3000. Als we die twee combineren (factor 500 en factor 3000), beseffen we dat koffie 1,5 miljoen keer zo veel inkomsten kan opleveren als in de huidige economie.

Hoeveel lekkerder zou dat kopje koffie de draagkrachtigen van deze wereld niet smaken als hun 'bakkie troost' de koffieboeren helpt hun lot in eigen hand te nemen, duurzame landbouw te plegen en zich te verzekeren van voedsel en inkomen op lange termijn? De stimulerende werking van de koffie krijgt een bijmaak van voldoening, en dat zonder extra kosten. De consument heeft de macht om het geld van zijn aankoop terecht te laten komen bij mensen die op een duurzame en eerlijke manier koffie verbouwen, met gebruikmaking van lokale grondstoffen. Zo krijgt de omringende gemeenschap meer te eten én meer zeggenschap.

De programma's op het gebied van de paddenstoelenteelt zijn in het veld getest en volledig in praktijk gebracht van Colombia tot Zimbabwe en van San Francisco tot Nederland. De Colombiaanse staat El Huila telt meer dan honderd koffie- en paddenstoelbedrijven en vervangt illegale gewassen in snel tempo

door gezond voedsel. Alle deelnemers concluderen dat dit model werkt. De benodigde kennis is in kaart gebracht en kan zó worden toegepast.

De kracht van een rechtvaardig en duurzaam economisch model is dat het meerwaarde creëert voor alle betrokkenen. Het Pulp to Protein-model vraagt niet om hogere investeringen met als doel geld uit te sparen of extra kosten terug te verdienen zoals het traditionele investeringsmodel vereist. De opzet is om met lagere kosten voor iedereen extra opbrengst te genereren. Als afval wordt omgezet in voedingsstoffen dan heeft dit een toegevoegde waarde die meetbaar is: meer werkgelegenheid, meer cashflow, hogere winsten. Een groene bedrijfsvoering en fair trade zijn tussenfasen. Binnen een economie die zich op dezelfde manier ontwikkelt als een ecosysteem profiteren alle deelnemers mee.

Van afval tot supervoedingsmiddel

Laten we de mogelijkheden van het Pulp to Protein-model nog wat verder onder de loep nemen. Waarom geen onderneming die zowel koffie als koffiedrinkers gezonder maakt? Bijvoorbeeld door een infusie van geneeskrachtige paddenstoelen toe te voegen aan een espresso of latte. De meeste paddenstoelen bevatten veel eiwitten. Reishi (ook bekend als Lingzhi of Ganoderma) en shiitake zijn voedzaam en lekker maar gelden ook als een klein medicinaal wonder. Vroeger was de wilde rode reishi exclusief voorbehouden aan de keizer van China. Er zijn niet veel klinische testen gedaan op dit gebied, maar in de traditionele geneeskunde is al heel lang proefondervindelijk bekend dat deze paddenstoelsoorten een gunstige uitwerking hebben op aandoeningen als hoge bloeddruk en diabetes. Als de exotische paddenstoelenteelt dankzij het hierboven beschreven productiesysteem goedkoper zou worden, dan kunnen klanten straks misschien om een scheutje ganoderma vragen in hun kopje koffie ter versterking van hun immuunsysteem. Dat zou de energiedrank zelfs wat minder zuur maken, de pH-waarde op natuurlijke wijze in evenwicht brengen en de spijsvertering bevorderen.

Zulke rekensommetjes zijn aantrekkelijk voor alle betrokkenen. Na de eerste mijlpalen – meer werkgelegenheid, inkomsten en voedsel – zou een organisatie als Starbucks kunnen besluiten om haar klanten een gezond kopje ganoderma-koffie voor te zetten. Hierdoor zou de vraag de pan uit rijzen. Starbucks heeft ongeveer 19.000 vestigingen over de hele wereld. Er hoeven maar honderd klanten per verkooppunt een espresso, macchiato, latte of chai met toegevoegde ganoderma te bestellen (voor pakweg een halve dollar extra per kopje) en de meerwaarde is 365 miljoen dollar per jaar – lang geen peuleschil.

Stel dat Starbucks wil meehelpen aan de ontwikkeling van het Pulp to Protein-model bij koffieproducenten en in steden. De organisatie zou makkelijk 10 procent van de hogere winst in het programma kunnen steken ter ondersteuning. Dan hebben we het over 36,5 miljoen dollar per jaar. Dit zou zichzelf terug-

verdienen in de vorm van sociaal kapitaal en aftrekbare kosten. Om nog maar niet te spreken over de extra banen, inkomsten en gezondheidsvoordelen als de markt twee ton ganoderma per dag gaat afnemen. Dit komt neer op 25 dollar per pond paddenstoelen voor de koffieboer. Momenteel brengt koffie 2999 keer minder op voor de boer dan voor de andere betrokkenen. Met een wolkje ganoderma zou deze verhouding één op tien kunnen worden. Kortom, de landelijke en stedelijke economie krijgt een injectie die vraag en aanbod daadwerkelijk stimuleert en het consumentenvertrouwen opkrikt. Het gevolg? Een groter sociaal kapitaal en mogelijkheden op het gebied van werkgelegenheid en onderwijs die nu nog vrijwel ondenkbaar zijn.

Afval krijgt veel negatieve aandacht in de pers. Zo worden er bijvoorbeeld lijsten gepubliceerd met de ergste vervuilers ter wereld. Met het Pulp to Protein-model kan deze kwade reuk bij het grote publiek resoluut worden weggenomen. Niet langer zou afval worden geassocieerd met uitbuiting en armoede. In plaats daarvan zou men het als een 'product' kunnen gaan zien dat de ongelijkheid vermindert en de bestaanszekerheid van talloze mensen verbetert. Deze kans komt op een uiterst gelegen moment. Positieve reclame zal het bedrijfsmodel ondersteunen. Ondernemers die bereid zijn om in dit model te investeren kunnen een cruciale rol spelen in de maatschappij. Niet in de laatste plaats omdat ze hun klanten de gelegenheid bieden om een daad te stellen met hun koopkracht.

De methode zou ook op thee toegepast kunnen worden. De hoeveelheid biomassa die uiteindelijk in een kopje thee terechtkomt, is slechts de helft van wat de koffiedrinker consumeert – 0,1 procent. Ook houtsnippers van fruitbomen zijn bijzonder effectief als groeimedium voor paddenstoelen, hoewel minder dan koffiedik (met cafeïne). Toch zou dit houtafval van hoge kwaliteit niet verbrand hoeven worden zoals momenteel gebeurt. Ivanka Milenkovic van de Universiteit van Belgrado heeft testen uitgevoerd op snoeisels uit Engelse appelboomgaarden om te zien of dit als substraat kan dienen bij de paddenstoelenteelt. Zelfs midden in een koude winter gingen de paddenstoelen niet langzamer groeien. Als onderdeel van deze test kregen geiten de overblijfselen van het substraat voorgezet, die ze met smaak opaten (nog voordat wetenschappers het aminozuurgehalte hadden vastgesteld). Zoals eerder opgemerkt, hebben bizonen in New Mexico dezelfde smaak.

Als afval eenmaal als waardevolle grondstof wordt beschouwd dan zijn de mogelijkheden onuitputtelijk. De waterhyacint is een sierplant, oorspronkelijk afkomstig uit Latijns-Amerika, die chaos aanricht in meren, rivieren en stuwmereen en welig tiert op de voedingsstoffen die zich ophopen in watermassa's als gevolg van bodemerrosie en een overmatig gebruik van kunstmest. Volgens de nieuwe aanpak zou deze opdringerige waterplant niet langer te vuur en te zwaard bestreden hoeven worden. In plaats daarvan kan de waterhyacint worden ingezet als groeimedium voor paddenstoelen. Herkauwend vee, op zoek naar voed-

sel, zou niet de plant zelf eten maar het groeimedium dat overblijft na de oogst. In andere woorden, op basis van afval (van koffie, thee, fruitbomen, waterhyacinten, stro) kunnen astronomische hoeveelheden voedingsstoffen geproduceerd worden.

Ecosystemen inspireren ons om conventionele methoden los te laten en over te stappen op kringloopmodellen, waarbij afval uit het ene proces fungeert als grondstof voor het andere. Dit levert verschillende voordelen op voor veel partners, wat zowel eerlijk als positief is en helemaal past binnen de blauwe economie, waarin modellen zich steeds efficiënter ontwikkelen en aan diversiteit winnen. Op dezelfde manier als kale savannes uitgroeien tot regenwouden. Zo kan koffie, een normaal handelsgewas, als basis dienen voor voedselzekerheid en voldoen aan basisbehoeften (schoon water, frisse lucht, een vruchtbare bodem) terwijl lokale bevolkingen een aanzienlijk hoger inkomen genieten. Onder de huidige economische omstandigheden zijn 10.000 extra banen die al werden gegenereerd al een eclatant succes te noemen, maar in feite zouden 25 miljoen koffieboeren over de hele wereld profijt kunnen trekken van een dergelijk model. De mogelijkheden zijn eindeloos. Zelfs koffiereus Nestlé zou terug kunnen komen op zijn afwijzing van een aanpak die eerder buiten het bedrijfsconcept leek te vallen. Tenslotte valt er meer winst te behalen (en positieve reclame door een bijdrage aan voedselzekerheid en milieubeheer) dan met het exclusieve Nespressomerk. Met een beetje meer visie zou dat allicht de doorslag kunnen geven. Het bedrijf kan dan overstappen van een filosofie waar 'minder slecht' als goed wordt beschouwd, naar een levensbenadering waar 'meer goed doen' de basis vormt.

Drink het – eet het – draag het

Er is een scala aan mogelijkheden voor innovatie, mits we openstaan voor ideeën die verder gaan dan de status-quo. Oma wist maar al te goed dat als de koelkast een onaangenaam luchtje had, ze dat met koffiedrab kon oplossen. Met die waarneming zette Jason Cheng, oprichter van de Singtex Corporation (Taiwan), een bedrijf op. Hij produceert textiel dat wordt gemengd met een klein percentage koffiedrab, dat zowel geurtjes bestrijdt als ultraviolette straling tegenhoudt. Dat koffie luchtjes wegwerkt, wisten we dus al, maar het was een verrassing dat het in staat is de zon tegen te houden, met een beschermingsfactor 50. Het complexe verwerkingsproces van koffie, vanaf een uit Ethiopië afkomstige struik tot een in Colombia ontwikkeld fermenteringsproces en een in Italië geperfectioneerde brandtechniek, verschaftte deze Chinese innovator een ingrediënt op maat. Inmiddels levert Singtex geurdempende vezels aan meer dan honderd textielondernemingen, waaronder marktleiders als Nike en Adidas, pioniers als Patagonia en vernieuwers als Ecoalf uit Spanje. De synthetische vezels bevatten 5 procent koffieresidu. De met koffie verrijkte vezel verdrijft geur-

ren, zelfs nadat je flink gerend of geklommen hebt. Dat effect houdt zelfs na vele wasbeurten aan. Timberland bekleedt de binnenkant van zijn schoenen met die geurwerende stof en hangt er het label aan: 'Drink het, draag het'.

Synthetische vezels zijn 1500 dollar per ton waard. Functionele vezels worden verkocht tegen hoge prijzen. Koffieafval heeft geen waarde. Jason begon koffieprut te verzamelen bij de plaatselijke 7-Eleven-winkels, maar al gauw had hij onvoldoende aanvoer. Dat is een nieuwe kans; ditmaal voor de instantkoffieproducenten van de wereld: naast de extractie-eenheid die alleen met stoom het oplosbare deel van koffie isoleert, kan nu een recyclefabriek voor petflessen worden opgezet die draait op koffiedik, waardoor het inkomen van de fabriek verdubbelt. De instantkoffiefabriek Buendía in Chinchiná, eigendom van de Coöperatie van Koffieboeren in Colombia, ziet licht aan het einde van de tunnel. De twintig ton afvalkoffie, die momenteel wordt verbrand, zou het inkomen van de fabriek verdubbelen en het antwoord vormen op een dringende markt-vraag.

Zodra we deze kringloopweg opgaan en kansen zien, lijken de innovaties niet meer te stoppen. Crises zijn kansen. Ze bieden gebieden nu zelfs de mogelijkheid van herindustrialisatie met behulp van afvalstromen die de primaire sector weer concurrerend maken en boeren een fatsoenlijk inkomen bieden. We moeten Jason Cheng echt bedanken dat hij koffie in textiel deed, in de wetenschap dat de fysische en chemische eigenschappen zo sterk zijn dat ze ook na wassen en drogen nog werkt.

**WIE IN DE NATUUR EEN ENKEL
DRAADJE LOSTREKT
ONTDEKT DAT HET VASTZIT
AAN DE REST VAN DE WERELD.**

John Muir

HET VERHAAL VAN EEN ZIJDEN DRAAD

Landbouwgrond in de voorhoede

Eeuwen geleden zagen de Chinezen zich geconfronteerd met een toenemende vraag naar voedsel en een beperkte hoeveelheid vruchtbare aarde. Zoekend naar manieren om de toplaag te verbeteren, bestudeerden ze de stoffen en processen die natuurlijke systemen gebruiken om schrale grond opnieuw vruchtbaar te maken. Tegelijkertijd zagen ze dat in de landbouw en vee-teelt vaak te weinig mineralen en andere noodzakelijke stoffen in de kringloop werden gebracht, waardoor vruchtbaar land verarmde en uitdroogde. Deze ontdekking, en de oplossing die de Chinezen bedachten, veranderde niet alleen de manier waarop hun beschaving zich ontwikkelde maar kan ons ook helpen om de economie ecologisch te benaderen en duurzame strategieën te ontwerpen voor de meest uiteenlopende moderne producten, van vliegtuigen tot scheermesjes.

De witte moerbeiboom (*Morus alba*) gedijt goed in een groot deel van China waar de grond overwegend droog is. De bladeren worden gegeten door de larve van de moerbeivlinder (*Bombyx mori*), oftewel de zijderups. De uitwerpselen van de zijderups vallen op de aarde, waar ze bacteriën en micro-organismen aantrekken. Zo worden er snel voedingsstoffen geproduceerd die de toplaag verbeteren. In de loop der jaren, eeuwen of zelfs millennia neemt de dikte van de vruchtbare laag toe met ongeveer één millimeter per jaar, wat overeenkomt met 37 tot 62 ton aan vruchtbare bovengrond per hectare.

Deze natuurlijke symbiose van larven en bomen en hun bijdrage aan de vruchtbaarheid van de aarde konden voedselzekerheid verschaffen aan een uitdijende bevolking. In China ging een grootschalig aanplantprogramma van

start. Terwijl dynastieën kwamen en gingen, werd en bleef de landbouwgrond vruchtbaar. Land dat eerst onvruchtbaar was kon weer gebruikt worden zonder dat het hoefde te worden bewerkt, omgeploegd of bevoeid. De boeren combineerden de zijdeteelt met die van bonen en aardnoten. In de loop der geschiedenis begonnen landen in het Midden-Oosten en Europa ook moerbeibomen te planten waardoor ze konden profiteren van de positieve effecten – vruchtbare grond en erosiebeheersing. De Italianen en Turken legden wijngaarden aan en plantten moerbeibomen langs de randen om erosie tegen te gaan op hun druivenhellingen.

Toen de aandacht zich verlegde van duurzame landbouw naar commerciële monoculturen raakten deze natuurlijke methoden om teelaarde te maken op den duur in de vergetelheid. Men zag niet langer in dat er enorme rijkdommen te behalen vielen met de productie van een van de meest legendarische producten uit de menselijke cultuur: zijde, een natuurlijke polymeer, gesponnen uit de cocon van de zijderups.

Volgens een oude, Chinese legende was het de Chinese keizerin Xi-Ling Shi (de Vrouwe van de Zijderups) die ontdekte dat de cocon van de zijderups kon worden gebruikt als draad. Op een middag, toen ze onder de moerbeiboom thee zat te drinken, viel er een cocon in haar kopje. Ze zag hoe de sterke, gladde draden van de cocon zich afwikkelde en trok ze uit haar kopje. Verbaasd en opgetogen hield ze uiteindelijk een zijdedraad van meer dan driehonderd meter over. Er wordt gezegd dat de keizerin de eerste was die zijde verwerkte in kleding en er vruchten en groenten mee omwikkelde – een beproefde conserveermethode. Aan haar echtgenoot, keizer Huang Di (de legendarische Gele Keizer) wordt de uitvinding toegeschreven van technieken om zijderupsen te kweken en draden te spinnen. Er wordt tevens verteld dat hij de mensheid leerde om voorwerpen te vervaardigen van hout, keramiek en metaal, en dat hij als eerste opdracht zou hebben gegeven om voertuigen op wielen en boten te bouwen.

Zoals de legende aangeeft, was de ontdekking van zijde een gelukkig toeval. Het is een bijproduct dat aanvankelijk nauwelijks waarde had, vergeleken met het strategische langetermijnbelang van bodemverbetering en bemesting van onvruchtbaar land. Vervolgens heeft het natuurproduct zijde in de afgelopen tijd geleden onder de opkomst van textiel, dat bestaat uit synthetische polymeren gemaakt van petrochemische producten. In andere woorden, een niet-hernieuwbare grondstof (olie) nam de plaats in van een duurzaam product (zijde). Bovendien beroofde dit de landbouwgrond, waarop eerst combinatie-teelt plaatsvond, van miljoenen tonnen bemesting. De (sterkere en goedkopere) synthetische stoffen werden zo populair dat de productie van zijde instortte. De aanplant en teelt van moerbeibomen stokten. Een duizenden jaren oude traditie om de bodem te verbeteren raakte in onbruik omdat het bijproduct zijde niet langer concurrerend was op de moderne markt. Terwijl plastics en polymeren

oprukten tot in de verste uithoeken van het consumptieproces, kon het land alleen nog maar met behulp van petrochemische kunstmest voedsel produceren. Er was meer energie nodig voor de oogst en de landbouw raakte steeds verder afhankelijk van fossiele brandstoffen. De uitstoot van broeikasgassen nam toe.

Erosie van de vruchtbare bovengrond vormt een van de grootste bedreigingen voor de voedselzekerheid van toekomstige generaties. Uit Ethiopië, een land met hoge bergen, steile hellingen en veel erosie, wordt per jaar naar schatting 1 miljard ton vruchtbare aarde weggevoerd door regen en wind. Dit is een van de redenen waarom hongersnood in Ethiopië altijd op de loer lijkt te liggen. Het land is niet in staat om genoeg graanreserves op te bouwen voor voldoende voedselzekerheid. Jaarlijks verliest het Afrikaanse continent alleen al door stofstormen 2 tot 3 miljard ton vruchtbare grond. Niet alleen wordt zo de landbouw ondermijnd; een deel van het stof komt terecht in het Caribisch gebied waar het de zee vertroebelt en koraalriffen beschadigt. En dat allemaal omdat de landbouwpraktijken die de Europese kolonisten meebrachten naar Afrika niet geschikt zijn voor de daar heersende klimatologische omstandigheden.

Er zijn nog steeds boeren die op een traditionele manier zorgen voor de vruchtbaarheid van de aarde waarin ze zaaien. Maar de meesten vertrouwen op kunstmest, pesticiden en intensieve irrigatie. Bij de moderne landbouw verdwijnt per jaar gemiddeld 2,5 tot 25 ton teelaarde per hectare maar soms loopt dat op tot tussen de 300 en 600 ton. Er zijn zelfs gevallen bekend waarin per hectare 1850 tot 4400 ton aarde door een enkele stortbui werd weggespoeld. Al deze factoren bij elkaar zorgen ervoor dat boeren zich makkelijk laten overhalen om kunstmest toe te passen en genetisch gemodificeerde zaden te gebruiken. Er worden hogere opbrengsten beloofd maar vaak komt dat alleen in het begin uit of is er ronduit sprake van misleiding.

Vijf jaar lang heeft professor George Chan, na een lange carrière bij het Amerikaanse Milieuagentschap (EPA – Environmental Protection Agency), uitgebreid de geïntegreerde landbouwsystemen bestudeerd van de traditionele Chinese methode om zijderupsen te kweken op moerbeibomen. Vervolgens hielp hij boerengemeenschappen in meer dan 70 landen om duurzame voedselketens op te bouwen, inclusief bodemverbetering, door de aanplant van moerbeibomen en de teelt van zijderupsen. Dankzij professor Chans technieken hebben een aantal landbouwbedrijven in Namibië, Duitsland, Japan, Fiji en de VS hun eigen duurzame strategieën kunnen ontwikkelen. Zo zorgt een oeroude Chinese traditie voor diepgaande veranderingen in de moderne voedselindustrie.

Zijde als kooldioxidevanger

Natuurlijke zijde bevat minimaal 30 procent koolstof. De opkomst van petrochemische vezels heeft een einde gemaakt aan het terugdringen van de concentratie CO₂ in de atmosfeer door zijde en moerbeibomen. Hetzelfde geldt voor

de ermee samenhangende bodemverbetering. Dit voorbeeld geeft al aan dat de uitstoot van aardoliegassen slechts de helft van het probleem uitmaakt. Dat een duurzaam product (zijde) wordt vervangen door een niet-duurzaam product (aardolie) leidt tot het verdwijnen van natuurlijke koolstofputten. Daardoor werkt het ecosysteem minder efficiënt; het is niet langer mogelijk om voedings-elementen in de bodem voldoende aan te vullen. Er moet kunstmest worden toegevoegd. Dit leidt tot de uitstoot van extra broeikasgassen. Temeer daar stikstofhoudende kunstmest een belangrijke bron is van distikstofoxide (N_2O).

Volgens de Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering (IPCC) heeft dit gigantische gevolgen, ook al komt het gas slechts in kleine hoeveelheden vrij. De uitstoot van één ton N_2O komt overeen met de uitstoot van 310 ton CO_2 . Traditionele landbouwtechnieken werken in harmonie met ecosystemen die worden gekenmerkt door een delicate onderlinge verbondenheid. De teloorgang van de zijdeproductie laat zien hoe dergelijke positieve kringlopen worden verstoord als er een monocultuur ontstaat rondom synthetische materialen. Kunstmest en plastic, symbolen van de moderne tijd, zijn in werkelijkheid toonbeelden van hoe productie- en consumptiesystemen hun duurzaamheid verliezen.

Wallace Carothers, de uitvinder van nylon voor chemiebedrijf DuPont, kan niet geweten hebben dat zijn op aardolie gebaseerde vezel zou leiden tot de ont-wrichting van een ecosysteem waarbinnen industriële productie al vijf millen-nia lang op harmonieuze wijze samenging met duurzame voedselketens, die het land en de landbouw ten goede kwamen. We kunnen met recht zeggen dat onze hang naar modernisering gepaard gaat met een verbijsterende onwetendheid omtrent de gevolgen van onze uitvindingen. Hoe kunnen we dan nu verwachten dat regeringsinstanties en bedrijven de problemen van de klimaatverandering oplossen, tenzij ze inzicht krijgen in de duizenden kringloopconnecties die vernietigd kunnen worden door gemakzuchtige onwetendheid? Als we vat krijgen op de elegante interactie tussen natuurkunde en biochemie binnen bestaande ecosystemen, kunnen we daar baanbrekende innovaties op modelleren. Dit opent allerlei mogelijkheden op het gebied van vooruitgang en een toereikende voedselvoorziening. Het is aan ons allen om deze kansen ten volle te benutten.

De geometrie van zijde

Onderkenning van het probleem voert ons ook naar een oplossing. Er bestaan honderden diersoorten die zijde kunnen maken. Mieren, wespen, bijen, mosselen, spinnen... Slechts één daarvan – de Chinese zijderups – is gecultiveerd. Met behulp van complexe apparatuur kunnen we al die verschillende soorten zijde tegenwoordig op nanoniveau analyseren. De wetenschap begint door te krijgen dat natuurlijke polymeren beter kunnen presteren dan sommige synthetische weefsels en zelfs beter dan titanium, dat geacht wordt het sterkste metaal

ter wereld te zijn (per eenheid van gewicht). Als we net als de bovengenoemde soorten kunnen leren biocompatibele polymeren te maken, zonder energiever-slindende processen en met gebruikmaking van ter plaatse beschikbare voe-dingsstoffen, dan is er heel veel mogelijk. Inclusief een positieve kringloop die bodemherstel en klimaatstabilisatie omvat.

Tijdens zijn onderzoek in Centraal-Amerika voor het Smithsonian Institutie-on stuitte professor Fritz Vollrath van Oxford University op de gouden zijdespin, *Nephila clavipes*, die prachtig goudkleurige webben weeft met een doorsnede van een meter. Hij raakte gefascineerd door experimenteel bewijsmateriaal dat aan-gaf dat de functie van de kleur tweeledig was: om prooi te lokken en als camoufla-ge. Na tientallen jaren onderzoek begreep hij veel meer van zijde en de opmer-kelijke eigenschappen ervan: spankracht, sterkte, soepelheid. Hij besepte dat de buitengewone kenmerken van spinnenzijde het gevolg zijn van de geometrische vorm op nanoniveau. Geometrie is een tak van wiskunde. Vollrath maakte hier ge-bruik van om uit te vinden hoe de kristallijne en niet-kristallijne structuur van zijde zorgen dat het materiaal vaak sterker is dan metalen en plastic kunststoffen. Door de druk en de vochtigheidsgraad in haar achterlijf te veranderen tijdens het spinnen is de gouden zijdespin in staat om zeven verschillende soorten zijde te produceren.

Het web van de *Nephila clavipes* is veel veerkrachtiger en past zich beter aan wisselende omstandigheden aan dan dat van andere spinnen. Dat spinnenzijde zo extreem sterk is, komt door het regelbare vouwen, tijdens het spinnen, van de eiwitten waaruit de zijde bestaat. Dit vouwproces hangt grotendeels af van de precies afgemeten onttrekking van water, bereikt dankzij slechts de druk in het achterlijf van de spin. Professor Vollrath vergeleek de verschillende metho-den die spinnen en insecten gebruiken om te weven, wat tot een beter begrip leidde van de manier waarop spinsel wordt afgescheiden.

Spinnen beschikken over het opvallende vermogen om hun web te recyclen en aan te passen aan nieuwe omstandigheden. Ze eten de spinrag op die ze wil-len vervangen en zetten de polymeren weer om in de oorspronkelijke aminozu-ren. Een zeer indrukwekkende prestatie en een van de beste recycleprogra-ma's ooit ontworpen voor een polymeer. Vergelijk dat eens met het moderne wegwerpplastic dat zich blijft ophopen tot een gigantisch drijvend continent van plastic afval in de Stille Oceaan, en het leven in zee stelselmatig vergiftigt.

Maar spinnen temmen is moeilijk. Het zijn agressieve wezens. En zelfs als hun defensieve gedrag kan worden omzeild dan nog is hun productiecapaciteit gering. Ze zijn te veel bezig met recyclen en weven hun web steeds opnieuw in een ander soort spinsel, aangepast aan de omstandigheden. Daarbij produceren ze weinig nieuw materiaal. Deze beperkingen dwongen Vollrath om de struc-tuur van de zijde van de zijderups te vergelijken met het spinsel van de gouden zijdespin. Met elementaire aminozuren als bouwstenen veranderde hij samen

met zijn team in Oxford het materiaal van de zijderups volgens het recept van de spin. De eigenschappen van de speciale polymeer die ze ontwikkelden zijn identiek aan de unieke kenmerken van spinnen zijde.

Professor Vollrath werkt aan een systematische aanpak van de productie van biocompatibele polymeren uit duurzame bronnen. Dit komt in grote lijnen overeen met de oorspronkelijke Chinese strategie om de bodem te verbeteren. Gebaseerd op baanbrekende research heeft Vollrath een aantal bedrijven opgezet om dit soort polymeren te produceren en markten aan te boren waar deze biocompatibele producten beter zullen presteren, tegen lagere prijzen, dan dure metaallegeringen of polymeren op basis van aardolie. In plaats van onbedoelde schade aan te richten, bijvoorbeeld door de uitstoot van broeikasgassen, kunnen deze producten onze economie beter laten aansluiten op de oorspronkelijke doelen van de traditionele zijdeproductie in China: herstel, vernieuwing en overvloed – van rijke, vruchtbare aarde, goede oogsten en weer binden van CO₂.

Meer dan een eeuw geleden werd er jaarlijks ongeveer 1 miljoen ton ruwe zijde geproduceerd. Nu minder dan 100.000 ton per jaar. Met uitzondering van luxestoffen (onder andere voor het modehuis Hermès) zal de toekomstige zijdemarkt zich niet richten op de vervaardiging van textiel of kleding. Qua prijs kan het materiaal niet concurreren met synthetische polymeren van vertrouwde merken met een groter marktaandeel in de textielindustrie. Daarentegen overtreft de ‘nieuwe zijde’ in sommige toepassingen dure metalen zoals roestvrij staal en titanium (de prijs-prestatieverhouding kan zes keer zo hoog zijn). Titanium wordt veel gebruikt bij de constructie van straalmotoren, ruimtevaartuigen, ontziltingsinstallaties, medische protheses, orthopedische en tandheelkundige implantaten, sportproducten en mobiele telefoons. Hoewel de luchtvaartindustrie de grootste gebruiker is, wordt het metaal ook steeds meer toegepast in roestvrij staal voor consumptiegoederen, en bovendien in fietsframes, sieraden, implantaten en protheses, waar de hittebestendigheid en hardheid van het metaal geen rol spelen.

Op dit punt is er een potentiële strategische verschuiving binnen het bedrijfsconcept te zien, dat tot een nieuw economisch ontwikkelingsmodel kan leiden. Bij de vervaardiging van titanium uit metaalerts worden grote hoeveelheden magnesium, chloor en argon gebruikt. Titanium moet worden gelast in een inerte atmosfeer om te voorkomen dat het in aanraking komt met zuurstof, stikstof of waterstof. Dit proces verbruikt veel energie en zeldzame delfstoffen waardoor er aan het uiteindelijke product een hoog prijskaartje hangt. Bewerkt en gehard titanium biedt een gunstige verhouding tussen treksterkte en dichtheid. Daarnaast heeft het een hoge resistentie tegen zuurstof- en zeewatercorrosie. Vanwege deze wenselijke eigenschappen zijn klanten bereid om meer te betalen en de bijkomende schade aan het milieu te negeren. Als we de gebruiks-

cyclus van titanium afzetten tegen de eenvoud van het proces voor de omzetting van moerbeiblaadjes in zijde – dat geen zware eisen stelt aan temperatuur, druk- en vochtigheid – dan komt zijde duidelijk ergens bovenaan in de duurzaamheidsindex. Hoe bovengenoemde industrieën duurzamer zouden kunnen worden, valt niet moeilijk te begrijpen. Bedrijven die hun voordeel willen doen met Vollraths ontdekkingen met betrekking tot de configuratie van zijde op nanoniveau zullen in de biocompatibele zijdepolymeren vaak ideale vervangers vinden voor hoogwaardige metalen.

Het scheelt maar een haar

Een alomtegenwoordig voorbeeld van een niet-duurzaam consumptieproduct is het scheermesje. Weinig activiteiten zijn zo banaal als scheren. Haren groeien dag in, dag uit. Op grotschilderingen is te zien dat zelfs prehistorische mannen ongewenste haren weghaalden met stenen en schelpen. In de bronstijd leerden mensen om simpele metalen te smeden; prompt vervaardigden ze scheermesjes uit ijzer en brons. De oude Egyptenaren schoren zowel hun kin als hun hoofd en deze gewoonte werd op den duur overgenomen door de Grieken en de Romeinen. Vooral door soldaten die zich voorbereidden op gevechten van man tegen man (de afwezigheid van een fikse haardos maakte dat de vijand minder grip op de ander had).

In scheermesjes uit het begin van de eenentwintigste eeuw zit bijna twintig keer zo weinig metaal als in de eerste wegwerpmesjes die King C. Gillette meer dan honderd jaar geleden op de markt bracht. Hoewel dit duidt op een efficiënt materiaalgebruik, resulteren de lagere kosten en grotere betaalbaarheid ook in het ondermijnen van de noodzaak om de levensduur van het product te verlengen. Het formidabele onderzoeksteam van Gillette is steeds bezig om de winst te verhogen en het marktaandeel uit te breiden, waardoor het aantal scheermesjes (en daarmee het totale gewicht aan metaalafval) spectaculair toeneemt. Naar schatting eindigen jaarlijks 10 miljard wegwerpmesjes, en daarmee 250.000 ton kostbare metalen, op de stortplaats. Bij de nieuwste modellen is het aantal scheerbladen helaas opgelopen van twee naar vijf of zelfs zes. Hier zien we een terugslag die alle verbeteringen qua efficiëntie in de afgelopen vijftig jaar ongedaan maakt.

Scheermesjes zijn voortdurend blootgesteld aan vocht en moeten daarom vervaardigd worden van corrosiebestendig staal of titanium. Het staal moet zo hard zijn dat de vorm van het mesje intact blijft maar toch flexibel is. Gehard staal heeft de voorkeur omdat het naast ijzer tevens koolstof, silicium, mangaan, chroom en molybdeen bevat. Daarbovenop komt een deklaag van titanium. Het staal wordt verhit tot een temperatuur rond de 1100 °C en daarna gehard door het te laten schrikken in water bij een temperatuur van -70 °C. Vervolgens wordt het getemperd bij 350 °C; met een snelheid van pakweg 800 tot 1200 exemplaren per

minuut worden de mesjes geperst om de vereiste snijrand te verkrijgen. Een scheerblad is uiterst dun. Daarom is er een speciale metalen en plastic bevestiging vereist binnen de houder. Roestvrij staal is onderdeel van een productie- en consumptiepatroon dat verre van duurzaam is, net als titanium. En na slechts een paar scheerbeurten wordt het scheermesje weggegooid.

De scheermesjesindustrie kan kiezen. Of alle energie steken in een verhoging van het marktvolume. Of de bedrijfstak ombouwen tot een sector die bijdraagt aan de oplossing van de milieu- en werkgelegenheids crisis en tegelijkertijd betere en goedkopere producten uitbrengt. Professor Vollrath denkt dat een hybride samengesteld uit zijde en een goed gekozen mineraal scherp en hard genoeg zou kunnen zijn om keratine (het eiwit waaruit haar is opgebouwd) af te snijden. Een rol met honderden fijne draadjes kan de baardharen afsnijden net zoals een oude grasmachine dat deed. Grote fabrikanten zoals Schick en Gillette zouden er goed aan doen om contact met Vollrath op te nemen en de mogelijkheden grondig te onderzoeken. Dat zijde wellicht de plaats kan innemen van delfstoffen – wat leidt tot minder uitstoot en zelfs tot opvangen van CO₂ – wijst op kansen voor een ideale kosten-batenverhouding. Als de prijs van bewerkte zijde honderd dollar per pond is dan kosten scheermesjes van zijde minder dan een dollar per stuk. En toch zouden ze even goed kunnen functioneren – en aanvoelen – als de modernste mesjes van staal en titanium, vervaardigd volgens de gangbare industriële processen.

Zacht als zijde

Er is een ander product waarbij niet-duurzame polymeren gebruikt worden, hoewel dat veelal aan de aandacht van de consument ontsnapt omdat bij de fabricage sprake is van bedrijfsgeheimen: cosmetica. Op water na zijn polymeren de meest voorkomende ingrediënten in schoonheids- en verzorgingsproducten. Allerlei verschillende polymeren doen dienst als filmvormer, fixermiddel, verdikkingsmiddel, emulgator, stimulus-reactief middel, conditioner, schuimstabilisator, middel om het gevoel op de huid te verbeteren en als antimicrobieel agens. De marktwarde van deze synthetische polymeren bedraagt momenteel 15 miljard dollar en dit bedrag neemt gestaag toe. Ze hebben de talloze ingrediënten verdrongen die vroeger uit natuurlijke bronnen werden gehaald. Het is misschien vandaag moeilijk voorstelbaar dat zijde ooit de plaats in kan nemen van roestvrij staal in scheermesjes en vliegtuigen. Deze stap is minder problematisch bij huid- en haarverzorgingsproducten die we tenslotte veel sneller associëren met het begrip ‘zijdezacht’. Het zou weleens heel gunstig en winstgevend kunnen zijn voor de cosmetische industrie om nanotechnologische producten op basis van zijde te gebruiken in plaats van synthetische polymeren.

Er hoeft maar één marktleider over te stappen van synthetische op natuur-

lijke polymeren om andere belangrijke merken op een idee te brengen. In eerste instantie zal het proces vermoedelijk worden toegepast in zonnebrandcrème omdat zijde een tweeledige functie heeft. Zijdepolymeren kunnen structuur geven aan de crème en de uv-straling verstrooien. Daarnaast zou zijde ook als biocompatibele vervanger kunnen dienen voor titaanoxide in dure producten die beschermen tegen de schadelijke gevolgen van uv-straling.

De markt voor haarkleuringsproducten is eveneens een gebied waar natuurlijk geproduceerde nanostructuren op basis van zijde snel een marktaandeel zouden kunnen verwerven. De oude Grieken en Romeinen gebruikten al sterk alkalische zeep, gekookte walnoten en henna om hun haar een andere tint te geven. Dergelijke producten zijn vrij onschadelijk maar houden de kleur niet lang vast. Daarentegen hebben producten die 'onvriendelijke' chemische polymeren bevatten een langdurigere uitwerking. Naar aanleiding van gepubliceerd onderzoek waarin kanker in verband werd gebracht met blootstelling aan haarverf is de Amerikaanse Inspectie van Voedings- en Geneesmiddelen (FDA) de mogelijke toxiciteit van dergelijke haarverven gaan onderzoeken. Dankzij de nieuwe inzichten in de werking van zijdepolymeren is het nu mogelijk om biocompatibele producten te ontwikkelen die een gewenste kleur kunnen geven en vasthouden. Zijdepolymeren en andere duurzame biologische grondstoffen zouden heel goed de gevaarlijke haarverfmiddelen kunnen vervangen en daarmee een kringloop op gang brengen van positieve effecten op de gezondheid en ecosystemen.

Biocompatibele medische toepassingen

Zijdegaren wordt al vele jaren over de hele wereld gebruikt voor hechtingen bij complexe chirurgische ingrepen en oogheelkundige operaties. Het is geschikt voor dit doel omdat de vezels zacht en zeer dun zijn en toch een grote trekkracht hebben. Het garen kan makkelijk worden vastgeknoopt maar komt niet snel los. Omdat zijde is opgebouwd uit eiwitten is acceptatie door het menselijk lichaam geen probleem. Hierdoor hoeft zijdegaren niet operatief verwijderd te worden. Zijde wordt ook al ingezet bij andere bestaande medische toepassingen zoals filters die beschermen tegen hooikoorts, gaasjes en verband dat wordt gebruikt bij huidaandoeningen. De ontwikkeling van technieken om zijdevezels op te lossen en vliezen te vervaardigen uit zijdeproteïne, heeft de weg vrijgemaakt voor onderzoek naar het gebruik van zijde in kunst huid, bloedvaten, pezen en bij de regeneratie van beschadigde zenuwen en tevens in contactlenzen, katheters bij chirurgische ingrepen en antistollingsmiddelen. Bij al deze toepassingen wordt gebruikgemaakt van de biocompatibiliteit en het doorlatend vermogen van zijde.

Als het kraakbeen uit een knie of de wervelkolom beschadigd is en niet weer kan aangroeien, laat men tegenwoordig een kunstknie of kunstwervel

van titanium inzetten. Een ander product dat door professor Vollrath en zijn team uit zijde wordt ontwikkeld is een poreus materiaal dat beschadigd kraakbeen kan genezen, door in samenhang met de immuunreactie van het lichaam de groei van nieuw fibreus kraakbeen te stimuleren op de plek waar het wordt ingebracht. Door gebruik te maken van een natuurlijk systeem met biocompatibele componenten kan een bestaande structuur worden versterkt. Dit in tegenstelling tot een systeem met dure en niet-biocompatibele componenten die middelen ter onderdrukking van het immuunsysteem vereisen om afstoting te voorkomen. De wereldmarkt voor biocompatibele componenten is nu al bijna 20 miljard dollar per jaar waard, met naar schatting een jaarlijkse groei van meer dan 10 procent. Zijde zal binnenkort niet alleen worden gebruikt voor hechtingen maar ook bij wondverbanden, kunstgewrichten en orthopedische protheses. En dit is allemaal gebaseerd op inzicht in de werking van natuurlijke systemen.

Dat er vraag is naar hoogwaardige medische hulpstukken op basis van zijde is een bewijs dat deze producten financieel levensvatbaar kunnen zijn, zelfs onder de huidige economische omstandigheden. Professor Vollrath en zijn team hebben al producten op de markt gebracht met zijde als grondstof. Als deze technologie wereldwijd verkrijgbaar is, zal de vraag naar zijde aanzienlijk toenemen. Dankzij research ten behoeve van dergelijke complexe producten zal het simpeler worden om scheermesjes of cosmetische ingrediënten op basis van zijdepolymeren te produceren. Het kan, als we maar willen! En wie gaat dat doen? Schick, Gillette, of misschien een groep ondernemers die bereid zijn om een niet-duurzaam consumptiegoed om te vormen tot een kwaliteitsproduct dat kooldioxide opvangt en zijdezacht is in het gebruik? Honderd jaar geleden, toen de productie van zijde op traditionele grondslag op zijn hoogtepunt was, kwam er jaarlijks 1 miljoen ton op de markt. Zelfs als de vraag naar zijde voor nieuwe producten blijft steken rond de 100.000 ton in het komende decennium dan zal dit nog steeds een zeer gunstig effect hebben op de toename van vruchtbare landbouwgrond.

Vereende kunsten

China heeft een bijzondere traditie met zijde, maar ook met bamboe. Zijde is verslagen door goedkope nylon, bamboevlechtwerk door zijn eigen geautomatiseerde massaproductie. Nu is er een nieuwe kunst van bamboevlechtwerk opgekomen, waarbij met de hand vormen worden gecreëerd die tientallen zo niet honderden jaren in model blijven zonder dat er metaal of lijm aan te pas komt. Deze vormen worden op natuurlijke wijze bedekt door rupsen die maandenlang aan een deken van zijde werken. Een op maat gemaakte wieg wordt zorgvuldig bedekt door duizenden zijderupsen die op zoek zijn naar een veilig huis. Ruwe zijde heeft een aantal unieke eigenschappen: het is vrij van virussen,

bacteriën en schimmels en vormt een omgeving die iedere ouder voor zijn of haar kind zou wensen. Afzonderlijk zouden zijde en bamboe de mondiale concurrentie niet aankunnen; samen vormen ze een product dat uniek is en kan concurreren met alles wat er momenteel voorhanden is.

Deze aanpak is vooral aantrekkelijk omdat er geen fabrieksbanen door op de tocht komen te staan. Het aantal banen dat eventueel verloren gaat valt in het niet bij het aantal nieuwe banen – 1,5 miljoen potentiële banen voor elke 100.000 ton extra geoogste zijde. Een duurzaam model, op basis van zijde in plaats van plastic, is concurrerder en makkelijker te verkopen. De bodem herstelt zich en er wordt minder CO₂ uitgestoten. Dit is de blauwe economie die hopelijk ooit een centrale rol zal spelen in de moderne samenleving.

DE ZON, OMRINGD DOOR PLANETEN
DIE VAN HAAR AFHANKELIJK ZIJN,
LAAT EEN TROS DRUIVEN TOT
RIJPING KOMEN –
ALSOF ER IN HET HEELAL NIETS
BETERS TE DOEN IS.

Galileo Galilei

10

VAN MACHTIG TOT MINUSCUUL

Met kloppend hart

We maken ons – terecht – druk om de door mensen veroorzaakte klimaatverandering. Tegelijkertijd wordt de mensheid belaagd door twee dodelijke gevaren. Aan de ene kant sterven er kinderen door ondervoeding in de vorm van een tekort aan de meest elementaire voedingsstoffen. Aan de andere kant sterven er volwassenen door verkeerd eten in de vorm van te veel slechte voedingsstoffen. Te veel ‘kunstmatig’ en bewerkt voedsel in combinatie met een gebrek aan voldoende lichaamsbeweging tast de kwaliteit van ons leven aan en verkort het. Wrang genoeg weten we dit maar al te goed. Maar tot dit patroon verandert, is het noodzakelijk om mensen op hartaandoeningen te testen.

Hartaandoeningen eisen meer levens dan welke andere ziekte ook. Medische onderzoekers proberen hier al tientallen jaren iets aan te doen en hebben manieren ontwikkeld om technologie toe te passen die bijdraagt aan het verhelpen van hartstoeornissen. Dr. Jorge Reynolds is zo’n onderzoeker. Hij studeerde elektrotechniek aan Cambridge University. Na zijn afstuderen in 1953 bedacht hij een methode om hartritmestoeornissen te verhelpen: elektrische stroom geleverd door een autoaccu werd gemoduleerd en via elektrodes aan het hart van een patiënt doorgegeven.

Tussen 1954 en 1964 ontwikkelde professor Reynolds een prototype voor een pacemaker die in het hart kon worden geplaatst en de harts slag corrigeert. In het begin was het apparaat dat de stroom voor de pacemaker leverde even groot als een autoaccu op wieljes; de postoperatieve patiënt diende er voortdurend op aangesloten te blijven. Toch hadden meer dan 1700 patiënten baat bij zijn uitvinding. (In 2012 bleek zelfs dat drie van deze patiënten nog in leven waren.) Het

prototype is te bezichtigen in het Museum of Science and Industry in Manchester. In de jaren zestig droeg Reynolds zijn patenten en protocollen over aan derden die ze verder ontwikkelden. Vanaf dat moment wijdde hij zijn leven volledig aan research. Hij zocht naar een betere manier om het menselijk hart aan de gang te houden. Gedreven door nieuwsgierigheid begon hij in de loop van zijn onderzoek de hartfunctie van andere zoogdieren te bestuderen. Ten slotte raakte hij volledig in de ban van het hart en de bloedsomloop van walvissen.

Energie uit walvissen

Ooit was de walvis een landzoogdier dat terugkeerde naar zee en vervolgens uitgroeide tot het grootste en intelligentste dier op aarde. In de achttiende eeuw was het vetweefsel van de walvis (blubber) een zeer gewild product. Er werd walvistraan (olie) uit gewonnen, dat over de hele wereld werd verhandeld. Mensen gebruikten het in lampen of om mee te koken. Door intensieve jacht stierf de walvis bijna uit. Het zou nog 250 jaar duren tot de mens eindelijk besefte dat het echte wonder van de walvis niet zijn onderhuidse speeklaag is maar het vermogen om zijn gigantische hart zo efficiënt te laten werken. Reynolds observeert al meer dan dertig jaar de hartslag van de walvis volgens een niet-invasieve methode.

Hij vroeg zich onder meer af hoe het hart van dit magnifieke zoogdier zich aanpaste terwijl er zulke verregaande fysieke en fysiologische transformaties plaatsvonden. Walvissen worden circa tachtig jaar oud. Al die tijd – en zonder enige vorm van onderhoud of externe interventies – pompt het hart, ingebed in blubber, bij elke harteklop bijna 1000 liter bloed door 160 miljoen kilometer (slag)aders en vaten. Die spieren, kleppen, aders en slagaders hebben zich in de loop der tijd ontwikkeld, maar Reynolds vroeg zich af hoe de elektrische stroompjes die het hartritme in stand houden, worden gecoördineerd op een schaal die duizendmaal zo groot is als in het hart van de hondachtige voorouder van de walvis. Er zijn geen gevallen van hartstilstand bij walvissen bekend. Maar als ons hart door zo veel vet omringd was, zou het ermee ophouden.

Reynolds stelde de volgende belangrijke vragen: Wat kunnen we hiervan leren? Welke aanwijzingen zijn er te vinden? Niemand wist het antwoord. Hij stelde zich ten doel om letterlijk alles te weten te komen over het hart van de walvis en andere zoogdieren. Om de hartgegevens te kunnen vastleggen op een grafiek ontwierp hij een speciaal ecg-apparaat dat aan de walvis bevestigd kon worden en de opgedane informatie via een satellietverbinding naar zijn onderzoekscentrum in Bogotá (Colombia) stuurde. Het viel niet mee om zo'n apparaat te ontwerpen en te maken en de verzending van de elektronische gegevens te regelen. Maar de echte uitdaging was de bevestiging. Reynolds deed dat met de hand, één walvis tegelijk, vanuit een open boot op de oceaan. Wetenschap op het scherp van de snede!

De carrière van Reynolds op het gebied van hartonderzoek omspannt vijf decennia. Hij richt zich niet alleen op walvissen maar heeft ook ecg's gemaakt van meer dan tweehonderd verschillende dieren. Kleine vliegjes, de zeldzame roze orinocodolfijn in de Amazone en de merkwaardige grazende zeeleguaan op de Galapagoseilanden. Tot nu toe hebben Reynolds en zijn team al meer dan tien-duizend ecg's van walvissen verzameld, tegenwoordig met behulp van supermoderne systemen met geluidsfilters (oorspronkelijk bedoeld voor militaire spionage) om onder water geluiden op te nemen en te filteren. Op deze manier is het niet langer nodig om de apparatuur daadwerkelijk aan de walvis te bevestigen. De grote hoeveelheid data die het team verzamelde, stelde Reynolds in staat om heel precies in kaart te brengen hoe een walvishart functioneert. Medische ontleding van overleden gestrande walvissen leverde nog meer opmerkelijk feitenmateriaal op. Wetenschappers gaan ervan uit dat de walvis over een netwerk van cellen beschikt dat de elektrische signalen in en rondom het hart verzorgt. Op hun beurt regelen deze signalen de werking van het hart. Het netwerk kan zich zelfs aanpassen om beschadigd weefsel te omzeilen.

De intense leergierigheid van Reynolds maakte dat zijn research veel verder ging dan het observeren van de hartslag. Om op moleculair niveau te kunnen begrijpen hoe de ionkanalen van cellen in het hart precies omgaan met ionen van kalium, natrium en calcium om de samentrekking van de hartspier te coördineren, bestudeerde hij de gehele wordingsgeschiedenis en de veranderingen in het hart van de walvis vanaf de allereerste embryonale verschijningsvorm na de bevruchting. Met behulp van de (gewoon in de winkel verkrijgbare) technische software van AutoDesk maakte hij een virtueel hart in 3D, waarin hij zijn bevindingen verwerkte. En hij maakte de informatie openbaar, zodat andere wetenschappers en cardiologen toegang kregen tot zijn grafische model.

Dankzij zijn observaties ging hij heel anders denken over de principes achter de pacemaker. Deze vrijwel alomtegenwoordige hartstimulator verlengt het leven van miljoenen mensen. Pacemakers werken op batterijen, worden diep in het hart aangesloten en nemen het over als ons biologische vermogen om de juiste elektrische signalen op te wekken het laat afweten. Echter, in de loop der tijd kregen honderdduizenden gebruikers last van defecten. Dit noopte Reynolds om naar ongewone oplossingen te zoeken. Eerst had hij nog zijn bedenkingen over het idee dat bij hem opkwam, omdat het zo simpel was. Geïnspireerd door de walvis besloot hij om iets te maken wat de functie van het flinterdunne signaalweefsel dat hij had aangetroffen zou kunnen overnemen, om de werking van een ziek hart te verbeteren. Het idee was om het effect van de pacemaker, die hij mede had ontwikkeld, te bereiken met een veel eenvoudiger koolstofnanobuisje. Het minuscule buisje zou zelf geen signalen genereren, maar eenvoudigweg elektrische signalen van gezond naar beschadigd weefsel sturen. Het was een revolutionaire gedachte: houd

de bestaande manier om vermogen op te wekken in stand maar verbeter de geleiding.

Zijn tweede revolutionaire concept kwam voort uit het inzicht dat de walvis en andere zoogdieren (en zelfs de vlieg) stroom genereren en geleiden zonder de noodzaak van accu's of draden. De conclusie van Reynolds' onderzoek was dat ook medische instrumenten het zonder de gebruikelijke externe stroombronnen kunnen stellen. Dankzij zijn ervaring bouwde hij een portefeuille van energieopwekkingsystemen op die gebruikmaken van de zwaartekracht, temperatuurverschillen, zuurtegraad, de kinetische energie van spierbewegingen en piëzo-elektriciteit van hartkloppingen en bloeddoorstroming. Jorge Reynolds merkt herhaaldelijk op dat deze energiebronnen al miljoenen jaren hun werkingskracht hebben bewezen.

Hij ontwierp een serie medische instrumenten die op dezelfde manier functioneren als de rest van de natuur: kabels of batterijen komen er niet aan te pas. De door Reynolds ontworpen medische apparatuur en systemen voor de meting van lichaamsfuncties worden getest door een Taiwanese opstartbedrijf en maken zonder uitzondering gebruik van de energiebronnen die zich in en rondom het lichaam bevinden.

De eerste toepassing die Reynolds uitwerkte, de nanopacemaker, is een zeer klein apparaatje met een lengte van slechts 700 nanometer (700 miljoenste van een millimeter) dat wordt aangestuurd door de nieuwste microprocessors. Het hart van de walvis zorgde opnieuw voor inspiratie. Inmiddels is deze uitvinding levensvatbaar gebleken onder laboratoriumomstandigheden, maar het argument dat het principe werkt in walvissen heeft de Amerikaanse Inspectie van Voedings- en Geneesmiddelen (FDA) nog niet overtuigd. Het zal 100 tot 500 miljoen dollar kosten om dit prototype te ontwikkelen tot een door de FDA goedgekeurd medisch apparaat. Reynolds beschikt slechts over een beperkte hoeveelheid startkapitaal maar Medtronic heeft aangeboden dierstudies van zijn zelfgemaakte prototypes uit te voeren en te controleren.

Dat marktleiders op het gebied van pacemakers zoals Medtronic, Johnson & Johnson en Boston Scientific (die ervan uitgaan dat ze een stevige greep op de markt hebben in de komende decennia) bezwaar zouden maken tegen een dergelijke innovatie valt makkelijk te begrijpen. Ze ontvangen royalty's bij elke chirurgische ingreep. Daarnaast heeft de farmaceutische industrie er belang bij dat de patiënt levenslang medicijnen nodig heeft. Hoe zouden de fabrikanten anders moeten reageren op een innovatieve methode die hen berooft van een gegarandeerd inkomen van ten minste 50.000 dollar per patiënt bij mensen die gediagnosticeerd zijn met een behandelbare hartritmestoornis, plus misschien nog eens 50.000 dollar voor de levenslang in te nemen medicijnen? Het nanobuisje zou worden geplaatst via een katheter zonder volledige verdoving door middel van een procedure die misschien 500 dollar kost. Veel patiënten zullen

daarna niet meer voortdurend medicijnen hoeven te slikken. Het goede nieuws is dat de kosten voor de ziekteverzekering afnemen met een factor 2000, dus eigenlijk zou de verzekeringsindustrie deze toepassing met open armen moeten ontvangen.

Gezonde elektriciteit zonder batterijen

Ons industriële systeem is helemaal ingesteld op immense afmetingen en vermogens. Het is daarom niet verwonderlijk dat natuurlijke systemen als bronnen van mechanische en elektrische energie die opgewerkt worden in gelijkstroom met een laag voltage vaak worden afgedaan als onbetekenend, al zijn er natuurlijk wel enkele commerciële toepassingen zoals zelf-opwindende horloges en Seiko's Thermic horloge, dat lichaamswarmte omzet in elektrische energie. Ondertussen vergeten we dat onze harten en hersenen alleen kunnen functioneren dankzij microstroompjes. Ons lichaam bevat geen batterijen of bedrading (tenzij we een pacemaker hebben of een gehoorapparaat). Een simpele, op natuurlijke wijze opgewekte stroom is krachtig genoeg om dagelijks een continue stroom bloed door ons hart te regelen. Over een heel leven gezien is de energie die het lichaam met behulp van essentiële voedingselementen produceert voldoende om een transportcontainer van twaalf meter lang uit de haven van het Indiase Mumbai naar de top van de Mount Everest op te tillen.

Misschien kunnen Reynolds' research en uitvindingen een einde maken aan onze 'verslaving' aan chemische batterijen die vroeg of laat het milieu verontreinigen. Als batterijen overbodig worden, neemt de hoeveelheid toxische stoffen af. Batterijen zijn handzaam maar drijven de vraag naar delfstoffen op en worden zelden volledig gerecycled. Het is geen geheim dat de metalen in batterijen vervuילend zijn en slecht voor de gezondheid. Per jaar worden er minstens 40 miljard batterijen geproduceerd en verkocht. Het overgrote deel van de kleinere wegwerpbatterijen eindigt gewoon als afval. Erger nog, de aantallen nemen toe. De productie van batterijen groeit met een percentage dat in de dubbele cijfers loopt. Zelfs in Zweden en Duitsland, waar alles toch goed geregeld lijkt te zijn, wordt nog niet de helft van de gebruikte batterijen gerecycled. Door de lage prijs, de hoge mate van beschikbaarheid en het handzame formaat eindigen de meeste batterijen dus gewoon op de vuilnisbelt. De tragedie is dat we geen idee hebben van de omvang van het nadelige effect dat dit piepkleine voorwerp uitoefent op de gezondheid van onze planeet en, op den duur, van onszelf. De verwerkte metalen verspreiden zich willekeurig door ecosystemen waarvan we volledig afhankelijk zijn voor onder andere de kwaliteit van ons drinkwater en de vruchtbaarheid van teelaarde.

Ook houden we vrijwel geen rekening met de werkelijke energiekosten van de batterij. Als we de kosten per kilowattuur vergelijken met de kosten van elektriciteit uit het stopcontact dan komen we tot de verrassende ontdekking dat we

honderd à vijfhonderd keer zo veel betalen voor energie uit een batterij. Geen wonder dat industriële analisten op zoek zijn naar efficiëntere batterijen. Regeringen en beleggers investeren miljarden euro's om een batterij met een langere levensduur te vinden die minder vervuiling oplevert en gebruiksvriendelijker is. Enorme hoeveelheden geld worden gespendeerd, maar ondertussen sluiten we onze ogen voor het feit dat batterijen gemaakt van (zware) metalen te veel vergen van de hulpbronnen van de aarde, zodat er op den duur niet meer kan worden voldaan aan de vraag. Erger nog, ze leiden tot meer mijnbouw en een ongecontroleerde verspreiding van metalen in het milieu. Batterijen mogen dan reuze handig zijn, de economische en milieukosten zijn onaanvaardbaar hoog. Het wordt tijd dat we een wereld ontwerpen zonder batterijen. Nu Medtronic is gestart met dierproeven, is dit toekomstbeeld misschien wel dichterbij dan we ooit hadden kunnen voorzien.

Geen koeling? Cool!

Medisch onderzoekers zijn decennialang bezig geweest om vaccins te ontwikkelen waarmee ernstige ziekten kunnen worden bestreden. Helaas verloopt de bezorging niet altijd even succesvol. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) schat dat niet meer dan de helft van alle geproduceerde en verkochte vaccins op een goede manier wordt gedistribueerd. Gebreken (goed werkende) koelapparaten in de afgelegen gebieden waar de vaccins nodig zijn, zorgt ervoor dat slechts 50 procent van de kinderen die zouden moeten worden ingeënt, bereikt kunnen worden.

Het voornaamste probleem bij vaccins is dus dat ze voortdurend koel moeten blijven. Waarschijnlijk staan er op medische locaties in ontwikkelingslanden ongeveer 6000 medische koelinstallaties die werken op zonne-energie. De bedoeling is dat vaccins daarin op een constante lage temperatuur worden opgeslagen. Aangezien de gemiddelde kosten per koelapparaat 5000 tot 7000 dollar bedragen, gaat het in totaal om investeringen van meer dan 30 miljoen dollar. In principe zijn zonnecellen al een betrouwbaarder bron van energie dan aardolieproducten, maar er is een beter alternatief: een op natuurlijke methoden gebaseerd toedieningsmechanisme dat zowel fossiele als schone brandstof vervangt, doordat er helemaal geen sprake is van koeling.

Over het algemeen drogen cellen uit als water eruit verdampt. De celmembranen scheuren en daarna is herstel meestal niet meer mogelijk. Nu hebben wetenschappers een aantal micro-organismen en andere eenvoudige plant- en diersoorten gevonden die compleet kunnen uitdrogen en dan dood lijken te zijn, maar dat is schijn. Binnen twee uur nadat ze in contact zijn gekomen met water kunnen ze weer optimaal functioneren. Twee van deze soorten – microscopische beestjes die in water leven en bekendstaan als 'beerdierpjes' of 'mosbeertjes' (*Hypsibius dujardini*) en een kruipende varen die van nature voorkomt

in Afrika en Noord- en Zuid-Amerika en ook wel de ‘verrijzenisvaren’ wordt genoemd (*Polypodium polypodioides*) – overleven door hoge suikerconcentraties te produceren in hun weefsel. Naarmate er water wordt onttrokken, stollen deze speciale suikers en vormen ze een glasachtige bescherming voor de celmembranen. Zodra er water bij komt lossen de suikers op en werken de cellen weer normaal.

Bruce Roser heeft een natuurlijk proces ontworpen voor de stabilisatie van farmaceutische producten. Dankzij zijn toepassing hoeven vaccins niet langer te worden gekoeld en hoeven er evenmin apart injectiespuiten te worden aangeleverd; er wordt een compleet vaccinatiepakket geleverd dat geen enkele koeling, water, of aanvullende handelingen vereist. De Wereldgezondheidsorganisatie denkt dat de potentiële besparingen in de derde wereld zo’n 200 tot 300 miljoen dollar per jaar zouden kunnen bedragen. De humanitaire winst is nog hoger.

Niet alleen kan deze technologie de koudeketendistributie van vaccins overbodig maken, andere innovatieve toepassingen waar geen koeling bij komt kijken betekenen misschien wel het einde van de diepvriesafdeling in de supermarkt (op wellicht ijs na). Het is belangrijk om te onderzoeken hoe we minder afhankelijk kunnen worden van fluorkoolstoffen (PFC’s), broeikasgassen die tegenwoordig worden gebruikt om microdeeltjes in vaccins te verwerken. Vaak vergeten we waarom we voedsel invriezen. Dat is om het langer te bewaren zonder dat de smaak en structuur achteruitgaan. Daarom kan toepassing van deze technologie in potentie hoogwaardige markten bereiken, zoals baby- en diepvriesvoedsel en functionele voedingsmiddelen. Je zou zelfs bederfelijke, uit koffie, thee, fruit of vlees verkregen producten op de markt kunnen brengen met een methode die in uiterst moeilijke omstandigheden beproefd is, namelijk levering van levende vaccins aan ontwikkelingslanden.

Hoeveel banen kunnen er niet worden gecreëerd als koelen overbodig wordt? Door enkele honderden miljoenen dollars te besparen op dure energie kunnen op het terrein van de volksgezondheid vele miljoenen dollars voor andere prioriteiten worden ingezet. Daarmee kunnen in ontwikkelingslanden naar schatting 40.000 tot 60.000 extra banen in de gezondheidszorg worden betaald, een aanlokkelijk vooruitzicht.

Wereldwijd neemt de directe en indirecte uitstoot van koelsystemen ongeveer 20 procent van het broeikaseffect voor zijn rekening. Hoewel de koeling van vaccins daar maar een fractie van uitmaakt, laat Rosers conserverings- en leveringstechniek, in combinatie met andere bestaande industriële technologieën, zien dat op beerdijtjes en varens geïnspireerde innovatie meer doen dan alleen vaccins brengen bij de kinderen die ze het hardst nodig hebben. Bovendien helpen ze de koolstofuitstoot te verminderen. Die meervoudige voordelen kunnen ons inspireren.

Furanonen maken furore

Bacteriën horen tot de oudste levensvormen op aarde. Fotosynthese door bacteriën bestaat al minstens 2,8 miljard jaar en begon ruim voordat er planten op aarde groeiden.

Wetenschappers noemen ze *monera*, maar wij doen die eencellige organismen af als bacillen, bacteriën of zelfs ongedierte. Bacteriën zijn overal en zo ongeveer alles wat we kennen vindt er zijn oorsprong in. Onze ogen, neus, oren en smaakpapillen hebben allemaal te maken met die vroegste levende wezens. Weinig mensen lijken zich bewust van onze symbiose met bacteriën. Graag denken we dat we afstammen van mensapen, maar in werkelijkheid is onze over-over-over-overgrootvader een bacil. We willen ze allemaal vernietigen, wat des te vreemder is als je weet dat we zonder bacteriën zelfs geen voedsel kunnen verteren.

Vanaf het moment dat we deze eencellige organismen onder de microscoop konden zien, en nadat wetenschap en industrie ons ervan overtuigden dat bacteriën kwaad in de zin hebben, zijn we bezig geweest met een uitroeiingscampagne. We binden de strijd aan met behulp van extreme chemische middelen en antibiotica (de laatste zijn gemodelleerd naar de biologische kenmerken van schimmels), maar wanneer we dat doen zijn we eigenlijk bezig... onszelf om zeep te helpen. Bovendien 'reinigen' we onze badkamers en keukens met chemicaliën die helemaal niet bevorderlijk zijn voor het leven in het algemeen. En zelfs als we twee keer per dag onze tanden poetsen, leven er waarschijnlijk meer bacteriën in onze mond dan mensen op aarde. Alle bacteriën willen vernietigen is een onmogelijke wens; het zijn elementaire en overal aanwezige levensvormen. Sterker nog, een tamelijk groot deel van ons eigen lichaamsgewicht – bijna 10 procent – bestaat uit bacteriën.

Het lijkt geen twijfel dat ons overvloedig gebruik van bacteriedodende middelen gedoemd is te mislukken. Niet alleen denkt men dat veel van deze chemicaliën kunnen leiden tot kanker en een lange reeks ongezonde en onregelende bijeffecten. Veel erger is dat onze pogingen om deze micro-organismen van de aardbodem te vagen hen juist aanspoort om sneller te muteren. Bacteriën kunnen naar believen genetische veranderingen ondergaan aangezien ze niet over een celkern met dna beschikken. Door onze chemische moordpartijen evolueert een aantal van deze minuscule maar machtige organismen tot superbacteriën. Ons immuunsysteem kan het niet meer bijbenen. Het staat toch al voortdurend onder druk (onder andere als gevolg van het gebruik van – overigens steeds minder effectieve – chemische bacteriedoders) maar op deze manier moet het ook nog de hulp ontberen van nuttige bacteriën, die door dezelfde chemische overkill worden aangepakt. Deze dubbele belasting – chemische aanvallen in combinatie met verzwakte natuurlijke afweermechanismen – ondermijnt ons lichamelijke vermogen om effectief te reageren.

Aangezien pogingen om bacteriën te elimineren ons weleens fataal zouden

kunnen worden, loont het de moeite om te kijken hoe de tweede levensvorm die zich ontwikkelde op aarde is omgegaan met de concurrentie, de bacteriën die er eerder waren. We hebben het hier over de microalgen, de voorouders van het zeewier. Aangezien de oceaan, de bron van alle leven, letterlijk uit bacteriesoep bestaat, was het voor de nieuwkomers zinloos om de directe confrontatie aan te gaan. Als het ze al zou lukken om (bijvoorbeeld) een gif te ontwikkelen dat alle aanwezige bacteriën kon doden dan zouden ze daarmee elke andere vorm van leven de das om hebben gedaan. Dus ook zichzelf.

Toen het zeewier zich over de oceanen begon te verspreiden, raakte het aan de buitenkant razendsnel gekoloniseerd door bacteriën. Deze bouwen namelijk langzaam een 'biofilm' op die te vergelijken is met de laagjes biologisch materiaal op onze spijsverteringsorganen, hoofdhuid en tong. Als de welige tierende kolonie zich sterk genoeg voelt dan kunnen deze bacteriën het gastorganisme overweldigen.

Hoe slaagde het zeewier erin zich de competitie van het lijf te houden en te overleven? Door een betere aanpassing aan de omgeving. *Delisea pulchra*, een rode zeewiersoort die gevonden wordt tussen Tasmanië en Japan, ontwikkelde een perfecte methode om de communicatie tussen bacteriën te blokkeren. In plaats van zelf gevaar te lopen door een (vruchteloze) strijd op leven en dood te voeren met veel sterkere tegenstanders leerde *Delisea pulchra* eenvoudigweg de bacteriën tijdelijk te 'verdoven'. Het zeewier creëerde een klein molecuul – furanone genaamd – die de receptor (het ontvangstorgaan) van de bacterie blokkeert. Daarna waren de bacteriën niet langer in staat om signalen van andere bacteriën te ontvangen.

Dit is een briljante en effectieve oplossing. Bacteriën gebruiken chemische stoffen om met elkaar te communiceren. Als ze bepaalde moleculen niet kunnen ontvangen omdat de vereiste receptoren geblokkeerd zijn – door een molecuul die eerder werd 'verstuurd' door het zeewier – dan hebben de bacteriën geen idee meer waar hun 'familieleden' zijn. Onder zulke omstandigheden wordt het moeilijk om een krachtige biofilm te vormen. Sterker nog, bestaande biofilms zullen uit elkaar vallen omdat de bacteriën niet langer kunnen communiceren, wat nodig is om gezamenlijk in actie te komen. En zonder biofilm is het gevaar van de negatieve invloed geweken.

Wetenschappers Peter Steinberg en Staffan Kjelleberg van de University of New South Wales in Sydney hebben baanbrekend onderzoek verricht naar de *Delisea pulchra*. Ze begrepen al snel hoe waardevol hun ontdekking was. Nu werd het mogelijk om (door mensen veroorzaakte) mutaties van superbacteriën tegen te gaan met behulp van een vernuftige tactiek die was ontwikkeld door zeewier. Ze zagen talloze potentiële toepassingen voor zich die vanuit diverse hoeken konden worden benaderd.

Maar de industrie werpt formidabele hindernissen op. Allerlei bedrijfstak-

ken (de bouw, transportsector, landbouw, producenten van medische apparatuur en geneesmiddelen) zouden baat kunnen vinden bij een methode om de verspreiding van bacteriën in te perken. Tegelijkertijd vormt een 'natuurlijke' stof die bacteriën 'verdooft' en hun verbreiding tegengaat, een bedreiging voor de verkoop van antibiotica. Deze 'remstoffen' zijn duidelijke melkkoeien voor de farmaceutische industrie omdat zelfs bij marginale gezondheidsprobleempjes antibiotica worden voorgeschreven. Bovendien zijn de eisen op het gebied van financiële investeringen en goedkeuringsprocedures zo hoog dat het vele jaren (zo niet decennia) kan duren voordat een medische innovatie wordt toegelaten op de markt. Als ze niet werden onderworpen aan langdurige en gecompliceerde procedures om officieel toegelaten te worden dan zouden furanonen misschien nu al de plaats hebben ingenomen van antibiotica en bacteriedodende middelen.

Ondertussen wenken er andere gebieden waar de goedkeuringseisen minder stringent zijn. Furanonen zouden kunnen worden ingezet bij een flink aantal gebruiksgoederen, industriële en landbouwtoepassingen. Neem de deodorant. Daar worden momenteel ingrediënten in gebruikt waarvan de veiligheid allesbehalve gegarandeerd is, zoals titanium en zink. Lichaamsgeuren worden veroorzaakt door bacteriën die zich voeden met zweet. Een deodorant op basis van furanonen zou het aantal bacteriën verminderen en daarmee de geur afzwakken.

En dan is er tandenpoetsen, onderdeel van onze dagelijkse routine. De hoeveelheid bacteriën in onze mond is indrukwekkend. Hoewel bacteriën een bijdrage leveren aan de spijsvertering, en mogelijk invloed hebben op wat we lekker vinden, worden ook slechte adem en tandcariës toegeschreven aan bacteriën, die zich voeden met etensresten in de mond. Spoelen met furanonen zou de vorming van een laagje bacteriën verhinderen... dat zou pas echt verfrissend zijn.

Ook de landbouw heeft veel overlast van de vorming van biofilm. Zaadjes zouden kunnen worden beschermd tegen aantasting door bacteriën door ze simpelweg in een bad van furanonen te dompelen. Snijbloemen verleppen door aanvallen van bacteriën. Ze zouden langer goed blijven in water waaraan furanonen zijn toegevoegd.

In verwarmings- en koelsystemen binnen gebouwen vormen zich ook biofilms, onder meer van legionellabacteriën. Het is moeilijk om deze te bestrijden omdat ze op een gastorganisme leven. De doses die nodig zijn om dit organisme te doden doen een gevaarlijke chemische aanslag op de gebruikers van het gebouw in kwestie. Een alternatief is om filters te installeren en deze regelmatig te vervangen, wat echter de kosten verhoogt en de tijd dat het systeem buiten bedrijf is voor onderhoud verlengt. In al deze situaties kunnen furanonen een goed alternatief bieden voor de toxische chemicaliën die wijd en zijd worden gebruikt.

In 2006 kwam British Petroleum in het nieuws vanwege lekkages in hun pijpleidingen in Alaska. Weinig mensen realiseren zich dat corrosie in pijpen gevuld met olie, gas of water wordt opgewekt door bacteriën. Elke veertien dagen moet de hele pijp worden afgesloten en doorgespoeld met zure chemicaliën om de bacteriële aanslag aan de binnenkant weg te halen. Het is bekend dat dergelijke maatregelen niet voldoende zijn om alle corrosieopwekkende micro-organismen te verwijderen. Daarom wordt het oppervlak ook machinaal afgekrabd om ophopingen te voorkomen. Dit probleem zou allicht veel veiliger en efficiënter opgelost kunnen worden door furanonen in de pijpleidingen te druppelen.

Het verkrijgen van zoet water uit zeewater via omgekeerde osmose wordt bemoeilijkt door biofilms op de membraanfilters. Dit vermindert de effectiviteit met meer dan de helft. Nu nog moeten – net als bij olie- en gaspijpleidingen – hele waterzuiveringssystemen buiten werking worden gesteld zodat de bacteriën kunnen worden gedood met chloor. Het nadeel is dat een grootschalig gebruik van chloor de osmose-membranen chemisch aantast, waardoor het systeem minder lang mee kan en de kosten oplopen.

Mogelijke toepassingen van furanonen

Bouwindustrie	Airconditioning, watervoorziening
Landbouw	Viskweek, conservering van voedsel
Industrie	Voedselverwerking, micro-elektronica
Transport	Olie en gas
Farmaceutica	Cystische fibrose, tuberculose
Medische instrumenten	Urinekatheters, injectiespuiten
Verbruiksgoederen	Deodorant, mondhygiëne en gebitsverzorging, huidverzorging

En dit is nog maar een fractie van wat er mogelijk is. De meest veelbelovende perspectieven voor het gebruik van furanonen, en de kern van Steinbergs fascinatie, hebben steeds gelegen in de toepassing van zijn inzichten in farmaceutische en medische middelen. Cystische fibrose (taaislijmziekte) en tuberculose zijn ziekten waarin het begrip ‘biofilm’ een centrale rol speelt; bacteriekolonies overweldigen de patiënt langzaam maar zeker, op den duur met dodelijk gevolg. Zodra de bacteriële laag – de biofilm – zich vormt, kunnen antibiotica veel minder uitrichten; soms is het nodig om de dosis met een factor duizend te verhogen. De impact van een synthetische analoge structuur met een werkwijze ont-

leend aan zeewier – de furanonen – zou zeer groot kunnen zijn. Als bacteriën in een biofilm ‘verdoofd’ worden door furanonen dan verspreiden de individuele bacteriën zich en vallen uiteen. Uiteindelijk zijn ze niet langer in staat om een collectief te vormen. Er is niet langer sprake van een laag en afzonderlijke bacteriën kunnen veel makkelijker worden aangepakt door de natuurlijke afweermechanismes van het lichaam.

Het idee dat furanonen schadelijke bacteriën niet wegvagen maar hun functioneren ondermijnen, biedt op zich al nieuwe inzichten. Het is van essentieel belang dat we patiënten kunnen behandelen zonder de ontwikkeling te versnellen van superbacillen die het menselijk immuunsysteem niet aankan. Als de medische toepassingen van Steinberg ooit op de markt worden gebracht dan gebeurt dat misschien via de nieuwe holding van Biosignal. En nu Unilever interesse heeft voor deze technologie is er een kans dat deze innovatie ook effectief wordt toegepast. Dit maakt de grond rijp voor honderden verschillende toepassingen. De logica achter de technologie is onweerlegbaar, de werking is aantoonbaar en er is een grote kans dat de productiekosten beheersbaar zullen blijven omdat er al een effectieve concentratie furanonen lijkt te ontstaan bij enkele tientallen per miljard.

Als we een gooi doen naar het netto aantal banen dat deze innovatie kan opleveren dan moeten we er rekening mee houden dat furanonen de plaats gaan innemen van de massaal aanwezige chemicaliën waarvan bewezen is dat ze een beroeps- en gezondheidsrisico vormen. Met andere woorden, we voorzien geen toe- of afname van de werkgelegenheid in de verwerkende industrie terwijl de efficiëntie wel met ongeveer 20 tot 25 procent kan toenemen. Zo zouden membranen en pijpleidingen die worden gebruikt voor het proces van omgekeerde osmose langer goed blijven en effectiever werken, met lagere kosten voor onderhoud. Waarschijnlijk zal de grootste winst op het gebied van de werkgelegenheid voortkomen uit verder onderzoek naar deze opmerkelijke soort die bacteriën ‘met stille trom’ weet te bestrijden, en naar de mogelijkheden tot daarop gebaseerde producten.

Miraculeuze maden

Aids, malaria en IDD (*iodine deficiency disorders* – aandoeningen veroorzaakt door jodiumtekort) komen in heel Afrika voor en krijgen veel aandacht van westerse gezondheidsdeskundigen. Een aantal charitatieve Amerikaanse organisaties is fanatiek bezig om research naar oplossingen te financieren. Wat vaak over het hoofd wordt gezien is dat meer Afrikanen lijden onder het ontbreken van elementaire wondverzorging dan onder deze vreselijke ziekten. Gebrekkige wondverzorging leidt tot infecties, gangreen en amputaties, vaak met als gevolg sociale uitsluiting en een lagere levensverwachting. Een simpele behandelwijze die op veel plekken toepasbaar is, vooral op het platteland, zou veel van

de latere problemen kunnen voorkomen. En merkwaardig genoeg is een van de meest verrassende (en succesvolle) wondverzorgingstechnieken gebaseerd op inzichten in de manier waarop maden voor (wond)hygiëne zorgen.

In de natuur komen vliegen in zwermen af op een dood dier zodra het berderf begint. Ze eten gulzig en leggen daarna eitjes. De uitgekomen maden (larven) consumeren haastig het weggrottende vlees. Als dat eenmaal is gebeurd, kunnen bacteriën zich niet meer vermenigvuldigen. De maden groeien uit tot vliegen of worden verslonden door vogels, vissen of andere soorten die beschikken over een spijsverteringssysteem dat zuur genoeg is om de proteïne in de maden snel te kunnen absorberen (de larven bestaan voor 80 procent uit eiwitten).

Er zijn veel geschiedkundige bewijzen voor het gebruik van maden als een verfijnde vorm van wondbehandeling. Genezers in de oude Mayacultuur maar ook Aboriginals in Australië gebruikten ze regelmatig. Napoleons legerarts, baron Dominique-Jean Larrey, meldde dat maden op de wonden van soldaten werden gezet tijdens de Franse campagne in Egypte in 1799. In tijden van oorlog liet de hygiëne natuurlijk veel te wensen over maar de toepassing van maden was een belangrijke en probate behandelmethode op het slagveld. Vóór de Tweede Wereldoorlog werden maden veel gebruikt voor geneeskundige doeleinden maar dit nam af na de ontdekking van penicilline door Alexander Fleming in 1928.

Meer recentelijk, sinds bekend is geworden dat sommige bacteriën resistent zijn tegen antibiotica, hebben medici verwoede pogingen ondernomen om maden opnieuw te introduceren bij de behandeling van wonden. Wereldwijd beoefenen meer dan vierduizend geneeskundigen in twintig landen deze vorm van wondverzorging. Dr. Stephen Britland van de University of Bradford heeft baanbrekende research verricht naar de geneeskrachtige kwaliteiten van maden. Advanced Gel Technology (AGT) streeft ernaar om voort te borduren op de producten die werden ontwikkeld door Biomonde, een onderneming die begon als overheidsdienstverlener maar die nu de grootste leverancier ter wereld is van levende maden voor wondbehandeling, met bedrijven in het Verenigd Koninkrijk, Duitsland en de vs. In de loop van zijn onderzoek ontdekte Britland dat maden méér doen dan het schoonmaken van wonden. Ze produceren ook enzymen die de celgroei stimuleren door afgifte van zeer kleine elektrische ladingen. Voor maden zijn zelfs antibioticaresistente bacteriën niet meer dan concurrenten die uit zijn op hetzelfde voedsel. Laat die larven hun gang maar gaan, dan presteren ze uitstekend.

In moderne ziekenhuizen heersen steriele condities terwijl maden van oudsher niet bepaald worden geassocieerd met bacterievrije hygiëne (hoewel hetzelfde gezegd kan worden van die moderne ziekenhuizen zelf). Een van Britlands innovaties is een methode voor het isoleren van de actieve wondgenezen-

de ingrediënten die worden voortgebracht door maden, maar dan zonder de eigenlijke maden te hoeven gebruiken. Deze procedure is vrij simpel en verschilt niet veel van wat er gebeurt als we te veel zout water naar binnen krijgen tijdens het zwemmen in de zee – we braken het gewoon weer uit. Ook maden worden in zout water gedompeld om braken op te wekken – het is een snelle, goedkope en makkelijk toepasbare methode. Advanced Gel Technology staat deze werkwijze voor. Voor de wondbehandeling wordt uitsluitend gebruikgemaakt van de uitgebrachte stoffen, die vol enzymen zitten. Zo worden patiënten niet langer geconfronteerd met de aanblik (en het gevoel) van maden die bezig zijn met het oppeuzelen van afgestorven, met bacteriën besmet weefsel.

De madentherapie steekt gunstig af tegen de vacuümbehandeling van chronische wonden. Bij deze methode wordt in een open been een plaatselijk vacuüm gecreëerd om celgroei aan te moedigen. Voordeel van het gebruik van maden is dat het antibiotica overbodig maakt aangezien er geen bacteriën overblijven nadat de maden het dode weefsel hebben verwijderd. Resistentie tegen antibiotica is daardoor niet langer relevant. De uitkomst van klinische testen laat zien dat een madenbehandeling even effectief is als de sterkste antibiotica-cuur; op zichzelf al een opmerkelijk resultaat.

Bij de madentherapie is het infectiegevaar laag. Een van de gevolgen zijn lagere ziekenhuiskosten bij patiënten die niet doodziek zijn maar wel verpleegkundige verzorging nodig hebben omdat het belangrijk is dat de wond niet geïnfecteerd raakt. Dit geldt voor patiënten met brandwonden, maar ook voor mensen met suikerziekte die zweren hebben opgelopen. Het onderzoeksteam van Britland ontving subsidie van de Engelse overheid om deze geneeswijze te ontwikkelen en op de markt te brengen, vooral omdat er zeer aanzienlijke besparingen behaald kunnen worden op het terrein van de wondverzorging. Bij de madentherapie is de duur van een ziekenhuisopname meestal aanzienlijk korter: gemiddeld twee in plaats van tien weken. Bovendien werden er in het verleden regelmatig amputaties van ledematen verricht als zweren niet wilden genezen, wat tot een langdurig verblijf in het ziekenhuis kon leiden. Het kweken van de larven is nog het meest kostbare onderdeel van de therapie; maden staan boven aan de voedselketen en eten vlees. Gelukkig zijn ze niet al te kieskeurig en zullen ze elk deel van een karkas of slachtafval (zoals bloed) verorberen dat ze voorgezet krijgen.

In Afrika, dat kampt met een groot aantal problemen op het gebied van de gezondheidszorg, kan wondbehandeling met behulp van maden veel goeds uitrichten. Dat mensen veelal verstoken zijn van wondverzorging is zeer problematisch, want onverzorgde wonden blijven etteren. De Wereldgezondheidsorganisatie schat dat hierdoor in Afrika per jaar evenveel dodelijke slachtoffers vallen als door malaria. In principe zou dit probleem relatief makkelijk opgelost kunnen worden, behalve dan dat het vervoer van de vereiste producten naar af-

gelegen gebieden duur is en daarom te weinig gebeurt. Een kringloopmodel dat goedkope grondstoffen gebruikt, effectief is en zowel een cashflow als banen oplevert, zou vrij makkelijk kunnen worden opgezet. Het systeem dat met succes is toegepast in het Songhaï Center in Benin (dat werd geïntroduceerd in hoofdstuk 3) is een lichtend voorbeeld van wat mogelijk is. Madentherapie zou kunnen uitgroeien tot een belangrijke behandelmethode in de gezondheidszorg die veel werkgelegenheid zou kunnen scheppen. En dat alles zonder geïmporteerde materialen of apparaten.

Benin is een voormalige Franse kolonie in Afrika, onder meer grenzend aan Nigeria. Het land kent een rijke geschiedenis en maakte vroeger deel uit van het Songhaï-rijk dat zich uitstrekte tot ver in het binnenland van West-Afrika, totdat de Fransen en Engelsen kunstmatige grenzen trokken waardoor de eenheid van cultuur en traditie verbrokkelde. In 1985 vatte pater Godfrey Nzamujo, een Nigeriaan, het ambitieuze plan op om een geïntegreerd landbouw- en veeteeltproject op te zetten in Benin dat voedselzekerheid zou bieden aan de bevolking van de streek. Eerder beschreven we al hoe hij het Songhaï-centrum oprichtte in Porto Novo. Net als bij elke zelfstandige landbouwonderneming waar veeteelt wordt bedreven en die een slachthuis heeft, is het moeilijk om de hygiëne te handhaven. Bijvoorbeeld: wat moet er gebeuren met het slachtafval en de delen van het karkas die niet kunnen worden verwerkt in vleesproducten en worst? Toen in de jaren negentig de gekkekoeienziekte door Europa waarde werd de aandoening toegeschreven aan het gebruik van dierlijk afval als veevoer en de Europese slachthuizen werden gedwongen om al hun afval te verbranden. Godfrey Nzamujo had een beter idee. Hij besloot om het afval aan de vliegen te voeren. Net als in de natuur, maar dan op een beheersbare manier.

Godfrey Nzamujo's strategie is een goed voorbeeld van een principe dat ook in de Chinese landbouw wordt toegepast. Last van parasieten? Geef ze dan iets te eten wat ze echt lekker vinden. Zet een stuk land opzij voor hun favoriete voedingsstoffen en het ongedierte laat de andere gewassen met rust. Hetzelfde geldt voor vliegen, die immers een probleem vormen bij elk project dat om voedsel draait. Vliegen doden met behulp van chemicaliën is net zoiets als het afmaken van bacteriën: niet erg effectief. Dankzij hun plaats in de ecologische kringloop zullen ze toch volop aanwezig blijven en zich voortplanten.

Godfrey Nzamujo bestemde een afgelegen deel op Songhaï voor het bewaren van slachtafval in kleine, vierkante bakken die worden afgedekt met netten om de gieren op een afstand te houden. De vliegen komen op de bakken af en leggen hun eitjes in het afval; daarna komen de maden uit en beginnen te groeien. Als ze rijp zijn voor de 'oogst' worden de bakken met water gevuld. De maden blijven aan het oppervlak drijven om te kunnen ademen en worden daar dagelijks vanaf geplukt. Sommige dienen als voedsel voor kwartels. De kwartels gedijen hier goed op en de eitjes die ze leggen worden per vliegtuig naar Frankrijk

geëxporteerd, waar ze een gewilde delicatessie zijn. Een ander gedeelte van de madenooft wordt aan vissen gevoerd die voor lokale consumptie zijn bestemd. Ten slotte worden de overblijvende afvalresten op het land als natuurlijke bodemverbeteraars gebruikt bij de teelt van biologische gewassen. Op Songhaï wordt voedsel verbouwd op een ecologisch verantwoorde manier. Zoals Godfrey Nzamujo zegt: 'Dat is vrij simpel in Afrika want kunstmest en pesticiden zijn moeilijk verkrijgbaar en veel te duur.'

Maden voeren aan vissen en kwartels is op verschillende manieren winstgevend. Maar uitgebraakte enzymen die worden geoogst en gebruikt kunnen een veelvoud van die waarde genereren. U hoeft geen wiskundige te zijn om uit te rekenen hoeveel inkomsten en banen dit zou kunnen opleveren. In aanmerking nemende dat veel wondverzorgingsmiddelen in Afrika moeten worden geïmporteerd, leidt een lokale grondstof tot enorme besparingen. Hoewel op Songhaï maandelijks niet meer dan 60 pond enzymen kan worden verzameld, houdt dit model een belofte in voor hoe men in Afrika aan meer wondverzorgingsmiddelen kan komen zonder deze te hoeven importeren. De madentherapie is bovendien goedkoop en kan vrij snel overal worden toegepast waar mensen dringend behoefte hebben aan wondverzorging.

Naar schatting zijn er 15.000 abattoirs in Afrika, terwijl er ook daarbuiten, in kleine dorpen, dieren worden geslacht. Laten we zeggen dat in ongeveer 200.000 dorpen vee tot voedsel wordt verwerkt. Als elk abattoir in Afrika een madenboerderij-aan-huis zou installeren plus een viskwekerij en/of pluimveebedrijf (kippen, kalkoenen, kwartels) dan kan de madenteelt (met als eindproduct eiwitrijk veevoer en grondstoffen voor wondbehandeling) wellicht voor 300.000 tot 500.000 nieuwe banen zorgen. Andere grondstoffen hoeven er niet gekocht te worden. Dus zou er alleen materiaal worden gebruikt dat momenteel wordt weggegooid (of afgevoerd, wat extra inspanning en energie kost). Bovendien zullen de gezondheidsrisico's verdwijnen die kleven aan het hanteren van slachtafval onder de huidige condities. Op den duur zouden enzymen die afkomstig zijn van maden zelfs geëxporteerd kunnen worden. Gebruik op grotere schaal zou uiteraard veel medische besparingen kunnen opleveren en veel voordelen hebben voor de behandelde patiënten, die hun gezondheid en mobiliteit sneller – en effectiever – herwinnen.

In Benin werd de eerste stap gezet, anderen volgen nu dit voorbeeld. De broers Jason en David Drew, die hun vermogen verdienden met het opzetten van callcenters in Zuid-Afrika, vonden in de soldaatvlieg en maden een nieuwe levensopdracht. Jason schreef het boek *The Story of the Fly, and How it Could Save the World* (2012). Na experimenten met het kweken van maden op een boerderij in Franschhoek, wist David, in samenwerking met de Universiteit van Stellenbosch, de kleinschalige productie van Songhaï uit te breiden tot honderd ton per dag in het onderzoekscentrum Elsenburg. Dat mogen ontzettend veel ma-

den lijken, maar het gaat slechts om drie- tot vierhonderd koekarkassen per dag, een fractie van de afvalberg.

Hun missie is duidelijk: bespaar op elke ton maden een ton vismeel en doorbreek de eiwitcrisis. De broers richtten in Kaapstad AgriProtein Ltd. op en willen niet alleen het verschil maken voor de Afrikaanse slachthuizen, maar voor de visstand in de hele wereld. Inmiddels zijn de broers Drew niet meer de enigen met zo'n ambitieuze missie. Ook de arts Hilderman Pedraza Vargas, die samenwerkt met de Nationale Universiteit van Colombia in Bogotá, heeft bedrijven opgezet, en naarmate deze initiatieven bekend worden zullen er in Afrika en Latijns-Amerika tientallen kleinschalige madenkwekerijen ontstaan. De reden voor dit succes is simpel, want het gaat makkelijk en snel. Terwijl maden vierentwintig uur per dag en zeven dagen per week inkomsten opleveren, kun je geweldig goed werk doen.

Pijnloze injecties

Nu we gezien hebben dat maden niet vies zijn maar een bron van inspiratie en misschien zelfs respect kunnen afdwingen, waarom dan geen uitstapje naar de steekmug? Ook al een beestje dat hoog op de lijst van irritant ongedierte staat. Voor sommige mensen leidt de beet van een mug slechts tot een beetje jeuk, een micromassage of wat ergernis. Daarentegen waren Tetsuya Oyauchi van Terumo – een groot Japans bedrijf dat medische instrumenten vervaardigt, en Masayuki Okano, hoofd van een bescheiden metaalwalserij, mateloos nieuwsgierig naar het talent van de mug om ongemerkt te steken. Okano vroeg zich het volgende af: waarom is het zo pijnlijk om geprikt te worden met een injectienaald terwijl muskieten in staat zijn om bloed af te tappen zonder een centje pijn?

De meeste mensen hebben een hekel aan injecties. Alleen al het vooruitzicht levert onmiddellijk angstzweet op; bepaalde patiënten vallen zelfs flauw. Toen de technici en onderzoekers van Terumo er eenmaal achter waren waardoor steekmuggen op pijnloze wijze in hun onderhoud konden voorzien (en wat de reden is dat injecties pijn doen) waren ze verbijsterd over de eenvoud van hun ontdekking. In de grond van de zaak draaide alles om afmetingen en kegelvormen. Het steekorgaan van de mug is dun bij het uiteinde en verbreedt zich daarna geleidelijk. Daarentegen werd altijd gedacht dat een medische injectienaald absoluut recht cilindrisch moest zijn. Het idee was dat inenten moeilijker zou worden als het uiteinde van de naald kleiner in diameter was. In Japan bleek dat juist die rechte cilindervorm de pijn veroorzaakt.

Okano-san, die in Japan bekendstaat als de 'metaaltovenaar', rolde een superdun plaatje roestvrij staal op tot een minuscuul en taps toelopend cilindrisch kegeltje; daarna laste hij de naad dicht. Zijn zakenpartner Oyauchi maakte gebruik van zijn ervaring op het gebied van medische instrumenten om de 'Nanopass 33' injectiespuit verder te verfijnen en te ontwikkelen. De diameter

van het puntje bedraagt slechts 0,2 millimeter; eenvijfde van het uiteinde van eerder op de markt gebrachte naalden. Door de specifieke vorm kon de naaldpunt uiterst dun worden. Naar boven toe verbreedt de naald zich langzamerhand, net als het steekorgaan van de muskiet. Probleem opgelost.

Terumo verkreeg in 2004 het patent voor de conische 'injectienaald met vloeistofinbrengend werktuig'. Tegenwoordig worden de injectienaalden van Terumo dagelijks gebruikt door suikerpatiënten. Alleen al in Japan zijn er 600.000 diabetici die elke dag insuline nodig hebben. Ongeveer 8 procent van de Amerikaanse bevolking lijdt aan suikerziekte, zo'n 23,6 miljoen mensen. De Terumo-naald komt daarom tegemoet aan de behoeften van een grote en dankbare klantenkring. En dankzij een lager metaalverbruik wordt er zuiniger met grondstoffen omgegaan.

In 2005 werd aan de Nanopass 33 de Grand Good Design Award toegekend van de Japan Industrial Design Promotion Conference. Toen hij de prijs aannam, merkte Okano op: 'Het is leuk om iets te maken wat nog nergens ter wereld bestaat en om iets te bereiken wat de mensen niet voor mogelijk hielden.' Net zoals bij zijde is dit een voorbeeld van een product dat is afgeleid van een natuurlijke structuur en dat beter in onze behoeften voorziet. De Terumo-injectienaald heeft nog niet geleid tot extra werkgelegenheid maar ondertussen lijden patiënten die injecties nodig hebben minder pijn. Dat is meer dan we kunnen zeggen van de vele schadelijke soorten technologie waarmee we ons omringen.

Spuitbus zonder gas

In de natuur maken ecosystemen bij voorkeur gebruik van natuurkundige krachten, zonder terug te vallen op chemische processen. Een potentiële toepassing met betrekking tot drijfgassen laat zien hoe waardevol dit kan zijn. Dat drijfgassen de ozonlaag aantasten werd ontdekt door een onderzoeker aan de University of California genaamd Mario Molina, die samen met Sherwood Rowland de Nobelprijs ontving voor werk waarover ze voor het eerst publiceerden in 1974. Dankzij hun inspanningen werden het beruchte cfk-gas en bepaalde daarvan afgeleide gassen in het kader van het Protocol van Montréal verboden. Inmiddels zijn er echter weer een paar nieuwe varianten in de handel gekomen. Deze laten zien dat 'minder kwaad aanrichten' nog steeds zeer schadelijk kan zijn.

Drijfgassen worden veelvuldig gebruikt in consumententoepassingen. In vernevelingssprays voor het doseren van antihistaminica of bacteriedodende stoffen, en sprays voor schoonmaakmiddelen en haarlak. Verstuivingstechnologie maakt het mogelijk om de grootte van de druppels, de temperatuur en de verstuivingssnelheid precies in te stellen. Verstuivers worden ook veelvuldig in andere technieken toegepast, bijvoorbeeld bij brandstofinjectiesystemen in

automotoren. Recent is in een aantal producten zoals haarlak het drijfgas vervangen door een handpomp. Toch is het inmiddels duidelijk dat de chemische industrie weliswaar oplossingen vindt die de goede richting opgaan maar niet ver genoeg om de ongewenste, en onbedoelde neveneffecten op te heffen die optreden na het inhaleren van chemicaliën die weliswaar voldoen aan nieuwe wetten en regels, maar nauwelijks minder schadelijk zijn dan hun voorgangers. (In dit verband kunnen we nog opmerken dat het voor patiënten met cystische fibrose of tuberculose goed zou zijn om schadelijke bacteriën die een biofilm vormen aan te pakken door een aan zeewier ontleende furanone te vermengen met lucht en dan te inhaleren.)

De Franse filosoof Voltaire zei ooit: 'Het betere is de vijand van het goede.' Misschien is het tijd om een fundamenteel onderscheid te maken tussen het goede en het 'minder slechte'. De zoektocht naar een betere oplossing mag niemand ervan weerhouden om een op zich goede oplossing toe te passen, maar tegelijkertijd moeten we blijven proberen om risico's zo veel mogelijk te reduceren en steeds naar nog beter te streven. Wat drijfgassen betreft zou het zelfs mogelijk zijn om alle risico's te elimineren door een voorbeeld te nemen aan de grote bombardeerkever, die beschikt over een bijzonder vermogen. Dit zou kunnen helpen om de toediening van vernevelde inhalatiemedicijnen te verbeteren, het brandstofverbruik van auto's efficiënter te maken, de uitstoot van brandstofinjectiesystemen te verminderen en zelfs de kans op mijnexplosies te verkleinen.

In de natuur draait vrijwel alles om voedsel, verdediging en de verhouding tussen roofdier en prooi. De grote bombardeerkever (*Brachinus carabidae*) is een uitzonderlijke overlever. Dit wonderbaarlijke insect kan een bijtende vloeistof bij een temperatuur van 100 °C wegschieten over een afstand van tien keer zijn eigen lengte. Andy McIntosh, hoogleraar in de thermodynamica en verbrandingstheorie aan de University of Leeds, hoorde over de kever en diens opmerkelijke vermogens via de inmiddels overleden entomoloog Tom Eisner van de Amerikaanse Cornell University, en was onder de indruk.

De grote bombardeerkever is slechts twee centimeter lang en gebruikt een exotherme spuit om zich te verdedigen tegen mieren en andere vijanden. De kever maakt spuitmiddel aan door hydrochinon te laten reageren met waterstofperoxide dat is opgeslagen in zijn vloeistofkamer. Vervolgens stoot hij een straal kokende vloeistof uit. De kever beschikt over een 'vlamkast' met een diameter van één centimeter die min of meer werkt als een snelkookpan. Dit heeft meer te maken met druk – natuurkunde – dan met scheikunde. De vloeistof in de kamer wordt onder druk gehouden, een ventiel opent zich en er treedt een explosieve verdamping op. Dan sluit het ventiel zich en vult de kamer zich weer. Als de vloeistof opwarmt tot boven het kookpunt gaat het ventiel opnieuw open. Dit proces is snel en efficiënt; de kever kan zo'n 400 tot 500 cycli per seconde doorlo-

pen. 'Feitelijk is er sprake van een krachtige en cavitatie-explosie op basis van stoom,' zegt McIntosh.

Dit ingenieuze mechanisme zorgt ervoor dat een substantie die bestaat uit deeltjes van amper twee nanometer perfect verstuift. Wetenschappers hebben dit mechanisme als voorbeeld genomen en kunnen het straalbereik en de spreiding van de kever reproduceren met een snelheid van 20 cycli per seconde. De chemische reactie van hydrochinon met waterstofperoxide produceert extreem kleine druppeltjes. Daardoor wordt de verhouding tussen hun oppervlak en het uitgestoten volume bijzonder groot, met een efficiënte benutting van de vloeistof als resultaat.

Zoals McIntosh zegt: 'Niemand had ooit de grote bombardeerkever bestuurd vanuit het oogpunt van natuurkunde en mechanische constructies. In het begin hadden we niet door hoeveel we hiervan konden opsteken.' Zijn ontdekking kan de verstuiving van allerlei vloeistoffen verbeteren, en wellicht een eind maken aan het gebruik van drijfgassen en hun schadelijke effect op de ozonlaag. De Zweedse zakenman Lars Uno Larsson raakte laaiend enthousiast over deze innovatie. Hij regelt het hele proces van concept tot proefdraaien tot mogelijke introductie op de markt. Innovatie en ondernemer hebben elkaar duidelijk gevonden. Zodra het product (en de productie) overdraagbaar is kan het anderen inspireren om een grote verscheidenheid aan toepassingen uit te werken.

Innovaties bundelen

Elk apart bieden de beschreven innovaties al zo veel mogelijkheden dat ze in combinatie tot een omwenteling zouden kunnen leiden in onze benadering van de gezondheidszorg. Als één technologie motiverend werkt dan kan de bundeling van verschillende vernieuwingen ons veel dichterbij een waarlijk ecologisch systeem voor de wereld brengen, zonder de verslaving aan het bedrieglijke gemak van chemische stoffen die allesbehalve duurzaam zijn – met alle onvoorspelbare en schadelijke gevolgen van dien. Met een andere kijk op gezondheid en de gezondheidszorg zouden we oplossingen kunnen vinden en uitdragen die geïnspireerd zijn op de natuurkunde van de biologische wereld.

Om dit te bereiken – of zelfs maar de eerste stappen in deze richting te zetten – zijn meer bijdragen nodig. Als bacterieonderdrukkende furanonen uit zeewier of enzymen gewonnen uit maden kunnen worden toegediend met een verstuiver die zijn inspiratie ontleent aan de grote bombardeerkever dan is er echt een nieuw tijdperk aangebroken. In plaats van het dumpen van overgebleven resten en afvalmaterialen met onwenselijke bijeffecten in de ecosfeer, kunnen we ideeën gaan ontleenen aan een functioneel en geïntegreerd systeem dat in de loop van miljoenen jaren geperfectioneerd is. De echte kracht van de evolutie is niet dat één soort overleeft maar dat er sprake is van samenwerking. De

processen van meerdere soorten spelen subtiel op elkaar in tot ze een symbiose bereiken waarin behoeften worden vervuld en de kans op overleven groter wordt.

Voor ondernemers is de echte uitdaging niet om nieuwe batterijen of antibiotica uit te vinden maar om innovaties samen te voegen tot duurzame systemen. Door het scheppen van werkgelegenheid kan de blauwe economie het bedrijfsleven (en daarmee de hele economie) de weg wijzen naar een solide evolutionair pad. Innovaties waar velen aan meewerken, zijn meer dan de som der delen.

Wat we hebben ontdekt is nog maar het topje van de ijsberg. In honderd jaar ‘moderne’ wetenschappelijke en technologische uitvindingen en toepassingen zijn we er steeds minder in geslaagd om virale en bacteriële ziektekiemen de baas te blijven. Hetzelfde geldt voor de gevaren die we zien in de ons omringende fauna en flora. Toch kunnen we uit oplossingen die de natuur aandraagt – en die hun nut allang hebben bewezen – informatie putten die ons kan helpen in de strijd tegen bacteriën en virussen. Zo produceren regenwormen en planten uit het geslacht *Berberis* zeer krachtige antibiotica en verzetten ze zich al miljoenen jaren lang met succes tegen bacteriële mutaties. De grote bombardeerkever overleeft aanvallen van een heel leger van mieren; iets wat niet alleen bewonderenswaardig is maar ook navolging verdient vanwege zijn uitzonderlijk talent om een soort te slim af te zijn die bekendstaat om zijn superieure collectieve intelligentie. Op zich zou dit ons al moeten inspireren tot het respecteren van biodiversiteit en ecosystemen. Maar het is nodig om verder te gaan dan de bescherming van de aanwezige biodiversiteit, om te garanderen dat ecosystemen zich kunnen blijven ontwikkelen zonder door mensen veroorzaakt verlies van soorten. Volgens de wetten van de logica zou de mensheid samen moeten werken met de evolutie, in de richting van steeds samenhangender en flexibelere ecosystemen.

Biodiversiteit en gezondheid

Verlies aan biodiversiteit betekent ook dat we kansen mislopen om te leren van andere soorten en hun oplossingen toe te passen. Dit geldt zeker voor een kikker die haar eitjes uitbroedde in haar eigen maag, de *Rheobatrachus silus* uit Australië. Helaas is deze soort inmiddels uitgestorven als gevolg van een overmatige blootstelling aan pesticiden en onkruidverdelgingsmiddelen plus een invasie van niet-inheemse soorten. Dat is bijzonder jammer, want we zouden veel te weten hebben kunnen komen over de bevordering van een gezonde spijsvertering en het onder de duim houden van bacteriën. Na de bevruchting placht de vrouwtjeskikker haar nageslacht in te slikken en uit te broeden in haar maag totdat de kleine kikkertjes groot genoeg waren om de wereld in te gaan. Hiertoe was het nodig dat zuurminnende bacteriën werden onderdrukt en uitgeroeid. Ondertussen moest de zuurgraad in de maag subtiel worden gereguleerd. De

eerste levensfasen van dit minuscule kikkertje dienden zich namelijk af te spelen in een basische omgeving. Bij een te hoge zuurgraad (waardoor de zuurminnende bacteriën hun gang hadden kunnen gaan) zouden de kikkervisjes hun verblijf in de maag van hun moeder niet hebben overleefd.

Om ons spijsverteringsstelsel gezonder te maken, hadden we veel kunnen hebben aan *Rheobatrachus silus*. Al tientallen jaren hebben we een gebrekkig inzicht in maagzweren en maagkanker. Er werd niet van uitgegaan dat uiterst zuurminnende bacteriën de oorzaak waren van deze maagaandoeningen. Toch slaagden de wetenschappers Barry J. Marshall en Robin Warren erin om bacteriën aan te wijzen die een rol spelen bij het ontstaan van maagzweren en -kanker. Dit maakte het mogelijk om een (preventieve) genees- en behandelwijze op te stellen voor risicopatiënten. In 2005 ontvingen de wetenschappers gezamenlijk de Nobelprijs voor de Fysiologie of Geneeskunde voor hun werk. Als het mogelijk was geweest om de 'maagbroedende' kikker verder te bestuderen dan zouden we er misschien achter zijn gekomen hoe de gezondheidsrisico's van een te hoge zuurgraad in de maag kunnen worden vermeden. Deze inzichten zijn verloren gegaan omdat we niet afwisten van – of ons bekommerden om – de manier waarop onze gebrekkige systemen het leven om ons heen verwoesten. Systemen die afval verspillen en daardoor het milieu vervuilen. Duizenden soorten dreigen nu uit te sterven als gevolg van deze onwetendheid.

Onze prachtige blauwe planeet die eindeloos rondcirkelt, omgeven door duisternis en schitterend belicht door de zon, biedt ons het leefmilieu waarvan we niet alleen afhankelijk zijn voor ons bestaan maar ook voor ons geluk. Het is hoog tijd om actief en bewust verbanden te gaan leggen tussen onze eigen gezondheid en die van de aarde. Om de bijdragen en geniale aspecten van de aardse ecosystemen op waarde te schatten en natuurlijke processen en systeemoplossingen zo aan te passen dat we ons materiële bestaan, ons overleven en onze planeet voor de ondergang kunnen behoeden. Al doende zullen we nieuwe duurzame modellen ontdekken (zoals andere soorten dat al miljoenen of misschien zelfs miljarden jaren doen) voor overleving, duurzaamheid en overvloed die gebaseerd zijn op de ideeën van de blauwe economie – wederzijdse ondersteuning en uitwisseling – die méér bereikt met minder, en alle levensvormen ondersteunt.

**HET OOG IS HET VOORNAAMSTE MIDDEL
WAARMEE ONS VERSTAND TEN
VOLLE DE ONEINDIGE WERKEN
VAN DE NATUUR IN AL HUN PRACHT
KAN WAARNEMEN.**

Leonardo da Vinci

EEN REGENBOOG AAN MOGELIJKHEDEN

Lichtperceptie

Zichtbaar licht bestaat uit fotonen, kleine pakketjes elektromagnetische straling die zich in een rechte lijn voortbewegen, tegen objecten kaatsen en dan via het doorzichtige, gekromde hoornvlies in het oog terechtkomen. Wanneer de fotonen door het hoornvlies en de lens komen, gaan ze over van bewegen door lucht naar bewegen door vloeistof. Deze vloeistof bevat eiwitten die licht kunnen breken. Hierdoor verandert de richting waarin de fotonen zich bewegen zodat ze een beeld vormen op het netvlies, dat uit een laag lichtgevoelige cellen bestaat. De beeldkwaliteit wordt verder verbeterd doordat de diameter van de pupil zich aanpast om precies de juiste hoeveelheid licht binnen te laten. Gespecialiseerde spieren veranderen de vorm van de lens om het bereik waarbinnen scherpe beelden mogelijk zijn te vergroten. Ondertussen houden de spieren aan de buitenkant het oog gericht en zorgen ze dat de ogen samen gecoördineerd de omgeving aftasten.

Het lichtgevoelige element in het netvlies is retinal, een aangepaste versie van vitamine A. Als een foton geabsorbeerd wordt door een retinamolecuul ontstaat een complexe biochemische cascade eindigend met een elektrisch signaal naar de hersenen. Daar wordt de informatie van miljoenen lichtgevoelige elementen gecombineerd tot waarnemingen van contrast en kleur. De omgekeerde beelden die zich vormen op beide netvliezen worden door de hersenen bij elkaar gevoegd en weer 'rechttop' gezet, waarna de resulterende beelden worden geïnterpreteerd, zoals bijvoorbeeld de woorden op deze pagina.

Lenzen zijn de spil waar alles om draait bij de kunst van het licht; ze kunnen het licht breken en zo nabije of juist verre delen van de omgeving in focus bren-

gen. De vroegste kunstmatige lenzen werden ongeveer drieduizend jaar geleden ontworpen in Assyrië, maar al honderden miljoenen jaren eerder hadden zich bij een aantal diersoorten natuurlijke lenzen ontwikkeld. Filmdunne lenzen bij de octopus; vervormingsvrije lenzen bij de slangster (verwant aan de zee-ster). Deze twee wonder-tjes op het gebied van de lenstechniek geven aan dat ons wetenschappelijke begrip van de optica nog niet zo heel ver reikt. Er valt nog veel te ontdekken en wie weet liggen de kansen voor commerciële toepassingen voor het oprapen.

Soms komen er nieuwe toepassingen op de markt via een verrassende omweg. In Japan is de libelle het symbool voor lichtheid en vreugde. Ze herinnert ons eraan dat we licht met ons meedragen. Desgewenst kunnen we dit licht op magnifieke wijze weerkaatsen. Het talent van de libelle om haar vliegspieren op te warmen met zonlicht, ingevangen door haar vleugels, is inspirerend voor onderzoekers die zich bezighouden met duurzame energie. Geconcentreerde zonne-energie (CSP) is een opkomende industrie die zich al bewezen heeft. In de woestijnen van Zuid-Spanje staan meer dan duizend spiegels opgesteld die het zonlicht weerkaatsen waarmee water wordt verhit in een centrale toren. Het bedrijf Abengoa heeft deze – tot nog toe dure – techniek ontwikkeld en erin geïnvesteerd. Spiegels bundelen het zonlicht en richten de stralen op het water, ongeveer zoals de libelle het doet. Er wordt verwacht dat tegen het jaar 2050 de hoeveelheid zonne-energie die wordt opgewekt met behulp van CSP de uitstoot van CO₂ met ongeveer 2,1 miljard ton zal doen verminderen. Jaarlijkse investeringen in CSP zouden meer dan 100 miljard dollar kunnen bedragen, en tot bijna 2 miljoen nieuwe banen kunnen leiden, zelfs terwijl de crisis in Spanje tot tijdelijk banenverlies leidt omdat subsidies zijn afgeschaft. De lichttechnologie zal waarschijnlijk blijven bestaan en aan de verwachtingen beantwoorden.

Ultraviolet: licht dat mensen niet zien

Licht manifesteert zich niet altijd als kleur. De zon straalt ook licht uit dat we niet kunnen waarnemen. Licht komt in verschillende golflengtes. De golflengte van ultraviolette straling is korter dan die van het licht dat wij zien als 'paars' oftewel violet (vandaar de naam). Dat uv-licht een weldadige uitwerking kan hebben is bekend, bijvoorbeeld bij huidaandoeningen zoals psoriasis. Ook stimuleert uv-licht de productie van vitamine D waardoor het lichaam meer calcium kan absorberen. Dit zorgt dat botten sterk blijven. Tevens kan vitamine D mogelijk het risico van sommige soorten kanker verminderen. Daarnaast werkt uv-straling als een natuurlijke rem op de aanwezigheid van mijten in tapijten, kleden en bekledingsmateriaal en beperkt het de hoeveelheid bacteriën in het water van zwembaden, waarmee het de plaats zou kunnen innemen van chloor, die alom gebruike (en toxische) doder van ziektekiemen.

Te veel uv-licht kan schadelijk zijn en bijvoorbeeld tot huidkanker leiden.

Vooraf doordat de beschermende ozonlaag rondom de aarde inmiddels is aangetast door drijfgassen zoals cfk's (chloorfluorkoolwaterstoffen) wat eigenlijk, zoals we dankzij de grote bombardeerkever weten, helemaal niet nodig had hoeven zijn. In reclames voor consumentenproducten wordt een heel scala van beschermende middelen aangeprezen die de klaarblijkelijke risico's van blootstelling aan uv-straling moeten tegengaan. Onder meer het wettelijk toegestane benzofenon-3, een verbinding die uv-straling absorbeert maar die inmiddels als mogelijk kankerverwekkend in het verdachtenbankje is geplaatst. In laboratoria is de reactiviteit van deze chemische stof laag maar zodra er zonlicht op valt, komt het middel tot leven en dan wordt het potentieel schadelijk voor biologische weefsels. Zinkoxide en titaandioxide (de pigmenten zinkwit en titaanwit) weerkaatsen uv-straling. Ook deze verbindingen worden op de markt gebracht als uv-filters. Toch heeft recent onderzoek aan de University of California, Riverside aangetoond dat zonnebrandcrèmes met deze filters elke twee uur opnieuw moeten worden aangebracht om effectief te blijven. De stoffen zouden na verloop van tijd vrije radicalen afgeven die de huidcellen erger kunnen beschadigen dan het uv-licht zelf.

In de natuur hebben vele soorten zich aangepast aan langdurige blootstelling aan ultraviolette straling, waardoor ze de nadelige effecten kunnen neutraliseren. Uiteraard hebben planten zonlicht nodig om tot fotosynthese te komen. Omdat ze geworteld zijn in de aarde kunnen ze niet de schaduw opzoeken als het zonlicht te fel is. Ze moeten zich daarom op een andere manier beschermen. Ook een groot aantal dieren krijgt last bij een te langdurige blootstelling aan uv-straling. De mechanismes die deze planten en dieren hebben ontwikkeld om de negatieve effecten van uv af te weren vormen een bron van nieuwe hulpmiddelen, inzicht en inspiratie.

De Belgische natuurkundige Jean Pol Vigneron heeft diepgaand onderzoek verricht naar de edelweiss, de officiële nationale bloem van Oostenrijk. Het bloemetje is niet in staat tot weerkaatsen van uv-licht maar absorbeert en verstrooit dit met behulp van duizenden haartjes, waardoor de straling niet doordringt in het weefsel (waar het levende cellen zou vernietigen). In hooggelegen Arctische, Antarctische of woestijngebieden die in extreme mate aan uv-straling zijn blootgesteld, worden veel korstmossen en schimmels aangetroffen. Vaak beschikken deze over absorberende pigmenten. Zo is er bijvoorbeeld uit schimmels die een symbiose aangaan met *Collema cristatum*, een korstmos (symbiotische levensvorm van schimmels en microalgen), een nieuwe mycosporine geïsoleerd die tegen licht beschermt. De geïsoleerde verbinding voorkomt de vernietiging van huidcellen door uv-licht indien het middel wordt aangebracht vóór de bestraling. Sommige korstmossen bieden een betere bescherming dan andere, maar dit hele onderzoeksgebied is zeer veelbelovend omdat de methoden simpel zijn en potentieel toxische toepassingen kunnen vervangen. Dit zou

tevens onze afhankelijkheid verminderen van delfstoffen die met gebruikmaking van massale hoeveelheden energie uit de grond worden gehaald en verwerkt, zoals titanium en zink.

Bepaalde vruchten, zoals appels en tomaten, zijn opmerkelijk gevoelig voor ultraviolette straling en moeten zich beschermen tegen de schadelijke gevolgen ervan. Ze doen dit met behulp van lycopene, een carotenoïde uit dezelfde familie als bètacaroteen. Lycopene beschikt over krachtige antioxidante eigenschappen en bovendien een zwak uv-filter (beschermingsfactor 3). Door de zoektocht voort te zetten naar oplossingen die de natuur toepast, zal titaanoxide op den duur vervangen kunnen worden door een portefeuille aan alternatieven. Lycopene uit tomaten kan hier een bijdrage aan leveren. Zoals ook al bleek uit het gesprek tussen de twee collega's aan dat tafeltje in *Les Deux Magots* zijn sommige tomaten hier nog beter in dan andere.

De evolutie van kleur en perceptie

De optische mechanismes die ten grondslag liggen aan het gezichtsvermogen ontwikkelden zich pakweg 540 miljoen jaar geleden in de periode die bekendstaat als de Cambrische explosie. Opeens – dat wil zeggen in tientallen miljoenen jaren, in termen van de evolutie een relatief korte periode – en zonder duidelijke oorzaak, bloeide er een grote verscheidenheid aan meercellige levensvormen op. Totaal nieuwe soorten ontwikkelden harde lichaamsdelen zoals schelpen, hoorns en stekels en namen velerlei vormen en kleuren aan. Het vermogen om de omgeving waar te nemen en verschijnselen visueel van elkaar te onderscheiden werd een overheersende evolutionaire kracht. Goed kunnen zien biedt voordelen aan de jager zowel als aan de prooi. Voedsel kan makkelijker worden herkend, roofdieren zijn beter zichtbaar en paartjes vinden elkaar eerder. Sommige soorten ontwikkelden felle kleuren en ingewikkelde patronen om op te kunnen gaan in de omgeving, vijanden af te schrikken of om indruk te maken op het andere geslacht.

Dieren die afstammen van levensvormen die zijn ontstaan in het Cambrische tijdperk – vogels, zoogdieren, reptielen, vissen, weekdieren en prachtig iriserende kevers – hebben allemaal een eigen typische manier van kijken en beschikken over specifieke methoden om kleur te produceren. Pijlgifkikkers gebruiken opvallende tinten om roofdieren te vertellen dat het gevaarlijk is ze op te eten. Giftige koraalslangen hebben felgekleurde ringen om te laten zien dat er met hen niet te spotten valt. De melkslang is niet giftig en kan veilig worden gegeten maar trekt voordeel uit de reputatie van de koraalslang door simpelweg diens felgekleurde tekening na te bootsen. Een zeekat kan in minder dan een seconde zijn kleuren aanpassen aan de omgeving en een kameleon met een bedrieglijk patroon van strepen en vlekken op zijn huid kan een prooi achtervolgen zonder zelf te worden gezien.

Dr. Hopi Hoekstra, buitengewoon Loeb-hoogleraar in de natuurwetenschappen aan Harvard, maakt een studie van de genetische mechanismes in een muis die zich aanpast aan zijn omgeving. Zijn huid neemt de kleur van zand aan als hij op het strand woont en wordt donker als hij in het binnenland vertoeft. Papegaaivissen kunnen van uiterlijk en van geslacht veranderen, van vrouwelijk naar mannelijk. De vrouwtjes in een groep zijn veel minder kleurrijk dan het dominante mannetje. Als het mannetje opgegeten wordt dan verandert het dominante vrouwtje van geslacht en worden haar kleuren veel feller. Papegaaien (de vogels) kunnen ultraviolet licht zien. Aan elkaar tonen ze een flamboyante verenpracht, terwijl wij alleen maar monochrome veren waarnemen.

Pigmenten, geproduceerd door levende organismen, tonen kleur doordat ze licht met bepaalde golflengtes selectief absorberen en terugkaatsen. Pigmenten kunnen golflengtes weghalen maar ze nimmer toevoegen aan een lichtbron. Een kikker heeft geen groen pigment maar weerkaatst blauw licht van onder een geel pigment. De witte haren van een ijsbeer of een poolvos zijn eigenlijk doorzichtig. Ze bevatten geen pigmenten die kunnen absorberen of structuren om een bepaalde golflengte te weerkaatsen. Daardoor kaatsen ze het volledige spectrum terug en zien wij een wit dier.

De *Cyphochilus*-kever en enkele andere keversoorten hebben een zeer ongevoon stralend wit schild. Deze adembenemend witte kleur ontstaat op schubben die slechts vijf micrometer dik zijn, tien keer zo dun als een mensenhaar. De oppervlakken van de schubben hebben een zeer grillige structuur waardoor elke denkbare golflengte gelijktijdig geabsorbeerd en verstrooid kan worden. Industriële minerale laagjes (die bijvoorbeeld worden gebruikt bij papier van hoge kwaliteit, sommige soorten plastic en verf) dienen twee keer zo dik te zijn om er even wit uit te zien. Metingen wijzen uit dat kevers witter en helderder overkomen dan melk of dan de gemiddelde menselijke tand, terwijl beide veel meer volume hebben.

Veel dieren komen aan hun kleuren met behulp van pigmenten die hun eigen stofwisseling produceert. Andere krijgen pigmenten binnen via hun voedsel, waarna de kleuren zichtbaar worden op de huid. Zo is de intense kleur van de rode ibis een bijproduct van het eten van krabben en garnalen die rode algen naar binnen werken. Bijna alle blauwe tinten die we tegenkomen in het dierenrijk, inclusief de kleuren van de blauwe waterjuffer (*Enallagma civile*) zijn niet het resultaat van een blauw pigment maar van licht dat weerkaatst wordt door zeer kleine weefselstructuren die het licht verstrooien en filteren. Sommige soorten produceren kleur zonder enige vorm van pigment te gebruiken. In plaats daarvan hebben ze microstructuren in hun vacht, veren, schubben of kroonblaadjes die alleen licht met een bepaalde golflengte reflecteren. Bij dieren wordt vaak keratine als basismateriaal gebruikt.

De veren van paradijsvogels en kolibries zijn iriserend – met veranderlijke

kleurschakeringen en een metaalachtige glans, misschien wel het meest spectaculaire kleureffect dat er bestaat. De kleurwerking van de Egyptische scarabee en van kevers uit het regenwoud wordt al duizenden jaren gereproduceerd op sieraden maar nooit op industriële schaal. Sommige orchideeën verhogen hun visuele aantrekkingskracht door gouden en zilveren vlekjes subtiel te combineren en te verspreiden in hun met chemische pigmenten gekleurde kroonbladen. Een vergelijkbaar effect ziet men bij Kaapse viooltjes. In miljoenen jaren van vallen-en-opstaan hebben vele organismen methoden geperfectioneerd om hun verleidelijkheid te verhogen, bijvoorbeeld met behulp van een metaalachtige glans (overigens zonder dat er metaal aan te pas komt). De onderliggende structuren waarmee deze kleurschakeringen worden bereikt, verschillen enorm van soort tot soort. Een wezen dat buitengewone kleur produceert (onder de aandacht gebracht en beschreven door Andrew Parker) is de zeemuisk *Aphrodita aculeata*. Dit zeedier is volledig bedekt met iriserende haren. Pure schoonheid.

Pigmenten als handelswaar

Mineralen waren de vroegst bekende pigmenten die door mensen werden gebruikt. Natuurlijke ijzeroxides leveren een scala aan kleuren op die na meer dan 20 millennia nog steeds te zien zijn in rotstekeningen. In de Middeleeuwen werd al geëxperimenteerd met complexe vormen van chemie. Men ging op zoek naar permanente en stabiele kleuren, wat tot de oprichting van een aantal zeer winstgevende bedrijven leidde. Wit en blauw waren twee van de eerste synthetische pigmenten. Wit werd gemaakt door lood met azijn te combineren in aanwezigheid van CO₂. Blauw pigment, ook wel aangeduid als 'Egyptisch blauw', werd vervaardigd uit calciumkopersilicaat op basis van vergruisd glas dat was getint met een kopererts, bijvoorbeeld malachiet.

In de commerciële wereld van vandaag (eigenlijk net als in het Cambrische tijdperk) worden kleuren nog steeds gebruikt om aantrekkingskracht uit te oefenen. Maar tegenwoordig zijn felle kleuren en unieke patronen meer bedoeld om kopers te lokken dan een partner. Bij de marketing, verkoop en soms ook de consumptie van producten zoals verf, inkt, textiel, plastic, cosmetica en voedsel wordt gebruikgemaakt van kleur om op te vallen. Feitelijk is er sprake van een gigantische, en groeiende honger naar kleur. In 2008 werd over de hele wereld in totaal bijna 8 miljoen ton pigment gebruikt met een omzet van meer dan 17 miljard dollar. In andere woorden, de gemiddelde prijs van een ton pigment bedroeg meer dan 2000 dollar. Dat is vier keer de prijs van de cellulose die in papier wordt verwerkt of van palmolie voor biobrandstoffen. Vanuit een zakelijk oogpunt vormen kleurpigmenten een hoogwaardig product met aanzienlijke winstmarges.

Opvallend genoeg zijn de meeste mensen bereid om zichzelf te tooien met

kleren en cosmetica zonder ooit te vragen naar de ingrediënten en methoden die nodig zijn om deze accessoires te maken. Mineralen zoals cadmium, chroom, kobalt, lood, kwik, titanium en zink worden nog steeds toegepast in pigmenten. Kortom, ze zijn het eindproduct van mijnbouwpraktijken en ertsverwerkingsprocessen die niet bepaald een schoolvoorbeeld van duurzaamheid zijn. Van veel kleurpigmenten is aangetoond dat ze potentieel een gevaar voor de gezondheid vormen, daarom zijn het gebruik en de toepassing ervan in hoge mate gereguleerd. Toch schrijft geen enkele moderne industrienorm voor dat kleurstoffen biologisch afbreekbaar moeten zijn. Evenmin bestaat er regelgeving met betrekking tot de afvoer van afvalresten die kleurcomponenten bevatten uit metaaloxiden. Op afvalstortplaatsen zijn kleurstoffen (op batterijen na) de grootste bron van vervuiling met zware metalen. Deze pigmenten zijn bedoeld om permanent te zijn en niet te verbleken; juist daarom blijven er hoge concentraties achter die de vervuiling tot gevaarlijke niveaus opdrijven. Als kleurstoffen in het milieu worden geloosd dan leidt dat niet zelden tot de verontreiniging van complete ecosystemen.

Kleur is mooi maar niet altijd een schone zaak. Economisch gezien is wit de meest begeerlijke kleur. Bleekmiddelen zoals chloorbleekloog worden standaard gebruikt om kleurende stoffen te verwijderen tijdens de productie van textiel en papier, zodat het materiaal witter wordt. In de was zijn het bleekmiddelen die geelachtige tinten (het gevolg van oxidatie) verwijderen, wat een 'schone' indruk maakt. Schoon of niet, het gaat ons om het effect. Verder worden 'optische witmakers' gebaseerd op onder andere benzeen toegepast om materialen witter te laten lijken; ze zetten ultraviolet licht om in zichtbaar blauw, met een verhoogde, wittere reflectie als resultaat. Echter, deze optische witmakers zijn vermoedelijke allergenen en zwaar toxisch. Tot nu toe hebben we niets beters. Hoe kunnen we anders met pigmenten en bleekmiddelen omgaan dan onze industriële maatschappij het tot nu toe doet? Hopelijk kunnen we gebruikmaken van natuurlijke oplossingen om toekomstige industriële ontwikkelingen te sturen. Dit kan alleen als we goed begrijpen hoe licht en kleur vormgaven aan de evolutie.

Andrew Parker heeft de structuur ontdekt die ten grondslag ligt aan de iriserende kleuren van kolibries en kevers. Hij snapt nu hoe de natuur al miljoenen jaren metaalachtige iriserende kleuren produceert en werkt aan formules om deze visuele effecten op een commercieel rendabele schaal te fabriceren, gebaseerd op de creatieve methoden die de natuur gebruikt om kleur aan te maken. Als het mogelijk is om deze levendige en aantrekkelijke kleurstoffen in productie te nemen op basis van de natuurkundige en biochemische processen zoals toegepast door dieren en planten, betekent dat meer dan een grote technische doorbraak, zegt Parker. Het zou ook een goede reclame zijn, want een groeiend aantal fabrikanten en consumenten heeft belangstelling voor alternatieven die

niet toxisch of vervuילend zijn. Zijn doel is om een onderzoeksinfrastructuur op te zetten als springplank voor een reeks innovaties die toegepast kunnen worden in uiteenlopende bedrijfstakken. Het is niet onwaarschijnlijk dat fotonische technologie binnenkort gezonde kleuren gaat opleveren – dat wil zeggen: pigmenten zonder cadmium, lood of chroom.

De fabricageprocessen zouden even eenvoudig kunnen zijn als bij de productie van glas. Als het concept succesvol blijkt dan zijn er volop mogelijkheden. De resultaten van de inleidende proeven zijn overtuigend. De eerste toepassing is op het gebied van de cosmetica, een sector met een enorme belangstelling voor kleuren die verder gaan dan wat nu op de markt wordt gebracht. Cosmetica gaat niet alleen over uiterlijk schoon maar omvat ook huidverzorging, daarom beslaat Parkers onderzoek meerdere facetten. Bedrijven die op zoek zijn naar een ‘frisse en natuurlijke’ insteek bij hun marketingstrategieën zullen zeker belangstelling hebben voor deze innovatieve aanpak. In principe zou Parkers research een mijlpaal kunnen betekenen in de industriële ontwikkeling, wat een impuls kan geven aan nieuwe bedrijfstakken die waarlijk in harmonie zijn met bestaande ecosystemen. Het enige probleem dat nog moet worden opgelost is het regelen van voldoende aanbod.

Naast cosmetica zijn er ook andere toepassingen mogelijk. Er zou een nieuw soort kristallen figuren kunnen worden vervaardigd door glas met een geschikte microstructuur onzichtbaar aan te brengen in een kristallen beeldje (bijvoorbeeld van een dier). Dit levert dan spectaculaire kleurflitsen op; veel effectiever dan glazen prisma's. Het visuele effect zou niet alleen identiek zijn aan dat van het echte dier maar ook gebruikmaken van dezelfde optische techniek. Swarovski, de Oostenrijkse producent van kristalproducten, heeft Andrew Parker al gecontracteerd en de eerste innovaties zijn vanaf de lente van 2012 te koop.

Afval voor de een, grondstof voor de ander

Fabrieken waar tomaten worden verwerkt staan meestal vlak in de buurt van tomatenkwekerijen. Zodra de vruchten binnenkomen, worden ze verwerkt tot tomatenpuree. Unilever, ooit de grootste verwerker van tomaten ter wereld totdat het bedrijf zijn fabriek in Brazilië doorverkocht aan Cargill, neemt gemiddeld 1,65 miljoen ton per jaar af. Gezien het grote aantal tomaten dat verwerkt wordt, ontstaan er stromen fabrieksafval waar verder niets mee wordt gedaan. Bij dergelijke volumes bedraagt de hoeveelheid weggegooiden tomatenschillen ongeveer 30.000 ton per jaar. Als de Unilever-fabrieken productieketens aan hun bestaande pakket zouden toevoegen voor huidverzorgende producten met het lycopene uit weggegooiden tomatenschillen als ingrediënt, dan zouden die wellicht goed kunnen concurreren met de huidige, nogal dure lycopencrèmes en -lotions. Een deel van de grondstoffen zou immers overvloedig en gratis beschikbaar zijn. Sterker nog, het zou voordelig zijn voor de fabrieken

die tomatenpuree maken als ze een minder grote hoeveelheid afval tegen betaling moeten laten afvoeren.

Het is waar dat tomaten veel minder afval opleveren dan koffie. Maar de verwerkingsresten worden afgevoerd via de rioolwaterzuiveringsinstallatie en hierbij worden duizenden kubieke meters water verspild. Van de overgebleven vaste stoffen eindigt ongeveer 3 procent op de vuilstort. Niemand merkt dit, omdat managers van aanvoerketens en de beleidslijnen van de meeste bedrijven gericht zijn op kortetermijnwinst. Aan afval wordt simpelweg geen waarde toegekend. Voor ons zijn deze 3 procent juist zeer interessant. In het zakenleven wordt wel gezegd dat elke cent die wordt bespaard op de kosten-per-product een miljoen toevoegt aan het eindsaldo. Deze logica wordt vooralsnog niet toegepast als een stof wordt aangemerkt als waardeloos. In dit opzicht valt er heel wat te leren van ecosystemen: de natuur kent waarde toe aan afval.

Natuurlijke kringlopen leren ons dat efficiënt materiaalgebruik nooit het gevolg is van een enkel proces. Er is altijd en overal sprake van een verscheidenheid aan functies. Tomatenschilletjes zijn daarvan het levende bewijs. Ze werken niet alleen als antioxidant en bescherming tegen ultraviolet licht maar leveren ook natuurlijke, veilige rode kleurstoffen die al worden gebruikt in allerlei diepgevroren levensmiddelen: van verpakte zalm tot aardbeien tot ijs. Dus als tomaten het hoofdproduct zijn (de corebusiness), kunnen ze dankzij nevenproducten op het gebied van gezondheid (uv-bescherming en verkleining van de kans op prostaatkanker), persoonlijke verzorging (cosmetica), viskweek (eiwitrijk voedsel) en ijs (toetje) deel uit gaan maken van een kringloopmodel. IJzeroxide en synthetische kleurstoffen (op basis van aardolie en gedolven metalen) zijn eendimensionale producten met afval dat buiten de boeken blijft, terwijl lycopene deel uitmaakt van een hele groep bruikbare materialen die gewonnen kunnen worden uit bioafval. Rode lipstick uit tomatenschilletjes? Dat krijgt een heel eigen cachet. Als vrouwen zouden weten welke ingrediënten er in hun huidige lipstick zitten dan zouden ze en masse naar de tomatenversie grijpen.

Een gedegen ondernemingsplan zou de ontwikkeling moeten omvatten van extractie- en verwerkingstechnieken van lycopene. Er zou gekeken moeten worden naar hoeveel lycopene de schillen opleveren; ingeschat moeten worden hoeveel beschermingscrèmes, lotions en voedingssupplementen er momenteel worden verkocht en tegen welke prijs. En hoeveel rode kleurstoffen koopt de voedselindustrie nu eigenlijk in voor dit soort toepassingen? Een fabriek die tomatenschillen verwerkt en naast een tomatenverwerkend bedrijf staat, zou het onttrokken lycopene tegen concurrerende prijzen kunnen verkopen als grondstof voor veilige voedingskleurstoffen, voedingssupplementen en huidverzorgende producten. Deze metamorfose – van afvalbeheer tot innovatie – zou lokale werkgelegenheid kunnen scheppen, zorgen dat kwaliteitsproducten tegen een lagere prijs op de markt gebracht worden, niet-duurzame bedrijfsac-

tiviteiten wegdrukken en beter zijn voor de gezondheid (minder toxische stoffen). Zo'n milieuvriendelijk en financieel gezond bedrijfsmodel kan slagen op vele niveaus. Het analyseren van tomaten begint al te klinken als het verwerken van koffiedrab. Het wordt interessant.

Kostenanalyse wijst uit dat het te duur zou zijn om uitsluitend lycopene uit tomaten te winnen. Tenminste, als de rest van de tomaat wordt weggegooid, wat onzin zou zijn (hoewel dit precies de manier is waarop de industriële sector te werk gaat). Gebaseerd op een dergelijke beperkte economische analyse zou Parkers voorstel om tomaten als grondstof te gebruiken nooit kunnen concurreren met bestaande kleurstoffen, crèmes enzovoort. Maar als tomatenafval de grondstof is, dan kunnen er spijkers met koppen worden geslagen. Meerdere afgeleide producten met toegevoegde waarde (huidverzorgende producten, voedingssupplementen en kleurstoffen) uit één afvalstroom vormen een veel betere zakelijke propositie. Deze logica wordt echter niet onderwezen op de beste instituten voor bedrijfskunde in de wereld waar de corebusiness-corecompetence aanpak samengaat met het buiten beschouwing laten van de waarde van afval in de cashflowanalyse. Dubbele omzetstromen op basis van gratis grondstoffen genereren een veel hogere geïntegreerde cashflow dan de 'enkelvoudige' verwerking van tomaten.

In bovenstaand bedrijfsmodel zou tevens het gebruik van (weggegooid) tomatenpitjes kunnen worden opgenomen. De pitjes in de zeven van de grote pureermachines verdwijnen naar de stortplaats of worden goedkoop aan veeboeren verkocht, hoewel de voedingswaarde in veevoer laag is; ze worden eerder gezien als vulling dan als voedsel. Toch zijn deze zaadjes rijk aan spoorelementen die goed zijn voor de gezondheid en tevens zachtmakende enkel- en meervoudige onverzadigde vetzuren bevatten. Daarom zou deze grondstof beter aansluiten op de markt als de pitjes worden gebruikt in huidverzorgingsproducten en voedingsmiddelen.

Door de grote omvang van de mondiale vraag naar producten waarin tomaat is verwerkt – gekookt, in stukjes, in blikken of flessen, gedroogd en met toevoeging van vele verschillende smaken – zou tegelijkertijd kunnen worden voldaan aan de grote vraag naar veilige cosmetische producten en verfstoffen, allemaal op basis van ongebruikte tomatenschillen en zaadjes. Zulke voedsel- en materiaalketens bieden unieke kansen om veelbelovende markten open te breken, geslaagde toepassingen te ontwikkelen en fabrieken te laten draaien. Als deze afgeleide verwerkingseenheden naast de primaire tomaatverwerkende fabriek komen te staan dan zijn de vervoerskosten minimaal. Door een dergelijke 'symbiose' neemt de cashflow toe, de kosten worden lager en er komen banen bij.

De bioraffinaderij van de toekomst

Al nadenkend over manieren om afvalbergen om te zetten in (onder meer) voedingsstoffen, komen we vroeg of laat uit bij de bioraffinaderij. Dit concept werd oorspronkelijk ontwikkeld door prof. dr. Carl-Göran Hedén, lid van de Club van Rome en de Kungliga Vetenskapsakademien (Koninklijke Zweedse Academie voor Wetenschappen). Een centrale rol in Hedéns ideeën over de bioraffinaderij speelde de notie dat er meer te halen viel uit stoffen die al geoogst of verwerkt waren. Hij zag een voedsel- en materiaalketen voor zich en ontwierp een demonstratiemodel waarin alle chemicaliën en katalysatoren opgenomen werden in het proces van een kringloopsysteem. Lignine, hemicellulose, cellulose, lipiden en essentiële oliën werden gewonnen uit een enkele boom. Door dat er geen afval werd geproduceerd, verdrievoudigde de opbrengst.

In het geval van de tomaat zouden we kunnen berekenen hoeveel werkgelegenheid er zou kunnen worden gecreëerd als het concept van de bioraffinaderij wordt toegepast. De hoeveelheid banen die daarmee in het leven wordt geroepen zou de verwachtingen weleens kunnen overtreffen. Volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) wordt er in de wereld zo'n 3,6 miljoen hectare gebruikt voor de tomatenteelt. De netto-opbrengst is iets minder dan 100 miljoen ton en de Verenigde Staten alleen produceren 10 miljoen ton. Zakelijk gezien zouden we kunnen constateren dat de wereld ongeveer 2 miljoen ton aan potentiële grondstoffen voor additieven, pigmenten en oliën verspilt. Dit is een imposante hoeveelheid die suggereert dat het mogelijk is synthetische pigmenten en uv-filters te vervangen door duurzame alternatieven zonder de aarde leeg te plunderen of te concurreren met voedselgewassen, zoals nu gebeurt als maïs verbouwd wordt als grondstof voor brandstof of plastic. In feite produceert de aarde al alles wat we nodig hebben. We hoeven alleen maar goed gebruik te maken van de beschikbare middelen.

Momenteel kost een ton kleurstoffen gemiddeld 2600 dollar. De grondstof voor natuurlijk pigment op basis van tomaten zou ongeveer 1000 dollar per ton kosten, omdat de stof afkomstig is van weggegooid materiaal die gratis verkrijgbaar zijn of tegen betaling van geringe vervoerskosten. Dankzij goedkope grondstoffen kan het pigment worden gefabriceerd tegen lagere kosten. Investeren in het opzetten van een hele nieuwe bedrijfstak zouden wellicht in totaal ongeveer 2 miljard dollar bedragen. Dat komt overeen met de waarde van wat er nu op het gebied van tomaten wordt verspild, weggegooid op stortplaatsen of opgegeten door vee dat de resten niet eens kan verteren (met als bijkomend gevolg de uitstoot van vervuilend methaangas). In Brazilië, waar Cargills nieuwste verwerkingsfabriek staat (die ze van Unilever hebben overgenomen), kunnen productiemedewerkers makkelijk leven van 10.000 dollar per jaar. We zouden kunnen stellen dat een omzet van 2 miljard dollar in een land als Brazilië 100.000 nieuwe banen kan scheppen.

Deze cijfers leiden tot een nieuwe discussie. Alvorens een inschatting te maken, dienen we te denken aan de dynamiek van de markt. Als iets begeerlijk is maar duur, dan zal de vraag laag blijven. Naarmate de prijs daalt, zal de vraag toenemen. Onderzoek naar prijselasticiteit toont aan dat het verlagen van de prijs van producten die veel mensen willen hebben tot een meer dan evenredige toename van de vraag leidt. Komen er biochemische producten op basis van tomaten op de markt tegen de helft van de huidige prijs dan ondermijnt dit de prijs van de dominante producten op de markt, en wordt tegelijkertijd de vraag opgedreven. Terwijl een deel van de toename zou bestaan uit vervanging van de niet-duurzame opties die momenteel de markt beheersen, zou de totale vraag ook hoger worden. Materialen als appelperskoek (de resten die overblijven nadat het sap uit de vruchten is geperst) en druivendroesem (uitgeperste schillen en pitten) kunnen dan op een vergelijkbare manier als vruchtbare grondstoffen gaan functioneren.

Wereldwijd komt de 2 miljoen ton tomatenafval overeen met slechts 12 procent van alle beschikbare koffiedrab. Dankzij onze voorkeur voor ketchup, salsa en spaghettisauzen is deze hoeveelheid restafval genoeg om elk lipstickmerk ter wereld te kunnen voorzien van de benodigde kleurstoffen. Pigmenten op basis van afval van tomaten zijn goedkoper, beter en natuurlijker. Een toepasselijk schoonheidsmiddel voor vrouwen over de hele wereld. Trouwens, de lipstick smaakt niet naar tomaten!

Bovenstaand concept is symbolisch voor de nieuwe, blauwe economie die al terrein begint te winnen. Stelt u zich voor hoe de wereld eruit zou zien als alle producten werden gemaakt op basis van dit duurzame concept. De uitgangspunten zijn: gebruiken wat we al in huis hebben, zorgen dat basisbehoeften worden vervuld, streven naar meer duurzaamheid dan we ooit voor mogelijk hielden, creëren van werkgelegenheid, en de uitbreiding van het sociale kapitaal binnen een gezond en competitief marktklimaat.

De bioraffinaderij van vandaag

Het idee van professor Hedén was misschien wel een grootse toekomstvisie, maar verrassend genoeg is deze al werkelijkheid aan het worden. Catia Bastioli, CEO van Novamont, een baanbrekend bedrijf op het gebied van bioplastics, opende in 2014 de eerste bioraffinaderij. Uitgaande van een portefeuille aan intellectueel eigendom met wel duizend patenten onderzocht haar ingenieurs-team de infrastructuur van een in onbruik geraakte petrochemische fabriek in Porto Torres op Sardinië. De conclusie was dat een groot deel van de infrastructuur geschikt was voor biologisch materiaal. Dan doet zich de vraag voor welk materiaal plaatselijk voorhanden is. De 1,6 miljoen mensen op het eiland drinken niet genoeg koffie voor een installatie die 360.000 ton aankan. Het planten van tomaten hebben de boeren al jaren geleden opgegeven, want de Sardiniërs

meenden door toerisme in hun levensonderhoud te kunnen voorzien. Zodoende bleef 70.000 hectare vruchtbaar land braak liggen. Maar na de financiële crisis van 2008 kwamen de toeristen niet meer. Bovendien stortte enkele jaren later tijdens de Arabische Lente het bevriende regime in Libië ineen, waardoor gunstig geprijsde brandstof tegen wereldmarktprijzen moest worden ingekocht. Bastioli's team bestudeerde alle plaatselijk voorhanden grondstoffen en kwam er al snel achter dat de inheemse kardoenplant (*Cynara cardunculus*), een distel die zich over het land had verspreid toen de landbouw op een laag pitje was gezet, te verwerken is tot een eiwitbron, veevoer, plastics, smeerolie en elastomeren. ENI, een van 's wereld grootste aardoliegroepen, berekende al snel dat de maatschappelijke en milieukosten van de sluiting van hun installatie konden worden omgebogen tot een investering.

Het effect is enorm. Miljoenen die vroeger van het eiland wegvloeiden in de zakken van de olieleveranciers, maken nu de plaatselijke boeren rijker. Distels zijn vaste planten die geen grondbewerking, meststoffen, bevloeiing of onkruidbestrijding nodig hebben, wat de barrière om weer te gaan boeren kleiner maakt. Feitelijk is het ontbreken van kapitaal en ervaring zelfs handig, want het verbouwen van distels is niet vergelijkbaar met graan. Door met 'onkruid' waarde te creëren ontstaat meervoudige groei in de plaatselijke economie, waarin een makkelijk voorhanden grondstof tegen een fractie van de kapitaalkosten wordt verwerkt en zes inkomstenstromen ontstaan, beschermd door twintig jaar fundamenteel onderzoek. De bioraffinaderij als concept wordt geloofwaardig, de droom geworden fantasie wordt werkelijkheid dankzij de wetenschap en de bereidheid om bepaalde sluitingskosten om te buigen tot een kans om te concurreren in de biogebaseerde economie. Nog mooier is dat Matrica, de nieuwe joint venture tussen Novamont en ENI, een oplossing biedt voor de traditionele petrochemische industrie in Europa en elders, die het moet doen zonder goedkope nafta, de vloeistof op basis van aardolie waar de meeste chemische derivaten van worden gemaakt. De overgang naar een samenleving die koffie en tomaten verwerkt, leek al een grote stap vooruit. Een samenleving die profiteert van distels die worden verwerkt in een oude petrochemische fabriek, prikkelt werkelijk ieders geest. En dat is nog maar het begin van de nieuwe blauwe economie.

De toegenomen efficiëntie van het grondstof- en energiegebruik is indrukwekkend. In de petrochemische fabriek werden met 2,5 ton brandstof en nafta 700.000 ton chemische stoffen gemaakt. De verwerking van 360.000 ton distels geeft waarde aan 350.000 ton voer, plastics en functionele chemicaliën. Er blijven banen behouden, de natuur kan haar evolutionaire spoor vervolgen en er zijn fondsen beschikbaar om de sanering van de eerste Europese oliekraaker uit 1962 ter hand te nemen. Een schoon stuk land, een opleving van de landbouw, herindustrialisatie en een sociale kans, terwijl de vervanging van niet-hernieuwbare grondstoffen investeerders, maatschappelijke organisaties,

bonden en beleidsmakers aanspreekt. Vernieuwingen zijn zelden gestoeld op consensus, maar de enigen die moeite hebben met deze nieuwe werkelijkheid zijn misschien wel economen, die moeten wennen aan meervoudige voordelen, en chemisch ingenieurs, die nu gaan beginnen aan een mix van organische en anorganische scheikunde. Dat is nieuw, maar leuk.

Als Heinz en Unilever – de grote tomatenverwerkers van de wereld – deze kansen negeren, zullen er samenwerkingsverbanden ontstaan zoals dat van Novamont met ENI, die de wetenschap en cashflow naar een hoger niveau tillen: winst door oude, niet-concurrerende fabrieken om te bouwen en daarbij tegemoet te komen aan de basisbehoeften van allen – waaronder een gezonde blauwe planeet om op te wonen – met alles wat we hebben, óók distels.

**ALS JE NIET VAN KOERS VERANDERT,
BEREIK JE MISSCHIEN WEL JE BESTEMMING.**

Chinees gezegde

12

ENERGIEVORMEN VAN DE TOEKOMST

De leerlingen van de vierde klas in het Japanse Yokohama zijn opgewonden: ze krijgen allemaal een banaan die ze tijdens de les mogen opeten, en de geur is al net zo lekker als de smaak. Ook geeft de leraar ieder van hen een hardgekookt ei. Ze krijgen de opdracht om de bananenschil met een schaar in kleine stukken te knippen en om de eierschaal te vergruizen. Alles wordt, samen met een scheutje water, door elkaar gemengd. Vervolgens wordt in de ontstane brij een digitale voltmeter gestoken. Iedereen begint te roepen en in zijn handen te klappen: er wordt een elektrische spanning gemeten!

In Curitiba, Brazilië, of in Stellenbosch, Zuid-Afrika, zijn de reacties niet anders: volwassenen zijn verrast en kinderen raken opgewonden. Iedereen vraagt zich af hoe dit mogelijk is. We zijn alleen vertrouwd met moderne energiebronnen zoals stoomgeneratoren, kerncentrales, steenkolencentrales, waterkracht en fotonvoltaïsche zonnepanelen, en toch zijn deze energievormen stuk voor stuk betrekkelijke nieuwkomers op aarde. In de voorgaande 4 miljard jaar vertrouwde niemand op een van deze wonderen van menselijk vernuft. Als gevolg van deze nieuwigheden worstelen we nu met klimaatverandering door buitensporige CO₂-uitstoot en staan we voor langdurige maatschappelijke kosten voor de opslag van kernafval.

Terwijl we de hele dag stroom van het net afnemen staan we er niet bij stil dat voor de aansturing van ons hart slechts 0,2 volt nodig is, opgebouwd in stappen van 70 millivolt. En toch verwerken de vier hartkamers dagelijks ruwweg 7500 liter bloed. De energie hiervoor onttrekt het hart enkel aan buitengewoon efficiënte biochemische reacties. Er komen geen batterijen, accu's of bedrading aan te pas. Metalen zijn niet nodig. Wat heet, dankzij een zorgvuldig, in de loop van

honderdduizenden jaren ontwikkeld dieet nemen we een mengsel van moleculen in ons op dat, onder andere, voorziet in een regelmatige toevoer van biochemische stoffen om ons hart, onze hersenen en ons zenuwstelsel onderhoudsvrij te laten functioneren – hopelijk decennialang, of zelfs langer. Geen enkele door de mens gemaakte krachtcentrale levert zo betrouwbaar energie als de eenvoudige biochemische reacties die binnen ons lichaam plaatsvinden.

Amory Lovins, medeoprichter van het Rocky Mountain Institute, behoort tot 's werelds creatiefste denkers op het gebied van energie. Vaak heeft hij aangetoond dat de gecentraliseerde energieproductie van onze maatschappij, met zijn reusachtige krachtcentrales met massa's draden en kabels die zich als tentakels naar onze huishoudens uitstrekken, niet de ideale manier is om tot een duurzame stroomvoorziening te komen. Als we eens de tijd zouden nemen om te kijken hoe natuurlijke systemen gedurende miljoenen jaren voor een aanhoudende energietoevoer hebben gezorgd, dan zouden we ons realiseren dat niet een van onze voornaamste krachtbronnen vergelijkbare principes toepast. Erger nog, de schade veroorzaakt door onze huidige energievoorziening dreigt de natuurlijke systemen waar het leven werkelijk van afhangt te verwoesten.

Onze huidige energievoorziening is gebaseerd op technologie die onvermijdelijk tot problemen leidt. De enorme uitstoot van drie gassen – kooldioxide (CO_2), methaan (CH_4) en distikstofoxide (N_2O) – heeft een diepgaande uitwerking gehad op de dunne dampkring van onze planeet. De in een broos evenwicht verkerende dampkring rond Moeder Aarde is het gevolg van miljoenen jaren wisselwerking met haar bossen. Aangezien er van de oorspronkelijke bossen nog geen 30 procent resteert, verschuift de basis volgens welke de dampkring behouden blijft onherstelbaar, tenzij we in alle klimaatzones beginnen met een grootschalig herstel van onze bossen. Het is alsof het vel rond onze aarde verdwijnt en de tere huid blootstaat aan pijnlijke invloeden van buitenaf. De oorzaken zijn bekend. De kooldioxide is met name afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen, het methaangas van dierlijke uitwerpselen en de distikstofoxide ontstaat door het gebruik van kunstmest, geproduceerd met behulp van fossiele brandstof, in de landbouw. We hebben een systeem geschapen dat veel weg heeft van een enorme tanker die op de automatische piloot vaart: hij is moeilijk tegen te houden, heeft tijd nodig om van koers te veranderen en er is niemand aan boord die snel kan ingrijpen om een botsing te voorkomen.

Pas na de eerste oliecrisis in 1974 begon men ernst te maken met het streven naar energiezuinig gedrag. De Club van Rome had al gewaarschuwd voor de vicieuze cirkel van bevolkingsexplosie, toegenomen industriële productie, stijgende vraag naar energie en exorbitante vervuiling. Toch hebben bijna alle huidige alternatieven voor fossiele brandstoffen grote nadelen. Geen van alle zijn ze ingegeven door hoe natuurlijke systemen het vraagstuk van veilige energie al miljoenen jaren lang hebben opgelost. Erger nog, de meeste opties

die worden overwogen snijden economisch geen hout. Uiteindelijk zullen we verder moeten kijken dan tijdelijke en tussenoplossingen als kerncentrales, fotovoltaïsche zonnepanelen, windkracht en waterkracht, en oplossingen moeten omarmen die zich in ecosystemen hebben bewezen en die voortdurend lucht en water verversen.

Landen die voor kernenergie hebben gekozen als een van hun energiebronnen hebben hun burgers, vaak zonder hun toestemming, ertoe verplicht de risico's te dekken. Voorstanders van kernenergie zouden toonaangevende verzekeringsmaatschappijen eens moeten vragen of die bereid zijn om de risico's te dekken zonder een door de belastingbetaler gefinancierde garantie. Het antwoord dat ze zullen krijgen is dat geen enkele verzekeraar bereid is om met een polis te komen voor een kerncentrale, tenzij de overheid instemt om alle risico's te accepteren, voor eeuwig. Dit levert banen noch waarde op. En wanneer overheden bereid zijn zich nog generaties voor alle burgers en hun nakomelingen in te zetten, waarom gaat diezelfde logica dan niet op voor alle andere hernieuwbare energiebronnen?

Een heroverweging van de vraag

In de natuur voorzien de meeste diersoorten in hun basisbehoeften door gebruik te maken van de beschikbare middelen. Hoe kunnen wij dit vormgeven voor onze energieproductie en -verbruik? Als we in ogenschouw nemen dat het natuurlijke systemen miljoenen jaren is gelukt, en nog lukt, om efficiënt energie op te wekken, zouden we misschien een manier vinden om de vraag naar energie met een factor tien of zelfs twintig te doen afnemen en tegelijkertijd een grotere toegankelijkheid aan te bieden. Het idee komt voort uit een verbruikssysteem dat veel minder energie uit het buitenland vereist, dat de behoefte aan mijnbouw aanzienlijk vermindert en dat de vervuiling door kooldioxide, methaangas en distikstofoxide spectaculair doet dalen. Het nieuwe businessmodel dat wij voorzien, zal een deel van de bijkomende schade die stilzwijgend is getolereerd zelfs ongedaan maken. Dit is de nieuwe aanpak om de vraagzijde te managen: tussenkomst aan de aanbodzijde. Als we beter gebruikmaken van wat beschikbaar is, als we andere technieken gaan gebruiken om efficiënter te werken, als we duurzaam leren produceren, dan zal blijken dat we de natuurkunde in ons dagelijks leven hebben leren toepassen. Eindelijk zullen we het beste gebruik gaan maken van onze wereld. Iets door niets vervangen, en hergebruik van afval als ruwe grondstof, betekent dat we minder nodig hebben en meer hebben.

In de loop der jaren hebben alle diersoorten zich aangepast om de energie die ze nodig hebben om zich warm of koel te houden, zich te verplaatsen of van gedaante te veranderen, te verbeteren en er zuinig mee om te gaan. De tuimelaar en de walvis weten hoe ze hun waterweerstand moeten verminderen, de blauw-

vintonijn weet zijn warmte vast te houden. De koffervis weet met zijn voortreffelijke stroomlijning auto-ontwerpers te inspireren. Antivries wordt op een natuurlijke manier aangemaakt door de gele meelworm; de abalone of zeeoor maakt in koud water keramiek. Hieraan kunnen we toevoegen de bioluminescentie ('koud licht') van levensvormen zoals pijlinktvissen, de chemie van de winterslaap van beren, het wateroogsten van de woestijnkever en de door termieten geperfectioneerde opwarmings- en afkoelingssystemen. Elke aanpassing toont overtuigend aan dat diersoorten manieren kunnen ontwikkelen om tot een maximale energiezuinigheid te komen. Wanneer de bijdragen van elke soort worden verweven in ecosystemen die voedingsstoffen en energie duurzaam hergebruiken, kunnen we niet anders dan ontzag hebben voor hun elegantie en nauwkeurigheid. Energie vormt nooit een doel op zich, maar is een middel om dat doel te bereiken. Het grootste deel van de tijd leidt energie naar voedsel en water, creëert het een behuizing, vergemakkelijkt het transport (om voedsel of een partner te krijgen) en bevordert het de gezondheid. Ecosystemen wekken veel efficiënter energie op dan onze productiewijzen. De natuur leert ons dat het vervangen van 'iets' door 'niets' ons de verrassende oplossingen kan aandragen die we voor duurzaamheid nodig hebben, en de industrieën van de toekomst kan scheppen.

Dat is het concept: vervang iets door niets, of door iets wat zo klein en anders is dat het absoluut geen gelijkenis vertoont met het vervangen systeem. Dit is een radicaal andere manier om onze energieproblemen op te lossen. Ook onderstreept het de verschuiving van ons businessmodel die nodig is voor een vermindering van onze afhankelijkheid van olie en de delfstoffen die worden bewerkt door middel van verbranding van weer extra fossiele brandstoffen.

Denk terug aan Fritz Vollrath en zijn nanotechniek om spinzijde te maken. Waar designpolymeren – plastics – in de afgelopen vijftig jaar metalen hebben vervangen, hebben ze de vraag naar aardolie, de ruwe grondstof voor deze plastics, verhoogd. Opnieuw dient zich hier de kans aan om gebruik te maken van een bewezen, geteste, ontwikkelde technologie die zich spiegelt aan de natuur en veertig eeuwen boerenverstand. Titanium door zijde vervangen zou de vraag naar staal en highperformance-metalen en ook de behoefte aan mijnbouw en energieverbruik spectaculair verminderen. Ook worden chelerende bacteriën (die metalen kunnen binden) onderzocht die aan de vraag kunnen voldoen door metalen uit gebruikte batterijen terug te winnen. Ze doen hun werk bij lage temperaturen, zodat geen energieverblindende smeltovens nodig zijn om de metalen van het afval te scheiden.

Denk terug aan Bruce Rosers innovatie die verder ontwikkeld wordt door Nova Labs, die gebruikmaakt van natuurlijke processen om temperatuurgevoelige farmaceutische producten te stabiliseren die anders zouden bederven. Elimineer de behoefte aan het koel houden van vaccins en we kunnen de kosten

voor de gezondheidszorg in ontwikkelingslanden met 300 miljoen dollar verlagen. Een dergelijke portefeuille van 'vervang iets door niets'-technologieën, toegepast op onze gezondheidszorg en onze voedselproductiesystemen, zal het energieverbruik nog verder verlagen. De energiebesparing zou echt enorm zijn, niet alleen in wat zou worden behouden maar ook in wat zou worden hergebruikt.

Denk terug aan de vortextechnologie van Curt Hallberg, die nu een tweede opstartbedrijf leidt onder de veelzeggende naam Vortex Innovations. De grootste en meest betrouwbare kracht op aarde is zwaartekracht. De uitgebreide mogelijkheden die worden geboden door een kracht die 24 uur per etmaal werkt, dus niet alleen wanneer de zon schijnt, kunnen we niet negeren. Zo'n beetje elke levende soort heeft zich aan deze zeer voorspelbare kracht aangepast en gebruikt hem om optimaal in zijn behoeften te voorzien. Een vortex, of draaikolk, heeft de potentie om water drinkbaar te maken. De wervelende kracht van de vortex, toegepast om bacteriën en lucht uit het water te halen, zou bacteriedodende middelen overbodig kunnen maken en het energieverbruik verminderen.

Laten we eens kennismaken met Stefan Larsson, het brein achter fascinerende zonnesystemen die het nog ten noorden van Stockholm doen. Stefan werkte voor Vattenfall, een van de belangrijkste stroom- en warmteproducenten van Europa en een van de grootste exploitanten van windenergie in het Verenigd Koninkrijk. Daar gaf hij leiding aan het onderzoek naar zonne-energie en had hij de uitdagende taak om zonnepanelen te ontwerpen die de zon zelfs vanen als die maar acht graden boven de horizon staat. Wij gingen ervan uit dat het onderzoek naar zonne-energie in zonnrijke delen van de wereld vooroploopt. Stefan paste een andere logica toe: als het je lukt om zonne-energie in het noorden van Zweden te laten functioneren, dan werkt het elders op de wereld beslist ook. Door optische effecten concentreerde hij zonnestralen en licht met vaste reflectoren. Hij slaagde erin het systeem te laten functioneren. Maar toen besloot Vattenfall dat zijn toekomst afhangt van kernenergie en besloot het te stoppen met het onderzoek naar zonne-energie. Stefan kreeg de kans van zijn leven, verwierf de patenten en de basisuitrusting van het laboratorium en zette samen met anderen Solarus op.

Zweden leek wel de laatste plaats waar je een zonne-energiebedrijf zou voorstellen, maar Stefan paste een simpele logica toe die over het hoofd was gezien door alle deskundigen, die zich – verwend door de zon – nooit de voor de hand liggende vraag stelden, namelijk: als fotonvoltaïsche (pv-)cellen aan twee kanten werken, waarom gebruiken we dan maar één kant? Specialisten zullen er snel op wijzen dat zonnepanelen oververhit raken door de zonne-energie boven en de geconcentreerde zonne-energie aan de onderkant. Daar had Stefan op geantwoord met een al even voor de hand liggende vraag: waarom koelen we de

zonnepanelen dan niet net als bij een automotor met water? Op het moment dat alle pv-fabrikanten zich inspanden om de panelen dunner te maken en met minder basismateriaal kosten te besparen, leek het idee om waterbuizen binnen een paneel aan te brengen iets van een buitenstaander die niets wist van de echte wereld van zonne-energie. Maar Stefan hield vol en bouwde zijn eigen versie met pv-panelen van Hitachi. Met een derde minder groot paneel kon hij 18 procent meer elektriciteit opwekken en gratis heet water van 60-70 °C genereren. De gezamenlijke efficiëntie van warmte en stroom, met minder energie- en materiaalgebruik, is meer dan het dubbele van de opbrengst van traditionele panelen. Wie is er nu verblind door een overvloed aan zon? Noodzaak is de bron van alle uitvindingen.

Zon aan twee kanten

Stefan richtte zich op de surreële vraag of zonnepanelen ook 's nachts werken. Ook al had hij in de wetenschappelijke wereld enige geloofwaardigheid verworven met zijn innovatieve veelgelaagde optische folie die zonlicht opving dat nauwelijks boven de horizon uitkwam, de reacties waren koel. Uit tests bleek echter dat het water in het dubbelzijdige zonnestelsel 's nachts werkelijk afkoelde. De zwarte cellen stralen alle hitte uit in de donkere ruimte en er viel koud water te oogsten. Nu zorgt het ontwerp van Stefan voor hitte, stroom en koelte. Terwijl er in Zweden geen behoefte is aan koud water, zag professor Edward Ayensu uit Ghana, een vooraanstaand wetenschapper uit Afrika die onder meer voor de Wereldbank heeft gewerkt, al snel wat de betekenis ervan was. Hij concludeerde dat zonnecellen 's nachts de koelkast kunnen vervangen. Een ruimte van twee kubieke meter in een huis zou tijdens hete zomerdagen kunnen zorgen voor natuurlijke koeling en zo de investering maar ook de doorlopende kosten voor stroom schrappen. Nu biedt het zonnestelsel dus drie voordelen. En het was nog maar net begonnen.

Als water urenlang op meer dan 60 °C wordt bewaard, wordt het gezuiverd. De eenheden leveren schoon water, wat een belangrijke bijdrage levert aan de gezondheid. Derhalve pasten Stefan en zijn team het ontwerp aan en vervingen het aluminium frame door gerecycled kunststof. Het kan zo worden aangepast dat het dient als dakconstructie. Anders gezegd, het zonnestelsel functioneert als dak en aangezien het onder meer bestaat uit een 22,5 centimeter diepe, met lucht gevulde ruimte, werkt het in de winter en in de zomer als isolatie. Het opmerkelijke avontuur om zon te vangen in Scandinavië ontwikkelt zich momenteel tot een revolutionair multimodaal systeem dat zorgt voor warmte, koelte, stroom, zuivering, dakdekking, isolatie en de opkomst van een kunststofrecyclingindustrie. Stefan en zijn partner hadden nooit gedacht dat ze in staat zouden zijn met zonnepanelen uit Zweden sterk kostenbesparend te zijn, maar besloten bij hun doorbraken te gaan samenwerken met eenieder die be-

reid is plaatselijk te gaan assembleren en het bedrijfsmodel op de plaatselijke situatie af te stemmen. Dat betekent dat de productie van zonnepanelen begint te lijken op de teelt van paddenstoelen op koffie.

Het ontsluiten van nieuwe energiebronnen

Het is vreemd dat wat wij vaak omschrijven als inventiviteit niets meer is dan wat de ecosystemen van onze levende aarde al eendeloos lang doen. Toen Thomas Edison de eerste gloeilampen maakte, was zijn gloeidraad gemaakt van bamboe, dat van nature rijk is aan ijzer. Een eeuw later werken deze oorspronkelijke gloeilampen nog steeds. In tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht was Edison niet de uitvinder van elektriciteit. Al miljarden jaren maken de zenuwstelsels van levende wezens gebruik van elektrische potentiaalverschillen om signalen door te geven. In natuurlijke systemen heeft elektriciteit geen ontgonnen of gesmolten metalen nodig, maar wordt toch geleidingsvermogen bereikt. Voor energie die in een batterij door geconcentreerde metalen stroomt is mijnbouw nodig en het zorgt zowel bij de verwerking als na het verbruik voor een enorme vervuiling. Bamboe en walvissen zijn twee natuurlijke soorten die ons veel te leren hebben over elektriciteit en geleiding.

De natuur beschikt over zes hoofdbronnen van elektriciteit: warmte, licht, wrijving, druk, magnetisme en biochemie. Wereldwijd draagt magnetisme het grootste deel bij aan de stroomproductie. Elektrische generatoren, of het nu hydro-elektrische, steenkolen-, aardolie-, methaangas- of kerncentrales zijn, maken alle gebruik van magnetisme voor de opwekking van elektrisch vermogen. Zonnepanelen die licht omzetten in stroom worden langzamerhand aantrekkelijker, maar de prijs is nog hoog. Elektriciteit wordt opgewekt door een spoel rond te draaien binnen een magnetisch veld. Kleinere elektrische vermogens laten zich zonder tussenkomst van spoelen en magneten opwekken door middel van temperatuurverschillen, drukvariaties en wrijving. De chemische reactie in batterijen is de oudste manier van stroomopwekking én heeft de grootste invloed op onze moderne levenswijze gehad. Biochemie is een belangrijke bron van elektriciteit in het lichaam en houdt vooral verband met de voedselopname van de betreffende soort; de energie-industrie schenkt er maar weinig aandacht aan. Het door de sidderaal en andere elektrische vissen geperfectioneerde biochemische systeem is een wonder van techniek, vooral in zijn gebruik van isolatiemateriaal.

Natuurlijke systemen zijn niet afhankelijk van extreme methoden zoals de mens die heeft bedacht. In de natuur zijn vuur en verbranding eerder uitzondering dan regel. Zelfs een 50 procent droge materie wordt niet verwerkt door verbranding. De mens neemt met gemak zijn toevlucht tot verbranding van alles wat als afval wordt beschouwd, zelfs water. Het is een beleid dat overheerst in de landbouw, de industrie en bij de gemeentelijke afvalverwerking. Wanneer we

niet weten wat we met iets aan moeten, verbranden we het. Recentelijk zijn deskundigen op de proppen gekomen met het argument dat pyrolyse (chemische afbraak door verhitting) de energie in complexe grondstoffen terugwint. Er zijn zelfs bedrijven die voor het verbranden van water zijn! Na jarenlang onderzoek te hebben gefinancierd concludeerde men in de jaren negentig bij Nestlé, het grootste instantkoffieverwerkingsbedrijf ter wereld, verrassend genoeg dat de verbranding van koffieafval (dat voor 80 procent uit water bestaat) de beste milieuplossing was.

Het observeren van natuurlijke energiebronnen is een inspirerende bezigheid. Hoewel we de wet van de zwaartekracht misschien volledig doorgronden, staat slechts een enkeling stil bij de vraag hoe de bestanddelen die uitgroeien tot een appel – voordat deze zijn vorm krijgt en zich overgeeft aan de zwaartekracht – deze zwaartekracht eerst nog trotseren. Het is deze frisse kijk op de in ecosystemen werkende krachten die de juiste instelling oplevert om naar blijvende oplossingen te zoeken voor ons energiedilemma.

Hoe vult de kokosnoot zich met water? Er is geen pomp, en hij neemt geen regenwater op. Hoe weten bomen zich zo indrukwekkend te verheffen? Waar haalt osmose in planten de kracht vandaan om de zwaartekracht te overwinnen en het voedzame sap via hun capillaire netwerk omhoog te stuwen? Uiteraard is er een wisselwerking met oppervlaktespanning en de grote aantrekkingskracht van de maan. Die is verantwoordelijk voor eb en vloed, ook zo'n betrouwbare en voorspelbare kracht in de natuurkunde van ons universum. Er zijn tal van krachten die zeer gedetailleerd en op zeer lage niveaus worden benut door natuurlijke systemen, wat alle levensvormen de energiebron geeft die ze voor hun behoeften hebben ontwikkeld. Dit staat in schril contrast met de industriële oplossingen die wij hebben bedacht en gefinancierd. Moderne oplossingen lijken degelijk, maar vergeleken met natuurlijke energiebronnen is hun inherente inefficiëntie enorm. Dit is de reden waarom we zo veel energie verspillen en onszelf de vraag stellen: 'Waar liggen de echte kansen?'

Elektriciteit uit pH

Terwijl mensen het hebben over de waarde van de opwekking van kern-, zonne-, steenkool-, wind- en fotovoltaïsche energie, verdelen natuurlijke systemen hun energiebehoeften op basis van pH-verschillen kringloopsgewijs over alle contribuanten. Een boom genereert elektrische stromen door het verschil tussen het pH van de bodem en dat van hemzelf. In de natuurlijke energiebalans is de werkzaamheid van waterstof een belangrijke factor, omdat deze de snelheid van biochemische reacties regelt. Dat gebeurt door het reguleren van de enzymactiviteit, en de snelheid waarmee elektriciteit door ons lichaam beweegt. Een hoger pH betekent dat een stof of oplossing meer basisch is en meer elektrische weerstand heeft. Elektriciteit plant zich dus langzamer voort bij een

hoger pH. Als iets zuur is (een lager pH), gaat de stroom sneller. De accu van een auto is zuur. Op koude dagen kun je met een zure accu je auto snel starten. Biochemisch gezien is iets wat basisch is langzaam. Vergelijk de loodzuuraccu van een auto met een alkalinebatterij van een zaklamp. Die loopt langzamer leeg. Natuurlijke systemen maken voortdurend gebruik van deze wisselwerking zonder ooit hun toevlucht te nemen tot lood (autoaccu) of lithium (zaklampbatterij). Bij levende wezens vormen membranen de poort voor deze stromen. Soms laten ze elektronen snel door, soms langzaam. Bepalend voor de stroom is de omgang met het verschil in pH-waarde.

Elektriciteit uit temperatuurverschillen

Thermo-elektriciteit is de omzetting van temperatuurverschillen in elektriciteit. In ons nieuwe energiemodel zou elektronische apparatuur zijn benodigde stroom uit de warmte van het menselijk lichaam kunnen halen. In Duitsland heeft het Fraunhofer-instituut voor fysieke meettechnieken een methode ontwikkeld om elektriciteit uit natuurlijke lichaamswarmte bruikbaar te maken. Stelt u zich eens voor: het verschil tussen de temperatuur van het menselijk lichaam en zijn warme of koude omgeving is voldoende om elektriciteit op te wekken. Normaliter wordt een verschil van enkele tientallen graden noodzakelijk geacht om genoeg elektriciteit op te wekken om elektronische apparatuur van stroom te voorzien, terwijl het verschil tussen de oppervlaktetemperatuur van het lichaam en zijn directe omgeving slechts een paar graden is. 'Bij dit soort verschillen kunnen slechts lage voltages worden opgewekt,' legt Peter Spies, projectmanager bij het Fraunhofer-instituut, uit. Het apparaatje dat dit temperatuurverschil tussen lichaam en omgeving vangt, levert ruwweg 200 millivolt. Elektronische apparaten hebben minstens een of twee volt nodig; een ledlamp zal met iets minder dan een volt branden.

Toch hebben ingenieurs van het Fraunhofer-instituut een oplossing gevonden. In plaats van op zoek te gaan naar manieren om meer stroom te maken – de standaarddenkwijze van de industrie – bedachten de knappe ingenieurs van het instituut circuits die minder energie nodig hebben, slechts 200 millivolt. Ze hebben hele elektronische systemen gebouwd die een batterij noch een verbinding met het elektriciteitsnet nodig hebben. Het systeem haalt energie louter uit lichaamswarmte. Peter Spies is ervan overtuigd dat in de toekomst, wanneer de schakelsystemen verder verbeterd zijn, een temperatuurverschil van slechts een halve graad voldoende zal zijn om genoeg elektriciteit op te wekken voor een mobiele telefoon. Dit is precies hoe ook natuurlijke systemen zich hebben ontwikkeld, waarbij steeds kleinere stroomsterkten steeds meer presteerden totdat alles wat ze nodig hadden tot stand werd gebracht zonder te hoeven wachten op een enorme golf, zoals een blikseminslag, om iets te laten gebeuren.

De doorbraak van Peter Spies stelt ons in staat serieus na te denken over de vraag hoe we ons kunnen bevrijden van de last van de batterij, metalen, mijnbouw en de enorme hoeveelheid energie die nodig is bij de vervaardiging van een consumentenproduct dat spoedig op een vuilstort zal liggen. In een blauwe economie zouden veel installaties kunnen worden aangepast om zonder energie uit een batterij of een wandcontactdoos te draaien. De natuur biedt ons eindeloze inspiratie.

In 1999 bracht Seiko, de Japanse horlogemaker, 500 stuks van het eerste door lichaamstemperatuur gevoede horloge op de markt. Eenmaal volledig opgeladen bleef het tien maanden lopen. Het werd een van de meest gewilde horloges ooit. Het vermogen om stroom op te wekken hangt af van de luchttemperatuur en individuele verschillen in lichaamstemperatuur. Het horloge om de pols neemt via de kast warmte op en staat die af aan de voorzijde, waarbij de ingebouwde warmteomzetter stroom opwekt. Naarmate het verschil tussen de luchttemperatuur en de oppervlaktetemperatuur toeneemt, neemt de opgewekte hoeveelheid energie toe, en omgekeerd. In de toekomst is dit de ideale manier om met energie te werken.

Elektriciteit uit zwaartekracht en druk

Druk, of technisch gesproken piëzo-elektriciteit, is een andere energiebron die in de natuur in overvloed aanwezig is. 'Piëzo-' komt van het Griekse *piezein*, wat drukken betekent. De voornaamste bron van compressie is natuurlijk de druk van de zwaartekracht. Onder invloed van de wind kan het gewicht van een boom elektriciteit opwekken als de boom beweegt uit de gravitatie spanning op rotsen in de bodem. Als energiebron werkt variërende spanning of druk het meest efficiënt met stoffen die een kristalstructuur hebben. In het verleden werden voor de hand liggende materialen zoals kwarts gebruikt. Rochellezout (kalium-natrium-tartraat) was de eerste grondstof waarmee werd gedemonstreerd hoe piëzo-elektriciteit kon worden opgewekt. Door recente inzichten in piëzo-elektrische opwekking kwamen daar veelvoorkomende producten bij als rietsuiker, droge botten, zijde en zelfs hout. Naarmate de allernieuwste research nog niet ontgonnen paden verkent, zullen meer bronnen van piëzo-elektriciteit worden ontdekt.

Terwijl in veel delen van de wereld industriële toepassingen nog steeds onontwikkeld zijn, heeft de Japanse industrie de commerciële toepassingen van piëzo-elektriciteit een motie van vertrouwen gegeven. Talloze toepassingen hebben zich in ons dagelijks leven genesteld zonder dat we ons ervan bewust zijn dat ze op energie uit druk werken. De eerste tv-afstandsbedieningen maakten gebruik van kwartstechnologie om een druk op een toets om te zetten in een elektrische spanning. Ook de echolocatieapparatuur in auto's is gebaseerd op piëzo-elektrische transducers, en de autofocus van sommige spiegelreflexca-

mera's wordt aangedreven door een piëzo-elektrisch motortje. De eenvoudige druk op een aansteker is al genoeg om een vonk te genereren en de brandstof te doen ontvlammen. Robert Bosch, de Duitse fabrikant van auto-onderdelen, ontwikkelde het eerste piëzo-elektrische brandstofinjectiesysteem. Dit is een van de factoren die de Volkswagen Jetta tot een zeer zuinige auto maakte. Hij presteert beter dan de Toyota Prius, die in Amerika enkel roem vergaarde doordat er uit remkracht stroom werd opgewekt en de afvalstoffen uit verbrande benzine terug werden gewonnen. Maar de Jetta doet het beter!

Naarmate we meer inzicht krijgen in piëzo-elektriciteit ontstaat een nieuwe visie op het ontwerp van gebouwen, waarbij de druk die de constructie op de vloer uitoefent kan worden gebruikt om elektriciteit op te wekken, zoals een proefproject in Turijn, in 2008 verkozen tot designhoofdstad van de wereld, laat zien. Kwarts kristallen, die in de Alpen overal te vinden zijn, zouden in een gebouw op elke verdieping onder pijlers kunnen worden gelegd om elektriciteit op te wekken precies daar waar er het meest behoefte aan is. Feitelijk is deze toepassing een rechtstreekse omzetting van de zwaartekracht. Op basis daarvan is de druk die de constructie uitoefent makkelijk te berekenen. De mogelijkheden zijn enorm, omdat de kristallen onder druk van een zwaar gebouw enkele megavolts kunnen opwekken, beslist genoeg om op zijn minst de liften van energie te voorzien.

Zwaartekracht biedt onze samenlevingen in het algemeen en onze gebouwen in het bijzonder de beste kansen op een ontwikkeling in de richting van duurzaamheid. Het gebruiken van de elektrische mogelijkheden van druk is de manier om een totaal andere visie op energievrije huizen en gebouwen te realiseren. Bedenk nog eens hoe een ontwerp op basis van de wijze waarop de Namibische kever water verzamelt water kan produceren op een dak, en hoe een draaikolk dat water, terwijl het door de zwaartekracht naar lager gelegen verdiepingen wordt getrokken, kan reinigen. Daar kunnen we elektriciteit aan toevoegen, niet opgewekt door filmdunne zonnecellen die koolstofvezels van energie voorzien, maar doordat de zwaartekracht van een bouwwerk duizenden volts piëzo-elektriciteit genereert. Laten onze ingenieurs streven naar uitvoering van deze visie!

Deze energie-inzichten bieden manieren om de explosieve vraag naar kleine batterijen voor hoortoestellen, speelgoed, mobiele en kleine elektronische apparatuur te verminderen of uit te bannen. Terwijl durfkapitalisten miljarden hebben geïnvesteerd in het onderzoek naar minder vervuilende wegwerpbatterijen, levert het aanboren van energiebronnen die in harmonie zijn met de natuur en een eind maken aan onze afhankelijkheid van metaalwinning pas écht rendement op.

Een andere potentiële bron van piëzo-elektriciteit zijn trillingen, met name die van geluid. Hoewel het een niveau van geluid is dat wij mensen niet als zodanig waarnemen weten wetenschappers al lange tijd dat seismische com-

municatie veel voorkomt bij kleine dieren, waaronder spinnen, schorpioenen, insecten en een handvol gewervelde dieren, zoals de witlipkikker, de kangeroerat en de gouden mol. Seismische gevoeligheid is waargenomen bij zeeolifanten – zeer grote zoogdieren. Getuigenissen over olifanten die duidelijk een tsunami voelden naderen, hun ketting braken en zich in veiligheid repten, trokken de aandacht van wetenschappers. In 1997 ontdekte Caitlin O’Connell-Rodwell, een onderzoeksmedewerker aan de faculteit geneeskunde van Stanford University, dat olifanten over grote afstanden met elkaar kunnen communiceren met lage tonen die de mens nauwelijks kan horen. Doortastend startte zij een nieuwe onderzoekskoers met de stelling dat de olifantenroep met zijn lage frequentie in de grond krachtige trillingen teweegbrengt – seismische signalen die olifanten via hun gevoelige slurf, knieën en poten kunnen voelen en interpreteren. Volgens O’Connell-Rodwell communiceren de olifanten met elkaar via de grond en zijn ze in staat zeer subtiele trillingen via hun poten te onderscheiden.

In het nationale park Etosha in Namibië heeft ze waarnemingen gedaan; de verzamelde gegevens over dierlijke seismische gevoeligheid past ze toe op het probleem van gehoorverlies bij mensen. Mensen met gehoorbeschadiging ontwikkelen vaak een grotere tactiele of tastgevoeligheid in de auditieve cortex van hun hersenen dan mensen zonder gehoorprobleem. ‘We willen de mogelijkheid onderzoeken of pasgeborenen met ernstig gehoorverlies kort na de geboorte blootgesteld kunnen worden aan trillingen met als doel om hun gehoor te verbeteren,’ aldus O’Connell-Rodwell. Olifanten en gehoorapparaten worden beide gestimuleerd door het voelen van trillingen. Opnieuw zien we hier de basisprincipes van de natuurkunde in werking – trillingen – die helpen te voldoen aan de veranderende behoeften van een soort – het creëren van cellen in de hersenen om gehoorbeschadiging te compenseren en het gevoelig maken van een zenuwstelsel voor trillingen via handen of voeten.

De meest veelbelovende versie van een piëzo-elektrische krachtbron is waar de trillingen die worden veroorzaakt door een stem elektriciteit opwekken. Als het piëzo-elektrische apparaatje dat geluidstrillingen omzet in elektriciteit in contact zou staan met uw huid, dan zou zowel piëzo-elektriciteit als thermische elektriciteit uw telefoon van stroom kunnen voorzien. Dit betekent dat hoe meer u praat, hoe meer u kunt bellen. We zouden ons verder het uiterlijk en design kunnen voorstellen van een gehoorapparaatje dat wordt gevoed door de stem van de drager, aangevuld door elektriciteit die wordt gewonnen uit lichaamstemperatuur. De combinatie van deze bewezen energiebronnen zou de lithiumbatterij en de zonneceloplader snel achterhaald maken. Ze zouden de basis leggen voor een breed scala van nieuwe energietoepassingen.

Energie uit zweet

Atleten meten hun conditie en prestatieniveau af aan melkzuurgraden. Zweet bij krachtige lichaamsbeweging bevat van nature melkzuur. Met een emzymhoudende plaktatoeage haalt dr. Wenzhao Jia van de University of California in San Diego daar elektronen uit die per vierkante centimeter huid 70 microwatt genereren. Ze bouwde geen biobatterij, maar creëerde alleen een permanente stroomlevering voor een sensor die de doelmatigheid van de training meet door lichaamsgegevens als hartslag te verbinden met chemische gegevens. Dr. Jia onderzocht de haalbaarheid en maakte een zelfaangedreven melkzuursensor op tattoopapier. Omdat minder fitte mensen vlugger moe worden, vormen ze meer melkzuur en creëren ze meer energie.

Het apparaatje is geavanceerd genoeg om die tattoo te koppelen aan draagbare snuffjes met een condensator om de opgewekte stroom op te slaan. Voor een digitaal horloge is 10 microwatt nodig en de batterijen die daarin zitten horen tot de giftigste die verkrijgbaar zijn, en ze worden vaak weggegooid. Een plekje van twee bij drie millimeter is voldoende om de benodigde stroom op te wekken en voor altijd van die metalen af te zijn. De biobatterijen zijn snel op te laden, lekken nooit giftige stoffen en het risico op ontploffing is nihil. Maar het krachtigste argument is uiteraard dat ze steunen op een hernieuwbare energiebron: uzelf. Is dit alleen maar een droombeeld van wetenschappers? Het zeer gerespecteerde Duitse tijdschrift *Angewandte Chemie* publiceerde in 2014 een peer-reviewed artikel waarin dr. Jia bijzonderheden over haar methode gaf, waarna kapitaal en ondernemers zijn aangetrokken om het te verwezenlijken. De creatie van een nieuw product ontwikkelt zich van een fantasie tot een visie en kan alleen door wetenschap en het nemen van risico's worden gerealiseerd. De kans om miljarden batterijtjes die momenteel zo populair zijn te vervangen door gebruik te maken van ons zweet is te inspirerend om te negeren.

Energie uit beweging (kinetische energie)

Een andere variant is de kinetische energie die wordt opgewekt door beweging. Opnieuw was het de horloge-industrie die het voortouw nam bij deze technologie. In 1931 kwam Rolex met het eerste, door bewegingen van de drager gevoede horloge op de markt. Het bevatte een klein, halfmond metalen mechanisme dat door gewoon vrij te bewegen de veer opwond. Meer recent heeft Seiko honderden variaties op dit thema geïntroduceerd en het bedrijf gebruikt het nu als een van zijn belangrijkste horlogeontwerpen.

Hoewel deze toepassing van energie uit beweging een veelbelovende markt heeft gevonden, maakt de vraag hoe biologische systemen kinetische energie gebruiken ons nieuwsgieriger. Stromend bloed heeft massa en snelheid, en dus bevat het kinetische energie. De bloedstroom in onze aderen zou een simpel middel kunnen zijn dat direct te gebruiken is. Terwijl het bloed door een (slag)

ader stroomt, kan de op de vaatwand uitgeoefende druk bovendien piëzo-elektrische energie genereren. De totale energie van bloed dat door onze aderen stroomt is de som van de energieën van beweging en druk. Deskundigen zouden kunnen beweren dat dergelijke minieme hoeveelheden energie een druppel op de gloeiende plaat zijn van de wereldwijde vraag naar elektriciteit. Maar dan worden we herinnerd aan het spreekwoord 'Wie het kleine niet eert, is het grote niet weerd'. Door vorderingen in de nanotechnologie zullen we beslist een manier vinden om deze kinetische energie in elektriciteit om te zetten.

Terwijl er wel beperkte geldmiddelen beschikbaar zijn gemaakt voor onderzoek naar zonne-energie en er bergen risicodragend kapitaal zijn geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe typen batterijen, hebben onderzoek en ontwikkeling van uit temperatuurverschillen op te wekken energie geen steun gekregen van overheden, privébeleggers of durfinvesteerdere. Investeerdere lijken niet geïnteresseerd in het verkennen van ideeën voor duurzame energiebronnen die niet afhankelijk zijn van zware metalen en energieopslag. De onderzoeksinstituten Max Planck en Fraunhofer verrichten pionierswerk op het terrein van duurzame energie. Verder zijn er vernieuwers als Alan Heeger, die ontdekte dat filmdunne polymeren zeer goed elektriciteit geleiden en bij zo ongeveer alles batterijen kunnen vervangen, en Michael Grätzel met zijn baanbrekende ideeën om elektriciteit te produceren op dezelfde wijze waarop een blad fotosynthese tot stand brengt.

Konden we de Golden Gate Bridge bedekken met filmdunne zonnecellen, zoals beschreven in het artikel in de *Harvard Business Review* van februari 2008, dan zou dit niet alleen de behoefte aan chemische stoffen (verf) om roestvorming tegen te gaan elimineren, maar ook genoeg elektriciteit opwekken om in een deel van de energiebehoefte van de stad te voorzien. Hier hebben we opnieuw een veelgelaagde methode die voordeel haalt uit een efficiënt gebruik van de natuurkunde en natuurlijke temperatuurwisselingen om elektriciteit te vangen (inkomsten uit duurzame energie), en chemisch gebruik te elimineren (kosten roestwerende verf). Met dit soort methoden komen we steeds dichtere bij *zero waste*-modellen, een afvalvrij leven. Nu gaan we geïntegreerde bedrijfsmodellen ontwerpen waarbij een combinatie van deze innovaties verandert in een ecosysteem en de kans wordt aangegrepen om iets door niets te vervangen (geen roestwering meer nodig, dus kostenbesparend) en extra inkomsten te genereren (stroom van een plaatselijke generator die op een paar kilometer afstand wordt verbruikt). Door die dubbelslag worden filmdunne zonnecellen concurrerend, terwijl ze als op zichzelf staande technologie te duur zouden worden bevonden.

Zowel natuurkundigen als boeren erkennen zonder meer de macht van trillingen en temperatuur. Toch worden deze krachten genegeerd in onze hedendaagse debatten over energiezuinigheid. Om deze reden bieden innovatieve

energiebronnen een rijke bron van ondernemerskansen. Deze technologische opties maken het mogelijk dat met beperkte investeringen kleine hoeveelheden energie worden opgewekt. Het aantal mogelijke toepassingen is enorm en nieuwe markten worden overal en voortdurend aangeboord. En de mogelijkheden zijn nog groter voor mensen die meerdere technologieën bundelen, net zoals natuurlijke systemen doen, en daarmee voorzien in een betrouwbaar energiesysteem dat constant functioneert met wat plaatselijk voorhanden is. In plaats van te verzanden in een discussie over olie- of kernenergie is het verkennen van innovatieve energiebronnen op dit kritieke ogenblik een zoektocht die onze volledige aandacht verdient.

CO₂ als energiebron

Het is onmogelijk om een hoofdstuk over energie-innovaties af te sluiten zonder de maatschappelijke mogelijkheden van CO₂ te bespreken. Terwijl onbeheersbare CO₂-emissies onomwonden worden gehegeld om hun schadelijke invloed op ons klimaat dienen we de mogelijkheden van CO₂ af te wegen als een waardevolle grondstof voor onze industriële samenleving, die helpt te voorzien in onze basisbehoeften. Zuurstof was aanvankelijk een giftige stof, die een eerste voorwaarde werd voor alle leven op aarde. In dezelfde zin kunnen we zeggen dat als we CO₂ nu eens als een 'kans' gaan beschouwen in plaats van een 'probleem' het weleens een grote bijdrage zou kunnen gaan leveren aan een duurzame maatschappij. 'Hoe dan?' kunt u zich afvragen. Eén antwoord is te vinden bij algen.

Algen komen al een miljard jaar voor op aarde en behoren tot de eerste fotosynthetische organismen. Ze zijn de eerste eencellige soort die een kern ontwikkelde en het geheugen van leven, bekend als dna, daarin verpakte. Algen hebben slechts CO₂, water, voedingsstoffen en zonlicht nodig om hun eigen voedsel en chemische energie via fotosynthese te produceren. Zuurstof, het bijproduct van deze fotosynthese, wordt in overvloed afgegeven in de lucht en in onze meren, oceanen en rivieren. Algen zijn geweldig efficiënt in het vangen van licht-energie en daardoor zijn ze de snelstgroeiende soort op de planeet. Ze groeien tien keer sneller dan suikerriet en kunnen wat productie en verbreiding betreft wedijveren met bacteriën. Het in toom houden van algenproliferatie zou te vergelijken zijn met de noodzaak om drie keer per dag uw gazon te maaien in plaats van één keer in de veertien dagen.

Dit vermogen tot groei maakt algen tot een belangrijke factor bij het beheersen van klimaatverandering. Hun verdiensten zijn dat ze bij groei zuurstof afgeven en dat ze veel olie en hoogwaardige voedingsstoffen bevatten. Het Centrum voor Bioraffinage van de University of Minnesota heeft geschat dat algen jaarlijks ruim 7600 liter olie per hectare produceren. Een Braziliaans team onder leiding van Jorge Alberto Vieira Costa kweekt spirulina, een blauw-

algensoort, tegen lage kosten, wat ruim 3000 liter olie per hectare per jaar oplevert. Ter vergelijking; maïs levert 28 liter, sojabonen leveren 73 liter en palmbomen bijna 1000 liter per hectare per jaar op. Dit soort opbrengsten laat zich lastig negeren. Een van de andere grote verdiensten van algen is dat veel soorten, in tegenstelling tot maïs, in zout water op marginaal bouwland gekweekt kunnen worden en zelfs koolstofemissies uit steenkolencentrales kunnen opnemen.

Alle processen van olie- en gaswinning brengen brak water voort, een ongewenst afvalproduct. Het water wordt vaak opgeslagen in retentiebekkens die op den duur in de bodem lekken en zo de grond voor eeuwen toxisch en onvruchtbaar maken. Omdat warm water de habitat van het waterleven in rivieren en oceanen beïnvloedt, beschikken ook steenkolencentrales over dit soort bekkens om het water af te koelen voordat het wordt geloosd. Deze retentiebekkens zijn bij wet verplicht gesteld, zogenaamd om bijkomende schade aan het milieu te matigen. Er is weinig fantasie voor nodig om in te zien dat we in deze bekkens op een rendabele manier algen zouden kunnen kweken, waarmee we een niets opleverende vergaarbak van afval veranderen in een systeem dat CO₂ uit de atmosfeer haalt, zuurstof aanvult en tegen lage kosten duurzame biobrandstof produceert. Afhankelijk van het soort algen dat wordt gekweekt, bestaat tot een derde van de opbrengst uit lipiden, oliën waaruit brandstoffen worden gehaald. Wat wij voorzien is nog weer een eenvoudige maar effectieve manier om onze erfenis van milieuschade te verkleinen door afval op te nemen in de kringloop van bouwstoffen en te leren hoe we de beschikbare infrastructuur kunnen benutten. In een blauwe economie zullen we onze huidige uitdagingen oplossen door meer te doen met wat we hebben. Het kweken van algen voor voedsel en biobrandstof is daarvan een bewonderenswaardig voorbeeld. Dr. Vieira Costa is er met zijn team zelfs in geslaagd polyesters van algen te maken. Door het genereren van meervoudige producten met meervoudige inkomsten verschuift de balans van resultaten die vanwege hun hoge prijs academisch interessant maar niet-concurrerend zijn naar producten die voor ondernemers aantrekkelijk en concurrerend zijn omdat ze zo veel meer inkomsten genereren.

Het Nationaal Laboratorium voor Hernieuwbare Energie in Colorado voerde onderzoeken uit om een portefeuille te documenteren van driehonderd proteïne-, koolhydraat- en olierijke algen die in de onbewoonbare gebieden van New Mexico biodiesel zouden kunnen opbrengen. In 1996 paste Jorge Alberto Vieira Costa van de Universidade Federal de Rio Grande do Sul dit onderzoek aan om een project te helpen opzetten gericht op voedselzekerheid in het gebied rond de Mangueira-lagune. Hij richtte zijn aandacht niet op biodiesel, maar op voedselzekerheid, wat voortkwam uit de behoeften van rijstboeren in Zuid-Brazilië die zonder subsidies op meststoffen moesten zien te concurreren op de wereldmarkt. Vieira Costa kreeg bij zijn algenproject steun van hoogle-

raar Lucio Brusch da Fraga, een natuurkundige met een bijzondere graad in kwaliteitsbeheer.

Het was een buitengewoon partnerschap. De lagune van Mangueira is een van de meest alkalische (basische) meren ter wereld en absoluut geen aanwinst voor het milieu. Vieira Costa en Brusch da Fraga wilden aantonen dat het mogelijk is om overal ter wereld algen te kweken, ook in gematigde klimaatzones als Zuid-Brazilië. Toen ze de productie van algen rond de rijstvelden in Santa Vitória do Palmar, op het zuidelijke puntje van Brazilië aan de grens met Uruguay, eenmaal onder de knie hadden, oogstten ze de algen. Deze bevatten een hoge concentratie microbouwstoffen – wat men in de vs ‘*super blue-green algae*’ noemt. Ze distribueerden deze voedzame voedselbron onder de plaatselijke onbemiddelde bevolking rond de stad Rio Grande. De maatschappelijke en medische dienstverlening, de scholen en de media prezen hun geboekte successen in het lenigen van de honger en de ondervoeding. Hierna realiseerden ze zich al snel dat met algenproductie in retentiebekkens meer zou kunnen worden bereikt dan voedselzekerheid. Er werd onderzoek gedaan naar een uitbreiding van het programma: algen voor biodiesel.

Hoewel Brazilië slechts vijf steenkolencentrales telt, vergeleken met de 3000 van de vs, slaagde men erin een reeks proeven te doen waarbij CO₂-uitstoot van steenkolencentrales werd gecombineerd met algenkweek om biobrandstof te produceren. Vieira Costa gaf de aanzet tot een proces dat leek op de Braziliaanse ontwikkelingseconomie die internationaal bijval kreeg voor de productie van ethanol uit suikerriet. In plaats van hier zakelijk munt uit te slaan richtte hoogleraar Vieira Costa een onderzoeksinstituut op dat onderzoek deed naar de typische omstandigheden van het ecosysteem in Zuid-Brazilië. Hij wierf een groep enthousiaste studenten aan die zich ontwikkelden tot doctorandi en uiteindelijk tot doctoren. Het instituut vergaarde ook een sterke portefeuille van patenten.

Vieira Costa en zijn team boekten het ene na het andere succes, en werkten met plaatselijke biodiversiteit, ecosystemen en veldervaring. Van hun projecten in de lagunes van Mangueira en Morin, die ze als enorme natuurlijke retentiebekkens voor de algenkweek gebruikten, leerden ze hoe van de microschaal van een rijstveld kan worden ontwikkeld tot de industriële schaal van retentiebekkens bij energiecentrales. Wat we hier in essentie zien, is natuurkunde die biologie ondersteunt. Wat overblijft na het winnen van voedsel, biodiesel en esters (organische verbindingen voor polymeren die bruikbaar zijn voor cosmetica) uit algen kan worden omgezet in ethanol. Wat we dus zien, is een aanzienlijke toename van rendement wanneer verschillende complementaire technologieën worden gekoppeld.

Algen en kooldioxide leven in symbiose. Algen groeien het snelst als CO₂ ruim voorhanden is en nemen dit broeikasgas op als een spons. Het opschalen

van de industriële processen voor het gebruik van CO₂ om de algen te voeden vereist het mengen van meer koolzuurgas in water zodat de algen productiever worden, en tegelijkertijd zo veel mogelijk blootstelling aan zonlicht en het vermijden van schaduw. De huidige techniek voor het mengen van lucht met water is als het doden van een vlieg met een moker; veel moeite en kracht worden gebruikt voor een kleine opbrengst. Dit soort inefficiënte processen helpen uit te leggen waarom de eruit voortvloeiende producten te duur zijn. Erger nog, de fabrikanten nemen genoeg met en beperken zich dus tot het corebusinessmodel – in dit geval biobrandstof – en wijzen de rest van de hand. Geen wonder dat de huidige technieken commercieel niet haalbaar zijn, helemaal niet wanneer de olieprijs dalen, zoals in het voorjaar van 2015.

Als we willen vaststellen hoe lucht het best vermengd kan worden met water zouden we er verstandig aan doen naar de natuur te kijken. Natuurlijke systemen maken nooit gebruik van pompen of luchtblazers. De natuur vertrouwt op de vortex. Eerste schattingen geven aan dat water dat onder druk wordt gezet met lucht die tot 13 procent CO₂ bevat, vier keer zo veel lucht zou kunnen opnemen als er een vortex werd toegepast. Onder het bij wet geregelde *cap-and-trade*-systeem (inperken en verhandelen) voor broeikasgassen, is dit gelijk aan vier keer zo veel opbrengst genereren met dezelfde kapitaalinfrastructuur door gewoon de zwaartekracht te benutten. Dit is slechts de eerste verbetering. De tweede is misschien nog belangrijker.

Luchtbellens die koolzuur bevatten kunnen worden verspreid in het water en voor de algen beschikbaar gemaakt, in een grootte die bij hun membranen past. Luchtbellens die 10 keer zo groot zijn, en in sommige bioreactors zelfs 10.000 keer, als de poriën in de algenmembranen, maken het proces inefficiënt en niet-concurrerend. De te grote bellens blijven onbenut en eindigen als turbulentie op het wateroppervlak. Vortextechnologie maakt de productie van microbellens mogelijk die op maat geknipt zijn voor membraanopeningen. Waarom de maaltijd gebruiken met een graafmachine als mes, vork en lepel volstaan? Het bewijs dat de luchtbellens klein zijn is dat de watermassa een melkachtig uiterlijk krijgt. De katalysator voor het hele proces is water en de energiebron steelt op de betrouwbaarste kracht op aarde: de zwaartekracht. Deze inzichten stellen ons in staat duurzame en concurrerende oplossingen te bedenken.

De kracht van algen is dat de productie niet beperkt blijft tot lipiden die kunnen worden omgezet in biodiesel. Is de olie er eenmaal aan onttrokken, dan blijft er een stof over die rijk is aan proteïnen en microbouwstoffen en die geschikt is voor menselijke en dierlijke consumptie; zoals professor Vieira Costa al van meet af aan had verondersteld. Zijn studenten ontdekten zelfs dat de resterende algenmembranen bestaan uit zuivere esters en omgezet kunnen worden in natuurlijke polyesters. Zo keren we terug naar het concept van een complete bioraffinaderij of, zoals het Braziliaanse team het zou noemen, 'een hele

foto-bioraffinaderij' – eentje die duurzaam produceert zolang de zon schijnt, de zwaartekracht werkt en er CO₂ wordt uitgestoten. Gezien het geringe risico dat een van deze factoren zal ophouden te bestaan, ziet het er goed uit voor de toekomst. Het Braziliaanse team heeft nu bevestigd dat 2 miljoen ton door kolen-centrales uitgestoten CO₂ kan worden omgezet in 1 miljoen ton algen, wat aantoonst dat er geen reden is om koolstofemissies te verspillen en dat er weer een nieuwe mogelijkheid bij is gekomen om meer voedsel en energie te genereren dan ooit voorstelbaar leek.

Dit pakket van ontdekkingen en innovaties kan helpen de klimaatverandering af te remmen terwijl er tegelijkertijd, met water als katalysator, energie en voedsel kunnen worden geproduceerd. We vragen ons af waarom iemand met het voorstel zou komen om CO₂ 'op te slaan' door het diep in de oceanen te pompen. Een dergelijke kapitaalintensieve onderneming zou de ingenieurs veel inkomsten bieden maar voor de investeerders niets opbrengen. Het heeft absoluut geen economisch nut, tenzij overheden natuurlijk onvoorwaardelijk subsidies verlenen. Noch zou het winst genereren in het grootboek van de duurzaamheid. 'Uit het oog, uit het hart' is het oude denken. Het geeft ons dure opslagterreinen, overvolle afvalstortplaatsen, recreatieparken boven op kernafvalbergen en andere kortzichtige 'protectie door scheiding' – dwaasheden die vaak uitmonden in onherstelbare verliezen en ernstige schade. We weten dat toekomstige generaties de rekening moeten betalen, dus waarom zouden we het doen?

Met voedsel en energie als de bijproducten van een proces dat algen, CO₂, water en zonlicht omzet in biobrandstof hebben we een efficiënte symbiose. Als klap op de vuurpijl genereert het proces ook nog eens banen. Hoeveel? De grootste uitstoters van CO₂ zijn elektriciteitscentrales en cementfabrieken. Als tienduizend centrales in Amerika, Europa, China en ontwikkelingslanden deze technologieën gingen toepassen, zouden ze gemiddeld honderd banen per centrale nodig hebben, in totaal 1 miljoen banen. Dit zou een huwelijk zijn van het oude en het nieuwe, een brug slaan tussen fossiele brandstoffen, met name steenkool, en duurzame energiebronnen. De benodigde investeringen om deze centrales te bouwen zijn gelijk aan de kosten van tien kerncentrales à 10 miljard dollar. Zouden tien kerncentrales 1 miljoen banen opleveren? Nee. Hoeveel tijd zou het vergen om deze tien nieuwe kerncentrales op te starten? Minstens tien jaar!

Als we eens objectief kijken naar de economische en maatschappelijke invloed van de ene groep oplossingen versus de andere, als ons debat gaat over de rendabiliteit, de gemiddelde investeringskosten, de potentiële banen en de meervoudige voordelen voor gezondheid en werkgelegenheid die duurzame brandstoffen en natuurlijke polymeren opleveren, dan is het duidelijk dat de oplossing van kernenergie onhaalbaar is. De optie van kernenergie is nooit aan-

gewend door een ecosysteem dat het leven bevordert. Economische en zakelijke modellen moeten zich nu gaan richten op het verrijken van het leven. Het leven bevorderen zou beslist het uitgangspunt moeten zijn van elke activiteit die de mensheid ontplooit. Het is geen kwestie van voor of tegen kernenergie zijn. Zelfs zonder de duidelijke veiligheidsgevaaren in aanmerking te nemen, met ongelukken die zich steeds weer zullen voordoen, is het ook op alle andere punten niet de beste keuze, behalve als je kernfysica hebt gestudeerd en op zoek bent naar een baan.

Het is verrassend dat onze ingenieurs tal van potentiële energiebronnen lijken te negeren die juist voor alle wezens met wie we deze planeet delen de echte energiebronnen zijn. Ontdekkingen die maken dat we anders kunnen reageren op onze energiebehoeften lijken nooit te worden opgepikt door het collectief aan beleidsmakers en strategen, die geloven dat groter beter is en die zelfs in tijden van overvloed afkerig zijn van risico's. Voor die industriedeskundigen die zo snel zouden beweren dat 'alternatieve' technologieën nooit het elektriciteitsnet van energie zullen voorzien, hier de woorden van Maria, een jonge studente uit Curitiba, Brazilië, die ingenieurs hoorde zeggen dat de door bananenschillen en eierschalen opgewekte energie nooit zou wedijveren met die van atoomsplitsing of de verbranding van steenkool. Maria luisterde geduldig en respectvol naar de directeur van de oliemaatschappij en reageerde daarna: 'Nou, over 25 jaar, als ik oud ben, zal ik uw ongelijk bewijzen.' Er is niets beter voor een samenleving dan wanneer de volgende generatie enthousiast en gemotiveerd is om een verschil te maken.

DE ENE GENERATIE PLANT DE BOOM, DE ANDERE HEEFT DE SCHADUW.

Chinees gezegde

DE MIJN ALS PLATFORM VOOR HERSTEL

Herstellen van de fouten uit het verleden

Beeldt u zich even in. We hebben drie kwartier gereden vanaf Johannesburg, de industriële hoofdstad van heel Afrika. Het desolate maanlandschap dat ons nu omringt zou een perfect decor voor de nieuwste sciencefictionfilm kunnen zijn. We staan boven op een berg mijnafval, dat rijk is aan uranium, en een halve gram goud per duizend kilo bevat. Om ons een voorstelling te kunnen maken van de diepste mijnen op aarde, meer dan 4000 meter diep, pal onder onze voeten, kijken we recht omhoog en trekken in gedachten een lijn 4 kilometer naar de hemel. Terwijl we de aanslag op het milieu afkeuren, moeten we tegelijkertijd bewondering hebben voor het technisch vakmanschap. Diep in de aardkorst bereikt de temperatuur een waarde van ruim 54 °C. Het vereist een ongelooflijke hoeveelheid expertise om 20.000 mijnwerkers tot op 4000 meter onder de grond van voldoende zuurstof en een goed werkklimaat te voorzien. IJsmachines in de ingewanden van de aarde zorgen voor een aanvaardbaar werkklimaat. Denkt u zich eens in: de grootste ijsmachines ter wereld die in de hete krochten van de aarde de lucht staan te koelen.

De vraag dringt zich meteen op: kan dit ooit duurzaam zijn? Kan de mijnbouwindustrie zo opereren dat lokale gemeenschappen er nu beter voor staan dan toen men voor het eerst onder de grond ging? Korstmossen zijn geweldige mijnwerkers, in staat om specifieke anorganische stoffen zoals magnesium uit gesteenten op te nemen en deze met alle andere levensvormen in het ecosysteem te delen. Bacteriën maken gebruik van chelatie (waarbij metaalionen worden gevat in organische moleculen) om bepaalde metalen uit hun omgeving te winnen. Maar de industrie delft de zo gewilde ertsen liever met bruto geweld en

schadelijke gifstoffen zoals kwik en cyanide. Hoewel we de kennis en vaardigheden ontberen om de fouten uit het verleden te herstellen, zijn we wel degelijk in staat tot een omslag. We zijn nog niet in staat om mijnbouw milieuvriendelijk te maken, maar we kunnen op z'n minst een strategie ontwikkelen om de pijn voor het milieu en de leefgemeenschap te verlichten.

Vanaf onze berg van mijnafval overzien we een van de meest destructieve ijdelheden van de mensheid. Gewapend met dynamiet en gigantische hoeveelheden water en energie lukt het ons om uit het diepst van de aarde minuscule hoeveelheden goud naar boven te halen. De zwoegende mijnwerkers in de mijn-gangen kampen met nauwelijks aanvaardbare werk- en leefomstandigheden. Hun schamele inkomen sturen ze naar families en gezinnen die vaak ver weg wonen. Niemand weet hoeveel van hen over tien jaar nog in leven zullen zijn, laat staan dit werk nog zullen doen.

Mijnbouw is in meerdere opzichten een riskante onderneming. Zelfs al is de goudprijs naar recordhoogten gestegen, het is geen garantie dat het delven van dit edelmetaal ook in de komende jaren winstgevend zal blijven, vooral niet als alle externe kosten en schadevergoedingen aan de lokale gemeenschappen uit huidige opbrengsten moeten worden betaald. Wanneer het goud vanuit de diepte van de Zuid-Afrikaanse aarde het oppervlak bereikt, gaat het soms vergezeld van een natuurlijke hoeveelheid uranium. Het mijnafval, dat wat er overblijft nadat het erts eruit gehaald is, wordt bovengronds gedumpt waarna het een grimmige streep langs de horizon trekt. Het prachtige uitzicht op de omgeving is wazig, niet vanwege de vervuiling van de naburige stad, maar vanwege het stof van de met uranium doorregen afvalberg. Het radioactieve uranium verdwijnt in de lucht en in het water, en kan in al het dierlijke leven mogelijk dodelijke vormen van kanker veroorzaken. Een paar milieuorganisaties hebben zich beklagd over deze vorm van besmetting en hebben de directie herhaaldelijk onder druk gezet om manieren te bedenken om deze risico's terug te dringen. Helaas geven aandeelhouders de voorkeur aan een gestaag opgaande rendementslijn en zullen plannen van aanpak de bestuurstafel niet eens bereiken.

Stelt u zich de hoogste concentratie aan goud voor, verborgen onder enorme ondergrondse waterreservoirs, ontstaan op een bed van dolomietsteen. Per dag wordt voor 1,5 miljoen dollar energie verbruikt waarmee water en lucht de schachten worden ingepompt om een werkbare omgeving voor de mijnwerkers te creëren. Bedenkt u dat de lucht die uit deze schachten ontsnapt per jaar ongeveer 100.000 ton methaan bevat. Wanneer nieuwe schachten worden ontgonnen kan deze hoeveelheid zelfs een paar decennia lang jaarlijks verdubbelen. Afgezien nog van zijn effect op de atmosfeer vormt methaan een enorm explosiegevaar. Vandaar dat elk stuk mijnwerkersgereedschap peperduur is. Ze zijn gemaakt van koper, titanium of beryllium, want deze metalen geven geen vonken af.

Werken in een mijn brengt gezondheidsrisico's en de kans op ingrijpende arbeidsongelukken met zich mee. Johannesburg, of 'Joburg' zoals de inwoners hun stad noemen, is waarschijnlijk de enige grote industriestad ter wereld die niet langs een rivier of in een kustgebied ligt, maar die rond de mijnen is gebouwd. Het grootschalige oppompen van grondwater en het omleiden van een rivier naar een dertig kilometer lange pijplijn beroofden de plaatselijke boeren van hun levensader. Wat ooit de groentetuin van de Joburg-megapool was, vertoont nu de littekens van mijnschachten en kilometerslange afvalbergen. Het nog beschikbare water is kritisch vervuild, waardoor de grond voor ten minste één generatie, zo niet langer, ongeschikt is voor de voedselproductie. Elke vorm van landbouw of veeteelt, vooral de veehouderij in en rond de mijnen, moet worden afgeraden. Toch proberen enkele gezinnen nog hun dieren te laten grazen op plekken waar dat niet zou moeten. Mijnfunctionarissen doen alle moeite de armen van het land weg te houden, maar een paar ogenblikken nadat ze zijn weggestuurd keren ze alweer terug.

Geologen en biologen komen steeds meer te weten over de manier waarop gifstoffen in het water, de lucht en de bodem worden opgenomen. Bij loofbomen en breedbladige planten hoopt het gif zich op in het weefsel. Dit brengt gezondheidsrisico's met zich mee, met name radioactieve besmetting bij de dieren die deze bladeren eten. Omdat onderzoeks- en volgdata schaars zijn, zijn er geen duidelijke statistieken. Het bedrijfsleven noch de regering krijgt dus een volledig beeld van dit complexe proces. Met als gevolg dat rapportages en korte verslagen van buitenstaanders vaak slechts speculatief te noemen zijn.

Deze sociale en milieufeiten vormen niet de enige redenen dat de mijnen onder druk staan. Terwijl de goudprijs op de wereldmarkt nog nooit zo hoog is geweest geldt dat ook voor de exploitatiekosten. Erger nog, het Zuid-Afrikaanse elektriciteitsnet is behoorlijk overbelast: ESKOM heeft de mijnindustrie laten weten niet aan de vraag te kunnen voldoen omdat er niet is geïnvesteerd in capaciteitsuitbreiding. Daardoor komt bij het probleem van oplopende energieprijzen voor de lucht- en watervoorziening in de schachten, dat de levering van stroom onzeker is. Dit dwingt de mijnen tot grote investeringen in dieselaggregaten om de veiligheid van de mijnwerkers te kunnen garanderen en op een diepte van duizenden meters de horizontale mijngangen te koelen voor een werkbaar klimaat. Tegelijkertijd is er ook energie nodig om het erts van 4000 meter diepte naar boven te transporteren. Als die elektriciteit niet voorhanden is, dan zijn de mijnen gedwongen om een dag of twee per week te sluiten. Hoe stimuleer je bij zulke arbeidsomstandigheden het concurrentievermogen? Hoe zorg je voor je arbeiders als je met zulke onzekerheden wordt geconfronteerd?

Een grondige inventarisatie van nadelige gevolgen kan noodzakelijkerwijs niet voorbijgaan aan de bergen mijnafval op de poreuze grond, de met uranium besmette stofwolken die ze afgeven, de verwoestijning van het omrin-

gende land als gevolg van het oppompen van grondwater, de daarmee gepaard gaande bodemverzakkingen en de ophoping van uranium in rivierwater en de grond. Ook mogen we de sociale onrust niet uitvlakken die in verband wordt gebracht met de mijnwerkerspensions ter plekke, waar aids en andere soa's op de loer liggen. Na zo'n bezoek aan deze diepe mijnen en het leven en werken daar, zouden we al gauw wanhopig worden over de mate van maatschappelijke neergang en milieuaantasting die hier overal zichtbaar zijn. Maar bij het zoeken naar oplossingen helpen juist een positieve instelling, creatief denken en doortastend handelen. In Zuid-Afrika hebben waarheid en verzoening huizenhoge obstakels overwonnen. De weg vooruit is niet geholpen bij schuldvragen, maar bij het onderkennen van tekortkomingen en het ontwerpen van een nieuw businessmodel waarin aandeelhouders zich kunnen vinden en waarmee tegelijkertijd lokale condities kunnen worden verbeterd. Voorstanders zoals Mark Cutifani, de CEO van (goudmijnbedrijf) AngloGold Ashanti, willen graag een nieuwe weg inslaan.

De wond verbinden om te genezen

Het exploiteren van een mijn zou moeten worden opgevat als een ingreep in de aardkorst, te vergelijken met een chirurgische ingreep in een menselijk lichaam. Zelfs als we dit als een noodzakelijke procedure zien, dienen we de wond te verbinden opdat deze kan genezen. Twee eeuwen van mijnbouw hebben diverse tragische erfenissen nagelaten, waarvan sommige gedocumenteerd zijn en andere nog aan het licht moeten komen omdat openbaarmaking en herstel tijd vergen. De komst van verbeterde apparatuur en voortschrijdend inzicht betekenen dat duurzamere en minder ingrijpende procedures kunnen en zullen worden ontwikkeld.

Vanuit een corebusinessperspectief bezien vereist een economische crisis kostenreducties op alle niveaus. Directies dienen manieren te vinden om kosten te beperken, te beginnen met de onderkenning dat doorgaan op het oude niveau zijn beperkingen heeft. Maar als we deze corebusinessprincipes herdefiniëren, als we onze denkwijzen omgooien, zouden we wellicht toepasbare technologieën en energiebesparende oplossingen kunnen vinden die kostenbesparend zijn en tegelijkertijd een betere cashflow genereren. Innovaties kunnen tot nieuwe bronnen van inkomsten leiden en maatschappelijk kapitaal opbouwen dat plaatselijke gemeenschappen ten goede komt, ook nadat de mijnen zijn uitgeput. Wanneer we meer besparen, meer inkomen genereren, milieuschade herstellen en met minder investeringen meer waarde creëren, heeft iedereen profijt. We hoeven alleen maar buiten het huidige stramien te durven denken.

Papier van steen

Een van de grootste investeringen van elke mijn heeft te maken met het afval: steen en gruis. Mijningenieurs hebben geleerd stortplaatsen te maken waar puin met een laag pH-gehalte voor altijd wordt opgeslagen. Tegen hoge milieu-kosten veranderen dalen in bergen. De restanten van het gebroken erts dat na verwerking geen waardevolle non-ferro- of zeldzame aardmetalen meer bevat wordt ook eeuwig opgeslagen. Deze slurry wordt over grote afstanden getransporteerd en in een dam gepompt waar het indikt en blijft liggen, voor altijd. Een goudmijn dumpst in zijn bestaan wel 1 miljard ton steen en gruis dat moet worden afgeschermd door een dam van honderd meter hoog. Een concessie voor ertswinning gaat altijd samen met een vergunning om de restanten te dumpen, waardoor het landschap voorgoed verandert.

Het wordt tijd om de voor de hand liggende vraag te stellen: is er iemand geïnteresseerd in gruis of steen? Het standaardantwoord van mijndeskundigen is: 'Als er een toepassing was die geld oplevert, zouden we die allang hebben gebruikt en dan zou iedereen die oplossing inmiddels hebben overgenomen.' Het is niet zo makkelijk om deskundigen uit hun comfortzone te lokken, totdat de crisis nijpend wordt. Door de dalende goudprijzen en de kapitaaluitgaven voor stortplaatsen en afvaldammen is het winnen van goud en ander erts niet rendabel. Met de gangbare kennis zijn baanbrekende oplossingen niet te vinden, dus zullen ze van buiten moeten komen.

Tweeduizend jaar geleden vond China de productie van papier uit en in de eenentwintigste eeuw vond het opnieuw papier uit. In 1990 vroeg Shih Huei (William) Liang uit Taiwan zich af of je papier kon maken zonder daarvoor bomen te kappen. Na twaalf jaar grondig onderzoek kwam hij tot de conclusie dat er door 20 procent gerecycled plastic te mengen met 80 procent steengruis een nieuw soort papier gebroeduceerd kon worden waarvoor geen water nodig was: steenpapier. De pulp- en papierindustrie was te druk bezig met het zoeken naar een antwoord op de snelle digitalisering en had geen oog voor de opkomst van een totaal nieuwe concurrent: papier van vergruisd afvalmateriaal. Terwijl de papierindustrie de andere kant op keek, bleven de mijnondernemingen hun afval opstapelen zonder te letten op de revolutie die gaande was.

Hoewel Liang de formule voor steenpapier in iets meer dan tien jaar eerder had gekraakt, kostte het hem nog eens tien jaar om de machines te perfectioneren. Nu biedt hij mijnen de kans om van al hun steen, vergruisd tot deeltjes van 3-5 micron, uiterst verfijnd papier te maken. De kapitaaluitgaven zijn slechts een fractie van een moderne papierfabriek en als bijkomend voordeel is er geen water nodig bij de productie. Terwijl een reservoirdam wel 1 miljard dollar aan kapitaal kost en altijd een risico blijft, genereert steenpapier contanten, kost het niets aan kapitaal en vermindert het risico. Hoelang kunnen mijnen nog beweren dat papier geen deel uitmaakt van hun kernactiviteit? Nadat Liang in 2008 in Taiwan

zijn eerste fabriek opzette, met een betere bedrijfsvoering en marketing, kwam in september 2013 de eerste grootschalige industriële productie op gang in de stad Benxi, in de buurt van Shenyang, met zes fabrieken in totaal, die een productiecapaciteit hebben van 1 miljoen ton. Het plan is om na 2016 in China en Taiwan nog twee fabrieken op te zetten. De eerste fabriek schiep ongeveer 1000 banen, maar het omzetten van de rollen papier tot eindproducten als notitieboekjes, verpakkingsmateriaal en etiketten levert per 100.000 ton geproduceerd papier nog eens 4000 banen op.

In 2020 zal de vraag naar papier wereldwijd 500 miljoen ton bedragen. Ongeveer de helft van de markt bestaat uit vochtabsorberend tissue, waarvoor vezels van bomen nodig zijn. De andere helft, die wordt voorzien van een waterafstotende polymerencoating, is momenteel ook afkomstig van bomen maar kan binnen een generatie van steenpapier worden gemaakt. De 1 miljard ton afval in de omgeving van Johannesburg is slechts voldoende om de wereld vier jaar van papier te voorzien! Dat zou de grootste banenmachine worden die Zuid-Afrika in de moderne tijd heeft meegemaakt. Dankzij het mijnafval dat tweehonderd jaar lang werd weggegooid?

Critici vragen terecht hoe het zit met die 20 procent polymeren. Het laatste waar we behoefte aan hebben is het ontregelen van de bestaande systemen om papier te recyclen, een van de succesvolste recyclingprogramma's ooit. Daarvoor heeft Liang oplossingen bedacht. In de eerste plaats kan er een kleine hoeveelheid steenpapier door gewoon papier worden gemengd, omdat er in papier op basis van houtvezel al polymeren zitten. Maar steenpapier heeft het voordeel dat het altijd te recyclen blijft. Het is een mineraal dat niet te vernietigen is en de polymeren hebben een halveringstijd van eeuwen. Er kunnen dus recyclingactiviteiten worden opgezet die zorgen voor een mate van doelmatig grondstofgebruik die SAPPI en Mondi, de Zuid-Afrikaanse marktleiders voor papier, niet kennen.

Vanwege minder afval, lagere investeringen, meer inkomsten en meer banen ziet deze technologie er veelbelovend uit, maar het belangrijkste voordeel voor de aarde is dat miljoenen hectares land die nu voor bosbouw worden gebruikt beschikbaar komen voor voedselproductie of biodiverse bossen die de bovenste bodemlaag herstellen en water filteren. Wie zou hebben verwacht dat een mijn een bijdrage kan leveren aan voedselzekerheid en biodiversiteit?

Een methode om methaan af te vangen

Veel mijnen produceren enorm veel methaan, een broeikasgas dat een zwaar stempel drukt op de klimaatverandering. Het volume aan gas uit één mijnschacht kan oplopen tot het energie-equivalent van 30 megawatt aan continu opgewekt elektrisch vermogen. Tot op heden laat men het gas vanuit de meeste mijnschachten gewoon ontsnappen in de atmosfeer omdat men abusie-

velijk denkt dat geen enkele technologie deze gassen in concentraties van minder dan 0,2 procent economisch kan afvangen. Als dit 'afval' wél kan worden afgevangen zou het diezelfde mijn van stroom kunnen voorzien, dezelfde stroom waarvoor nu gemiddeld 18 dollarcent of meer per kilowattuur moet worden betaald. Als de mijnen zelf toegang krijgen tot dit natuurlijke gas kan dat hun energiebehoefte, nu verzorgd door ESKOM, de nationale, overbelaste energieleverancier van Zuid-Afrika, goed aanvullen. Hoewel bijna al het methaangas uit mijnschachten in de atmosfeer verdwijnt, kunnen ondertekenaars van het Verdrag van Kyoto alsnog worden gecompenseerd met emissierechten voor het afvangen van methaangas of zelfs voor het eenvoudig ter plekke affakkelen ervan. De Zuid-Afrikaanse Beatrixmijn, eigendom van Gold Fields, ontving de eerste emissierechten voor het affakkelen van mijn-gassen in 2011.

Als broeikasgas is methaan ongeveer 21 keer schadelijker dan CO₂, en emissierechten worden uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Derhalve kunnen deze rechten in vier jaar tijd, zonder al te veel investeringen en met een significante verbetering van de ondergrondse werkomstandigheden, 10 miljoen dollar opbrengen. De kosten voor het installeren van gaspijpen om het afgevangen methaan af te voeren zullen zich al binnen een jaar hebben terugbetaald. Het is duidelijk dat klimaatverdragen helemaal geen schadelijk effect op concurrentieposities hoeven te hebben.

Emissierechten zouden een snelle impuls kunnen zijn voor de winstcijfers, waardoor een nauwelijks renderende mijn een stuk winstgevender kan worden en tegelijkertijd kan bijdragen aan maatschappelijke stabiliteit in de regio en bovendien extra veiligheidsinvesteringen binnen een open markt kunnen rechtvaardigen. Echter, het affakkelen van methaan in ruil voor emissierechten in een land dat kampt met regelmatige stroomuitval lijkt een anachronisme dat maar minimaal zijn potentie benut. De mijnen hebben de energiemarkt meer te bieden dan enkel emissierechten.

Zelfs bij een gemiddelde concentratie van slechts 0,1 procent wordt het totaalvolume van vrijgekomen methaan geschat op minimaal 3 miljoen ton per jaar. Voor alle schachten nabij Johannesburg kan dit oplopen tot meer dan 6 miljoen ton per mijn voor de komende 25 jaar. Huidige luchtzuiveringstechnieken vereisen een concentratie boven 0,5 procent. Van een paar schachten is inmiddels vastgesteld dat ze aan dit concentratieniveau voldoen. De hoeveelheid methaan die in de lucht vrijkomt wordt bovendien regelmatig onder deze waarde gehouden door hogere en lagere concentraties met elkaar te mengen. Creatieve ingenieurs zullen de huidige marktstandaard ongetwijfeld willen overtreffen om ook bij veel lagere methaanconcentraties tot een effectieve luchtzuivering te komen.

Een methaanconcentratie van gemiddeld 0,1 procent zou luchtzuivering in potentie slechts marginaal renderend maken. Zelfs al biedt het Verdrag van

Kyoto een Clean Development Mechanism (CDM) om extra cashflow te genereren voor dergelijke, minder aantrekkelijke investeringen, dan nog zou een gecombineerd programma voor vortextechnologie, windturbines, warmtewisselaars en waterzuiveringsvoorzieningen de extra inkomsten kunnen genereren om de luchtzuiveringsstrategie van de grond te krijgen.

MEGTEC Systems AB, een Zweedse leverancier van luchtzuiveringsinstallaties, heeft systemen geïnstalleerd die op een efficiënte manier methaan afvangen, zelfs bij concentraties van slechts 0,1 procent, zonder energie toe te voegen aan het oxidatieproces. In 1983 bouwde de Australische West Cliff Collier Power Plant een energiecentrale van 1,2 megawatt, en twee jaar later nog een grotere 12,5-megawattcentrale om zo het methaangas uit de ventilatieschachten als brandstof te kunnen benutten. De kern van deze technologie is een systeem dat in staat is het uiterst lage methaangehalte efficiënt te oxideren, terwijl het met enorme volumes lucht werkt – een combinatie die kenmerkend is voor mijn-schachtventilatie. Het is belangrijk hierbij rekening te houden met het feit dat de methaanconcentratie minder dan 1 procent bedraagt en dat het project slechts een vijfde van het luchtvolume uit de schacht benut. Met een productie van slechts 6 megawatt aan elektriciteit vermindert de centrale de methaanemissies al met het equivalent van 200.000 ton CO₂ per jaar.

Dit model laat exact zien hoe de natuur aan de slag gaat met wat er lokaal voorhanden is, bij elkaar sprokkelt wat van pas komt. Zelfs zeer kleine hoeveelheden methaan kunnen voordelig worden aangewend. Als de grote mijnen buiten Johannesburg van MEGTEC- of soortgelijke technologie gebruik zouden maken om zo het vrijkomende methaan te kunnen afvangen, zouden ze daarmee in potentie een energiecentrale van 90 tot 180 megawatt kunnen voeden. Dat komt neer op maar liefst 50 procent van hun huidige energiebehoefte. Ook al zijn dit slechts schattingen, de basiscijfers zijn aantrekkelijk genoeg om dit verder uit te bouwen. Veel mijnen zouden op deze strategie kunnen inhaken, alleen gebeurt dat niet omdat directies gewoonweg niet in staat zijn om door hun corebusinessmuur heen te breken. Toch zal iemand uiteindelijk inzien dat het afvangen van methaan in ruil voor emissierechten, rendabiliteit en klimaatbehoud wel degelijk zin heeft. Ook dit is weer zo'n buitenkans.

Water: van kostenpost tot bron van inkomsten

Puur, helder water wordt uit onderaardse spleten opgezogen om het zeer vervuilde verwerkingswater aan te lengen tot afvalwater dat aan de huidige milieustandaard voldoet. Erger kunnen we puur, zuiver water bijna niet verspillen: vermengen met giftig water zodat het 'door de bank genomen' aan minimale milieueisen voldoet. Naast energietekorten kampt Zuid-Afrika ook nog eens met een nijpend watertekort. De voorziene discrepantie tussen vraag en aanbod is dramatisch. Terwijl leidingwater voor Johannesburg vanuit Lesotho via pe-

perdure pijpleidingen wordt aangevoerd, tappen mijnen als de Driefontein en de Kloof dagelijks 100.000 kubieke meter water af voor eigen gebruik.

In plaats van zuiver water aan te lengen en te vervuilen kunnen chelatiebacteriën of vortextechnieken goedkoop en eenvoudig het verwerkingswater zuiveren van toxines en andere verontreinigingen om zo aan de lozingsvoorwaarden te voldoen. Om 23 miljoen rand (2,8 miljoen dollar) per dag uit te geven aan het oppompen van water uit de mijnen rondom Johannesburg en het vervolgens ondrinkbaar te maken strookt niet met de behoeften van een samenleving die lijdt onder een dramatisch watertekort. Wat wél hout snijdt is de kostenbesparingsdoctrine te verruilen voor een opbrengstgericht inspringen op de marktvraag en maatschappelijke behoeften. Dit staat gelijk aan het opbouwen van sociaal kapitaal, precies wat de bevolking, na jarenlange onderdrukking door het apartheidsregime, toekomt, zowel van de kant van het bedrijfsleven als de beleidsmakers. Niet alleen zou hiermee in de waterbehoefte van lokale gemeenschappen kunnen worden voorzien, maar mijnbouwmaatschappijen zouden bovendien dochterondernemingen kunnen opzetten die gebotteld drinkwater leveren.

Omdat de aanwezigheid van uranium een gevaar vormt zou men chelatietechnologie moeten toepassen om dit element op een veilige manier uit het gebottelde product te verwijderen. Daarnaast kunnen de mijnbeheerders eenvoudigweg de kloven die niet met uranium besmet zijn reserveren voor het oppompen van drinkwater om daarmee een maximale opbrengst te behalen. Het opzetten van een bronwaterindustrie die al meteen 100.000 flessen per dag omzet, is financieel aantrekkelijk. Met slechts een beetje fantasie kunnen we dit verder uitbouwen naar meerdere opbrengstniveaus, waarbij één bedrijf zowel natuurlijk zuiver drinkwater levert voor de lokale bevolking, als gebotteld water uit de diepgelegen bronnen voor een hoger marktsegment. Voor dergelijk 'goudgerand' water is ongetwijfeld een markt te vinden.

Het implementatieplan gebaseerd op vergelijkbare ervaringen wereldwijd zou welhaast geen haalbaarheidsonderzoeken nodig hebben. In minder dan tien jaar tijd wist de Fiji Water Company in Amerika een marktaandeel van 200 miljoen dollar te veroveren. Japanse investeerders pompen op Hawaï van 600 meter diepte water op dat vervolgens wordt gebotteld en met 200.000 flessen per dag wordt verscheept en voor het yen-equivalent van 10 dollar per fles in het Land van de Rijzende Zon aan de man wordt gebracht. Het Colombiaanse Las Gaviotas zorgt via selecte distributiekkanalen voor gratis drinkwater aan de lokale bevolking terwijl in de hoofdstad Bogotá winst wordt gemaakt met de verkoop van gebotteld water.

Met slim mijnwatermanagement kunnen kosten inkomsten worden. Om als afzonderlijk bedrijf diep in de aardkorst naar kloofwater te boren zou onoverkomelijke investeringen met zich meebrengen. Maar een mijn moet dergelijke

kosten toch al maken om de corebusiness, de gouddelving, te kunnen uitvoeren. Door de lokale gemeenschap van goedkoop, veilig drinkwater te voorzien, worden kosten niet alleen inkomsten maar maakt het stigma van vervuiling en grondverzakkingen tevens plaats voor een proeve van sociale verantwoordelijkheid waarmee de internationale reputatie alleen maar gediend is. Zelfs een spreekwoordelijke 'goudmijn' gedijt beter bij een goede merkwaarde.

Energiek besparen op stroom

Een mijn heeft grote hoeveelheden elektriciteit nodig voor het transport van water, lucht en erts, en de koeling van de mijngangen. Bij elke mijn staan gigantische stroomopwekkingsstations. Het is dus logisch om naar manieren te zoeken waarmee de stroomkosten omlaag kunnen worden gebracht. Misschien vormt de mijn wel de ideale plek voor de implementatie van Jay Harmans wiskundige model, geïnspireerd op de nautilusschelp, om het energieverbruik van ventilatoren en mixers, of andere applicaties wat betreft water- of luchtverplaatsing met 20 tot 30 procent te verminderen. Wellicht biedt het ook een kans voor Curt Hallbergs vortextechnologie. De ijsmachines die nodig zijn om de hoge temperaturen te matigen, bevinden zich in de diepe schachten en moeten bestand zijn tegen water dat verzadigd is met luchtdeeltjes. Met Hallbergs vortextechnologie, waarmee deze luchtdeeltjes uit het water worden geëxtraheerd, zou het energieverbruik met 10 tot 15 procent kunnen worden teruggebracht. Recente onderzoeken wijzen echter op een reductie tot maar liefst 41 procent. En wanneer water en lucht 4000 meter omhoog en omlaag moeten is er ruimte om de zwaartekracht te benutten.

De mijn moet stroom genereren uit het vallende water. Vliegwielen, al uitgevonden in de tijd van Leonardo da Vinci, kunnen ten minste 70 procent terugwinnen van alle energie die het kost om de liften te laten werken. Als we daarbij andere innovaties betrekken die zijn gebaseerd op de wijze waarop de natuur zich aanpast, zouden we zelfs nog meer energie kunnen besparen en het risico van explosiegevaar kunnen reduceren door gebruik te maken van koud licht in plaats van gewone gloeilampen. Dit bespaart energie en vermindert explosiegevaar. In de donkerste mijngangen zou verlichting niet mogen draaien op kolen-gestookte stroom via een lichtnet, of op dieselbrandstof voor de noodaggregaten, als het ook met eenvoudige scheikunde kan.

Energie uit luchtstromen

Net als water is ook de luchtstroming een bijproduct van het eigenlijke delven, waarmee extra inkomsten kunnen worden gegenereerd. Luchtstromingen, veroorzaakt door luchtpompen, creëren een onderdruk zodat verse lucht via ventilatiekokers naar binnen wordt gezogen. Ervan uitgaande dat er per seconde maar liefst 2800 kubieke meter lucht vrijkomt, zal het snel duidelijk zijn

dat een paar hoogefficiënte turbines, voorzien van antiweerstandstechnologie, zoals ook bestudeerd bij walvissen, een deel van deze windkracht in stroom zouden kunnen omzetten. Het pompen van verse lucht naar deze diepgelegen mijngangen genereert een uitgaande luchtstroom, en de onderdruk die hiermee wordt gecreëerd zou heel gemakkelijk een stuk of tien turbines draaiende kunnen houden. Vergeleken met de tarieven die Eskom, Zuid-Afrika's nationale energieleverancier, hanteert, zal winst gemaakt worden op de investering in windturbines bij de schachtingangen. Met deze oplossing laten de kosten voor noodaggregaten zich maar moeilijk rechtvaardigen.

Energieopwekking door middel van temperatuur en druk

Ook de temperatuurverschillen die door delving worden veroorzaakt, vormen een potentiële bron voor energieopwekking. Deze grote verschillen worden veroorzaakt door de ijsmachines die de schachten koelen, de uitstoot van hete lucht, en door het ertstransport naar boven. Door een uitgekiende plaatsing van warmtewisselaars kan een temperatuurverschil eenvoudig in een energiebron worden veranderd. Warmtewisselaars zijn niets nieuws, maar in de mijnbouw wordt deze technologie nog maar mondjesmaat toegepast, met uitzondering van het mijnwaterinitiatief voor oude mijnen in Nederland en Duitsland, waarbij een waterhoudende, oude mijngang is aangeboord die nu als aardwarmte-centrale fungeert. Voorbij is de tijd dat Zuid-Afrikaanse stroom goedkoop was of zelfs werd gesubsidieerd. De urgentie om naar besparingstechnieken te zoeken is groot. Wat kan er bijvoorbeeld wel niet worden bereikt met de 2,2 graden verschil zoals gemeten in de mijngangen? In Europa werkt men aan een commercieel systeem dat al draait op een temperatuurverschil van slechts 3 tot 5 graden. En nog iets om over na te denken: welke methode kan worden gevonden om op een diepte van 4000 meter het piezo-elektrisch potentieel tot een energiebron om te vormen?

Herstel van het milieu

De verleidelijke logica van emissierechten, winstgevendheid en milieuherstel is toepasbaar op alle energiebronnen: windturbines, warmtewisselaars en door methaan gevoede aggregaten. Het valt moeilijk te verdedigen om niet alles uit de kast te halen op zoek naar een manier waarop door middel van kostenbesparingen nieuwe inkomsten kunnen worden gegenereerd. Er zijn zelfs meerdere mogelijkheden.

Gold Fields, de exploitant van een van de grootste goudmijnen bij Johannesburg, bezit maar liefst 58.000 hectare omringend land, door de jaren heen aangekocht van boeren die door de teruglopende beschikbaarheid van water niet langer een redelijke oogst konden binnenhalen. (We hebben inmiddels gelezen dat mijnexploitaties enorme hoeveelheden water vereisen, waardoor het

grondwaterpeil daalt.) Hoewel Gold Fields een deel van deze grond gebruikt voor de rozenteelt, zou een groot deel hiervan snel kunnen worden gereedgemaakt voor de productie van biodiesel.

Zuid-Afrika voert een stimuleringsbeleid ten aanzien van biodiesel waarbij producenten belastingvrijstelling genieten. Hoewel prijzenswaardig roept dit beleid tevens vragen op, aangezien het moeilijk te rechtvaardigen valt ook het planten van gewassen voor de productie van ethanol de plaats inneemt van voedselgewassen voor mens en dier. Een land dat moeite heeft haar kinderen te voeden dient de juiste prioriteiten te stellen. Als land dat voedsel zou moeten opbrengen, gebruikt wordt voor biodiesel, zullen de voedselprijzen stijgen, wat met name degenen zal treffen die aan de rand van de maatschappij leven. Aangezien het risico van uraniumvervuiling vaststaat, kan niet alle grond rondom de mijnen voor het telen van voedselgewassen worden gebruikt, maar het is uitstekend geschikt voor de rozenteelt en mogelijk ook voor gewassen voor biodiesel.

Als er 20.000 hectare land in gebruik zou worden genomen, zou dit binnen twee tot vier jaar tijd 100.000 tot 120.000 ton biobrandstof opleveren, afhankelijk van welke gewassen voor dit doel worden gekozen. Evenzo zouden water-slurpende invasieve boomsoorten als eucalyptus en een (oorspronkelijk Australische) acacia die plaatselijk bekendstaat als Swartwattel, kunnen worden gerooid om plaats te maken voor minder dorstige planten en bomen waaruit via persing olie kan worden verkregen, en die langzaamaan het grondwaterpeil kunnen laten herstellen. Om de kringloop van voedingsstoffen te bevorderen zouden bovendien op de rijke biomassa die overblijft na extractie van de oliën, eetbare paddenstoelen kunnen worden gekweekt – op voorwaarde dat er geen sprake is van meetbare radioactiviteit of andere vervuiling. Als alternatief, of zelfs ter aanvulling, zou het vrijkomende methaan uit de oogstresten kunnen worden opgevangen en benut. Het werkloosheidscijfer van meer dan 50 procent onder de volwassen bevolking rondom de mijnen kan ingrijpend worden teruggedrongen. Een dergelijke operatie kan op zich al met louter emissierechten worden gefinancierd. Tot voor kort had niemand het voor mogelijk gehouden dat Afrika emissierechten kon opbouwen. Als de mijnen dit biodieselpotentieel zouden benutten zouden ze een belangrijke bijdrage leveren aan de reductie van broeikasgassen.

Een mijn omtoveren tot een concurrerend bedrijf dat landbouwgronden weer tot bloei brengt, biobrandstoffen produceert, werk biedt aan lokale gemeenschappen, brandstofbesparingen realiseert met behulp van lokaal beschikbare middelen en innovatieve technieken, en bovendien de lokale bevolking van water voorziet en gebotteld water op de markt brengt, is een operatie met grote merkwaarde. Het gaat hier niet om een kostbaar pr-initiatief voor het kweken van goodwill en vertrouwen bij de lokale bevolking. Eerder is deze bena-

dering een essentieel onderdeel van de dagelijkse taak van de bedrijfsleiding: inkomsten genereren door middel van kostenverlaging en het verhogen van de winst. Vanuit de manager gezien zou het maatschappelijk kapitaal dat hieruit voortvloeit de kers op de taart moeten zijn. En waarom ook niet? Als een dergelijke systeembenadering ingebed zou raken in de managementcultuur, dan zouden zaken die voorheen als tijdverspilling werden ervaren, niet langer als belastend gelden maar als onderdeel van het streven naar efficiënt gebruik van grondstoffen en het genereren van inkomsten.

Chelatatie bij complexe erts

Tijd om het gevoelige onderwerp uranium eens te belichten. Of we het leuk vinden of niet, uranium wordt vaak aangetroffen in combinatie met goud. Ook thallium en koper zijn bijproducten van de ertswinning. Ze worden complexe erts genoemd. Toen de uraniumprijzen een dieptepunt bereikten en extractie ervan niet langer rendabel was, stopten de goudmijnen met de productie van uranium. Opbrengst verwerd tot afval en doordat het decennialang werd geloosd in rivierwater hoopte uranium zich op in de wetlands en rivierbeddingen. Volgens sommige activisten is de omvang van deze vervuilingscrisis inmiddels enorm en zouden de saneringskosten al snel in de honderden miljoenen lopen. Hoewel de wetenschap hierover niet eenduidig is en saneringskosten niet in de boekhouding hoeven te worden opgenomen, kan de industrie niet voorbijgaan aan de groeiende twijfel, noch aan de verantwoordelijkheid voor toekomstige en mogelijk substantiële uitgaven. Een beursbedrijf zal gedwongen zijn om verliesmakende maatregelen te nemen zodra de directie van de risico's op de hoogte is gesteld. Risico's die vervolgens aan de beursautoriteiten dienen te worden doorgegeven, hetgeen de aandelenkoers direct onder druk zal zetten. We herinneren ons nog dat pcb's en asbestverontreiniging in de jaren zestig geenszins als problematisch werden gezien toen het gebruik hiervan nog wijdverspreid was. Bedrijven als GE (vs) en ABB (Zwitserland) hebben onlangs voor respectievelijk 500 miljoen en 1 miljard dollar aan verontreinigingsgerelateerde schadeclaims uitgekeerd.

De mogelijkheden met betrekking tot energie en water zoals hier beschreven zijn realistisch. Als managers de negatieve invloed op hun bedrijfskapitaal als gevolg van dalende aandelenkoersen willen vermijden, zullen zij proactief moeten reageren op een potentiële crisis door uraniumbesmetting van lokale water- en grondgebieden. Op een dergelijk gevoelig scenario, het risico van bodemsaneringen en de daarmee gepaard gaande mediahysterie, reageren beursanalisten doorgaans met een afwaardering van de aandelen, waarna de koers nog verder zal dalen. Voordat een winstwaarschuwing onvermijdelijk is, is er echter nog ruimschoots tijd om te investeren in innovaties waarmee problemen in kansen kunnen worden omgezet.

Chelatietechnologie bestaat al een paar decennia. Deze methode om edel-

metalen en toxische verbindingen, zoals uranium, thallium en lood, in organische moleculen te vangen heeft zijn waarde al bewezen. Chelaten kunnen metaalionen binden aan een substraat en ze zo van water scheiden. Het pionierende bedrijf Prime Separations is de belangrijkste leverancier van dit proces. Een vakkundig team van ingenieurs boog zich over de vraag hoe chelatatieprocessen die ze bij bacteriën waarnamen elders kunnen worden toegepast. De techniek ontwikkelde zich gelijktijdig met andere innovatieve methoden om metalen te herwinnen, zelfs als ze in heel geringe concentraties aanwezig zijn, zoals bij de *Auricularia polytricha*, een boom paddenstoel die koper in zich kan opnemen, of de geranium (*Geranium spP.*), die lood kan opslaan: miljoenen malen efficiënter dan de complexe smeltovens waarin tot op heden deze mengertsen worden bewerkt.

Managers zouden er goed aan doen om voor ogen te houden dat mijnbouw de beschikbare grondstoffen uitput en dus niet het eeuwige leven heeft. Goudaders zijn eindig; men voorspelt dat ze in de Johannesburg-regio binnen een halve eeuw zijn uitgeput. De door Prime Separations ontwikkelde scheidingstechnieken leveren een goede bijdrage aan de mijnbouw door middel van een continu extraheren van goud, uranium, thallium en al die andere elementen uit het periodiek systeem die in zuivere vorm kunnen worden verhandeld. Met name de uraniumwinning uit zowel mijnafval als de omliggende wetlands zou de komende tien, twintig jaar uit cashreserves kunnen worden bekostigd. Het zou het land en de regio kunnen herstellen en daarmee een nieuwe economische impuls voor de komende generaties kunnen bieden. En het zou mijnbouwcorporaties het lot kunnen besparen van bedrijven als GE en ABB, die veertig jaar na dato alsnog de saneringskosten gepresenteerd kregen.

Het chelatatieproces, zoals afgekeken van bacteriën, beperkt zich niet tot het herwinnen van zware metalen en chroom-iv. Op droge plekken, zoals in de goudmijnen van Venezuela en Burkina Faso, zou de Prime Separations-technologie weleens een sleutelfactor kunnen worden bij de ertsverwerking in een gesloten watersysteem. Daarbij wordt het overbodig om pijpleidingen aan te leggen of water met tankwagens vanuit nabijgelegen rivieren aan te voeren, of grote bedragen te spenderen aan osmoseapparatuur en de elektriciteit om deze te voeden. Bij nieuwe mijnen waar winbaar thallium is aangetroffen, kan dezelfde technologie worden aangewend om het gewonnen metaal te zuiveren. Gezuiverd thallium-203 wordt door het Amerikaanse Los Alamos National Laboratory voor 1800 dollar per kilo verkocht. Dit zijn rendabele opbrengsten, verkregen door het voortdurend filteren van mijnafval en sediment. Dit is kostenbesparing. Over veertig jaar zal er niet langer sprake zijn van saneringskosten, maar wel van biologisch geregenereerde grond van aanzienlijke waarde en gelegen in de nabijheid van een grootstedelijk afzetgebied. Voor het Las Gaviotas-project vormde de grondwaarde de echte pay-off. Wat de Zuid-Afrikaanse goud-

mijnen betreft zien we dat het toenemen van de grondwaarde een goede wijze is om aandeelhouderswaarde te behouden en maatschappelijk kapitaal te kweken.

De chelatietechnologie heeft nog een ander potentieel voordeel, namelijk het samengaan van ambachtelijke en grootschalige mijnbouw. Terwijl grote bedrijven strengere milieuregels naleven, kunnen kleinschalige activiteiten strafeloos onbeperkt kwik en cyanide gebruiken. Als gevestigde mijnbouwconglomeraten de chelatietechnologie beschikbaar maakten, zullen de ambachtelijke bedrijven de inzet van giftige stoffen graag uitbannen. De marktmakers op het gebied van goud kunnen instaan voor de kwaliteit, hebben de mogelijkheid om te zuiveren tegen wereldmarktnormen en, het allerbelangrijkste, ze zijn in staat de tussenpersonen en apparatuurhandelaren uit te schakelen die meestal de meeste winst van de ambachtelijke mijnbouwers mee naar huis nemen. Terwijl kleinschalige operaties goudafzettingen kunnen afzoeken die voor grote partijen niet lonend zijn, kan het combineren van innovaties beide activiteiten uitvoerbaar maken. De meerwaarde voor de beursgenoteerde mijnbouwgroep zou weleens de kans op een omzetvermeerdering van 30 procent kunnen zijn, zonder dat de kapitaaluitgaven in dezelfde mate groeien, terwijl de ambachtelijke mijnbouwers door een betere beheersing van dodelijke stoffen betere inkomsten en milieuvoordelen genereren. De blauwe economie is een voorstel voor inclusieve groei.

De mijn als biozuiveringsinstallatie

Dat de mijnbouw een langetermijnvisie vereist, is een voordeel. Met het exploiteren van een mijn valt hoegenaamd geen snel geld te verdienen. De periode tussen het verkrijgen van toestemming voor grondonderzoek, daarna een exploitatievergunning, en de uiteindelijke productie en verkoop van de delfstof, beslaat in de regel tien jaar of meer. De firma moet bereid zijn daadwerkelijk de trustfondsen te investeren die wettelijk vereist zijn om de grond te saneren, dan wel gelden beschikbaar te stellen voor een toekomst na de mijnexploitatie. In dit opzicht is het mijnbouwmanagement zich er terdege van bewust dat vandaag de dag alle ogen op de toekomst gericht moeten zijn. Toch heeft de beschikbaarheid van ruim 160.000 hectare land, inclusief de mijnafvalbergen, op nog geen drie kwartier van het centrum van Johannesburg, aandeelhouders zelfs meer te bieden dan zij zich tot nu toe hebben gerealiseerd.

De landbouw is niet de enige sector waar met het concept van bioraffinage meervoudige cashflows voorstelbaar zijn. De mijnbouw kan dezelfde voordelen opleveren door gewoon te gebruiken wat er lokaal voorhanden is. Als met een creatieve financiële aanpak een duurzaam hergebruik van mijnafval en daarmee het herstel van het omringende landschap in zijn oude glorie mogelijk worden, terwijl het gewonnen uranium ondertussen zijn weg naar de markt vindt, in plaats van zich op te hopen in de bovengrond en het water, dan wordt de histori-

sche en culturele rijkdom van de regio een waardevol bezit. Een bezit dat deel kan uitmaken van de door investeerders geschatte uiteindelijke waarde van een goudmijn. Niemand heeft zich de tijd gegund om deze omringende percelen te taxeren. Hun waarde staat niet eens vermeld in de boeken. Grond in eigendom wordt beschouwd als een kostenpost, tegen elk aannemelijk bod van de hand te doen. Wat zouden wij betalen voor een perceel dat mogelijk met uranium is vervuild? En wat is daarentegen de waarde van een prachtig, ongerept stuk land?

Soms is er een buitenstaander nodig om mensen de ogen te openen voor hun eigen omgeving. Als een goud- en uraniummijn binnen een aantal jaren wordt omgebouwd tot een geavanceerd waterextractiesysteem en energieopwekker, gecombineerd met een openbare tentoonstelling van de wonderen der techniek die mijnbouw op 4200 meter diep mogelijk maakten, wordt zo'n mijn in potentie een publieke trekpleister die zichzelf kan bedruipen. Johannesburg is een van de meest dynamische steden van Afrika. Gezien alle natuurgebieden en culturele en industriële bezienswaardigheden die door de UNESCO op de Werelderfgoedlijst zijn geplaatst, komen ook de goudmijnen, de natuurlijke omgeving en de historische context zeker in aanmerking voor deze internationale erkenning.

De noodzaak voor deze mijnen om tot een economisch duurzame basis te komen, gecombineerd met de nationale behoefte aan een gezond sociaal en economisch beleid en het behoud van een goede internationale handelskoers, zijn bijna nergens zo potentieel met elkaar verweven als de mogelijkheden die de mijnomgeving rond Johannesburg te bieden heeft. Een onmiddellijk en langdurig rendement is realistisch te noemen. Een aantal van de hier gepresenteerde concepten is gebaseerd op bestaande technologieën, andere zijn nog slechts conceptueel van aard en dienen verder te worden onderzocht. Wat vaststaat, is dat de mijnen die voorheen nog werden bekritiseerd, en nog altijd, terecht, kritisch gevolgd worden door gouvernementele en niet-gouvernementele organisaties, slechts zelden in zo'n positief en proactief licht zijn gezien als in dit hoofdstuk. Ze vormen onderling gekoppelde systemen, in staat om een bijdrage te leveren aan de samenleving.

Een mijn die tevens een werelderfgoed is, die de armen van drinkwater voorziet en een nichemarkt is van natuurzuiver, gebotteld 'goudgerand' bronwater, die extra inkomsten genereert uit emissierechten, kosten reduceert door een groot deel van de eigen energiebehoefte zelf op te wekken uit aanwezige middelen, zich diversifieert in energie- en voedselvoorziening, banen schept, uitzichtloze leefgemeenschappen van mensen die het dromen verlerd zijn weer een toekomst biedt, is een bedrijf dat vanaf het moment dat het besluit de vervuiling uit het verleden te gaan aanpakken respect, bewondering, waardering, beurswaarde en maatschappelijke loftuitingen zal oogsten.

Het financiële beleid

Er is geen financieel strategie voor nodig om deze kansen om te zetten in cashflow, en ook geen bedrijfsanalist om de waarde van een lager bedrijfsrisico gecombineerd met een verbeterd sociaal kapitaal in te zien. De aanpak van de blauwe economie gaat uit van verbetering van de winst- en verliesrekening, versterking van de cashflow, verlaging van de kapitaal- en operationele kosten, verbetering van de activawaarden, omzetting van voorzieningen in investeringen en verandering van een cultuur van kostenbesparing in een cultuur van het genereren van extra inkomsten en waarde.

De reeks van mogelijkheden kunnen voorzien is niet essentieel. Wat nodig is, is een verandering binnen de bedrijfscultuur. De aandacht die zich nu op slechts één speerpunt richt, moet zich gaan richten op de wisselwerkingen die zich tot buiten de corebusiness uitstrekken. Juist deze koersverandering zal waarschijnlijk de grootste uitdaging vormen. De goudmijn blijft een goudmijn, maar de vele inputs en outputs die zo gemakkelijk worden uitbesteed en weggezet worden als productieketenbeheer, dienen nu te worden gezien in termen van bijkomende kostenbesparingen, substantiële rendementsverbeteringen, kapitaalgroei op de lange termijn, verbeterde marktposities, verminderde bedrijfsrisico's dankzij een sterke cashflow en een flexibel beleid dat risico's durft te nemen om te kunnen innoveren. Kortom, kwaliteiten waaraan we marktleiders herkennen die zich in de regel beloond zien voor hun vooruitziende blik en visie.

De weg vooruit is derhalve afhankelijk van technologieën die zich elders al hebben bewezen, plus een vooruitstrevend financieel beleid ten aanzien van de huidige en toekomstige waarde van alle bezittingen. Een overtuigende grondgedachte geworteld in solide onderzoek en economische haalbaarheid wacht nu alleen nog op de beslissing van de directie en goedkeuring door de aandeelhouders. Mijnexploitanten in Rusland, China, Afrika, de VS en Latijns-Amerika kunnen vervolgens aantonen dat een betreurenswaardig verleden plaats kan maken voor een proactieve, hoopvolle toekomst met goede intenties.

UIT DA VINCI'S AANTEKENINGEN BLIJKT
DUIDELIJK DAT HIJ DE STAD ZAG ALS EEN SOORT
LEVEND ORGANISME WAARIN MENSEN,
GOEDEREN, ETENSWAREN, WATER EN AFVAL
MOEITeloos MOETEN KUNNEN BEWEGEN EN
STROMEN. ZO BLIJFT DE STAD GEZOND.

Fritjof Capra, *De wetenschap van Leonardo da Vinci*

14

GEBOUWEN ONTWERPEN OP BASIS VAN STROMEN

Van de woning een ecosysteem maken

Elk levend systeem zoekt beschutting, van het eierenest tot de notendop tot het algenmembraan. Alles wat leeft creëert subtiele grenzen tussen buiten- en binnenwereld. Elk wezen vindt zijn unieke manier om inwendig stabiliteit te bereiken, om temperatuur en vochtigheid te controleren, om reserves op te slaan en om gezondheid en overleving zeker te stellen.

In recente tijden heeft het ontwerp van onderkomens voor mensen veel veranderingen ondergaan, al waren dat misschien niet altijd verbeteringen. De constructies waarin we nu wonen gaan het begrip van louter beschutting ver te boven. Ze voorzien in de gemakken die passen bij onze ideeën van comfort en genoeg. We leven in een moderne tijd en menen voor vooruitgang en comfort steeds meer elektronica en robotica nodig te hebben. De meesten van ons brengen hun tijd grotendeels binnen door – thuis, op het werk, op school. Ongeveer acht uur per etmaal slapen we. Misschien nog eens acht uur worden doorgebracht op het werk of op school, en de rest aan op en neer reizen of aan huiselijk werk en activiteiten. Het ontwerp van de gebouwen waarin we twee derde van ons leven doorbrengen zou redelijkerwijs gezondheid en veiligheid moeten bieden. Verrassend genoeg vormt de zuurgraad, pH dus, de sleutel tot een gezonde omgeving.

Met een pH van 8,2 is de oceaan de bakermat van alle leven op aarde. Ecosystemen en hun levensscheppende krachten gedijen in zo'n alkalische (basische) omgeving. Veel van onze omgeving – zowel binnen als buiten – heeft echter een hoge zuurheidsgraad bereikt. Ons onmatige gebruik van fossiele brandstoffen en de gigantische hoeveelheden zwaveldioxide en stikstofoxiden die dagelijks

de atmosfeer in worden gepompt, maken de lucht zeer zuurrijk. In de geïndustrialiseerde wereld of in om het even welke stad ter wereld is er geen ontkomen aan. Mensen die op het platteland of aan de kust wonen, hebben er misschien minder onder te lijden. Als u in een metropool als New York, Los Angeles, Londen, Parijs, Sao Paulo, New Delhi of Johannesburg woont, ligt de atmosferische pH net boven de 4. Vergeet niet, pH wordt gemeten op een logaritmische schaal; dat betekent dat pH_4 tien keer zo zuur is als pH_5 en honderd keer zo zuur als pH_6 .

Kijk eens naar de opmerkelijke werking van ons spijsverteringskanaal. Het voedsel dat we tot ons nemen gaat eerst naar de maag, waar de zeer zure omgeving de granen, groenten, het vlees en andere eetwaren reduceert tot bestanddelen die makkelijker worden opgenomen. De dunne darm, waar de voedingsstoffen verder worden verwerkt en beschikbaar komen voor transport via het bloed naar de organen en weefsels, is tevens een belangrijk deel van ons immuunsysteem. Dit orgaan heeft een alkalische pH-factor nodig om optimaal te kunnen werken. Omdat een slaapkamer de plek is waar slaap het lichaam in staat stelt te herstellen dient de lucht daar ook een alkalische pH te hebben. Beginnend bij onze thuisomgeving dienen we ons begrip van hoe lucht en materie respectievelijk stroomt en zich verplaatst, te gebruiken om een omgeving te scheppen die leven en gezondheid ondersteunt.

Als u de tijd neemt om de pH van de lucht in huis te controleren, zult u snel zien dat de lucht in stedelijke gebieden zuur is en dat het binnenshuis vaak niet beter is dan buiten. Helaas is het meestal zelfs slechter. De luchtkwaliteit binnen gaat achteruit door gassen die vrijkomen uit bijna alles in uw huis of op kantoor, zelfs als u zo bevoorrecht bent dat u aan het strand woont of boven op een adembenemende bergkam. Het algemene gevolg is gewoon niet goed. Wat heeft het voor zin ervoor te zorgen dat wat u drinkt en eet een gezonde balans van zuur en alkaline biedt terwijl u de hele dag zuren inademt? Erger is dat u de hele nacht in uw slaap zuren inademt. Terwijl we onze blauwe economie opstarten, zal de lucht die we inademen minder vervuild en minder zuur worden. In de tussentijd kunnen we het ontwerp en de constructie van onze gebouwen zo aanpassen dat de binnenruimtes zich op een natuurlijke manier ontwikkelen tot een meer alkalische omgeving.

De zeven stromen van bouwontwerp en leefruimte

Naast medici zijn architecten in potentie de meest 'verbonden' denkers. Toch zijn ook zij onderworpen aan een starre compartimentering van kennis, en concluderen ze dat aciditeit en alkaliteit onderwerpen zijn voor chemici. Zelfs de op milieugebied meest vooruitstrevende architect, die erin is geslaagd een LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Platinum Certified gebouw neer te zetten, is zich waarschijnlijk niet bewust van het belang van de pH-factor in gebouwen. Terwijl natuurkunde en wiskunde een prominente rol

spelen bij de opleiding van architecten is voor biowetenschappen slechts een bijrol weggelegd. Dat valt te betreuren, want constructies die op betrouwbare wiskunde en biologie gebaseerd zijn, vormen de basis van gezondheid en levensonderhoud op aarde.

Wanneer een architect de specificaties voor een nieuw gebouw ontvangt, bepalen het volume en de oppervlakte de omvang en functionaliteit van het gebouw; het aantal slaapkamers, bijvoorbeeld, de integratie van een keuken en eetkamer, de combinatie van een sportzaal en klaslokalen, een schoolsolarium of de koppeling van open kantoorruimte met een kitchenette. Sommige architecten zullen rekening houden met de stand van de zon en op het noordelijk halfrond een op het zuiden gerichte bouw voorstellen (en in de tropen een, gericht op het noorden). Dit is tamelijk rechtlijnig en ongecompliceerd en vereist niet veel creatief inzicht noch een gedetailleerde wetenschappelijke kennis, of zelfs al te veel inspiratie van ecosystemen.

Gebouwen kunnen niet slechts worden beschouwd als statische, esthetische constructies die voldoen aan functionele doelstellingen en plaatselijke voorschriften. Bovendien vormen gebouwen die met duurzame middelen en gerichte energiebesparingen zijn geconstrueerd slechts de eerste stap naar een herziening van het ontwerp. Er zijn zeven belangrijke stromen die in het concept voor bouwontwerpen meegewogen moeten worden: lucht, licht, water, energie, geluid, materie en bewoners. Elk van deze stromen oefent invloed uit op het dynamische evenwicht van levensbevorderende omstandigheden die ons in staat stellen te overleven en te gedijen. Overleving en gezondheid dienen altijd de prioriteit te krijgen, vooral omdat we zo veel van onze tijd binnen doorbrengen. De materiële samenstelling en functionaliteit van onze woningen bepalen onze gezondheid, ons comfort en onze rust.

In lucht zit materie zoals stof. Materie omvat het voedsel dat we eten en alles wat wordt weggegooid, terwijl water omvat wat we drinken en wat we gebruiken om afval mee weg te spoelen. Materialen vormen de stroom van goederen die bijdragen aan de functionaliteit en doelmatigheid van onze persoonlijke omgeving. Dit zijn stuk voor stuk belangrijke elementen van onze levensstijl die bijdragen tot ons welbevinden. Toch lijkt het erop dat we onze woningen ontwerpen zonder acht te slaan op dergelijke stromen. Opgehoopt stof kan ons ziek maken. Biomassa die ligt weg te rotten vormt een gezondheidsrisico en is echt verspilling. Het water in ons riool transporteert afvalwater naar opslagtanks waar het een chemische behandeling ondergaat om verzamelde bacteriën te lijf te gaan. Het afval van onze verpakkingenbezeten consumptiemaatschappij doet de talloze stortterreinen die zich buiten ons gezichtsveld of bewustzijn bevinden welhaast overlopen. Stuk voor stuk zijn dit letterlijk doodlopende wegen. Bedenkt u dat een stroom een ongehinderde, ononderbroken beweging impliceert. Als we onze huishoudelijke stromen zouden verbeteren in plaats

van blokkeren, zouden we profijt kunnen trekken van een breed scala van innovaties die zouden bijdragen tot comfortabele en gezonde levensomstandigheden, kostenvermindering en energiebesparing.

Natuurlijke systemen ontwerpen altijd voor en met stromen. Er is niets dat zich statisch ontwikkelt, maar eerder door wisselwerking met alles wat zich eromheen bevindt. Inzicht in dit fundamentele ontwerpprincipie zal verbanden onthullen tussen ongelijksoortige verschijnselen en doelen. Dit leidt op zijn beurt tot een pakket oplossingen die natuurlijke systemen in de loop van miljoenen jaren hebben vormgegeven en zich eigen gemaakt. Onze uitdaging wordt daarom hoe we een reeks parameters kunnen verweven zodat we met deze stromen kunnen ontwerpen. Kortom, onze uitdaging schuilt in het naar de kroon steken van ecosystemen die gebruikmaken van de natuurkunde en lokaal beschikbare materialen om in basisbehoeften te voorzien en om een grotere doelmatigheid en diversiteit te bevorderen. Naarmate we ons deze doelen stellen en naarmate architecten en interieurontwerpers gezondheid en welzijn vooropstellen, zal het mogelijk worden – vrij gemakkelijk zelfs – om tot een beter evenwicht en meer open stromen te komen.

Ten eerste moeten we weten hoe we esthetisch aangename ruimten kunnen ontwerpen waarin een goed pH-evenwicht behouden blijft en de zeven stromen met elkaar in wisselwerking kunnen zijn. Als we erin slagen een ontwerpmodel te creëren dat al deze stromen omvat, zullen we een geheel nieuw niveau van comfort ervaren. De constructie zou in harmonie zijn met haar omgeving en zou derhalve een ideale duurzaamheid hebben, zonder buitengewone inspanningen of hogere kosten. Dit soort gebouwen zou meer dan milieuvriendelijk, ‘groen’ zijn; ze zouden meer opleveren dan energiebesparingen uit een grasdak of uit gecertificeerd, duurzaam hout. Als eerste prioriteit zouden ze bijdragen tot gezondheid en onafhankelijkheid door gebruik te maken van plaatselijk beschikbare middelen en energiebronnen. Ze zouden zich conformeren aan een gezond en dynamisch evenwicht tussen de mens en de ecosystemen waarop we vertrouwen voor de vrije toevoer van gemeenschappelijke goederen als water en lucht. Dergelijke ruimten zouden het leven verrijken.

De eerste architect die het belang onderschreef van stroom als het bepalende principe bij het ontwerp van gebouwen en steden was Leonardo da Vinci. Zijn ontwerpen getuigen van een opvallend inzicht in meerdere stromen en de behoefte om met de omgeving in verbinding te staan. Bovendien stelde Da Vinci zich het ontwerp van steden voor op basis van de stromen van water, afval en mensen. In *De wetenschap van Leonardo da Vinci* schrijft Fritjof Capra:

Leonardo's bijzondere aandacht voor hoe bewegingen door zijn gebouwen zouden stromen, werd niet beperkt tot het interieur, maar omvatte ook het omliggende domein door middel van deuropenin-

gen, loggia's en balkons. In de meeste van zijn ontwerpen van villa's en paleizen beschouwde hij de tuin in feite als een integraal onderdeel van het huis. Deze ontwerpen tonen zijn aanhoudende pogingen om architectuur en natuur te integreren.

Een verdere uitwerking van Leonardo's organische visie op het ontwerp van gebouwen en zijn bijzondere aandacht voor hun functionele integriteit, is te zien in zijn innovatieve bijdragen aan stedelijke ontwerpen. Toen hij kort na zijn aankomst in Milaan in 1482 getuige was van de pest in deze stad realiseerde hij zich dat de verwoestende gevolgen grotendeels te wijten waren aan de abominabele sanitaire omstandigheden. In zijn karakteristieke stijl kwam hij met een voorstel om de stad te herbouwen op een manier die zou voorzien in een fatsoenlijke huisvesting voor de mens en onderdak voor dieren; en waarbij de straten geregeld zouden worden gereinigd door ze kletsnat te maken.

Het ultramoderne kinderdagverblijf

We beginnen onze observaties van stromen in en rond gebouwen door onze aandacht te richten op ruimten waar vooral peuters en jonge kinderen verblijven. De jeugd is het gevoeligst en kwetsbaarst, maar bovendien het potentieel van onze toekomst. Net als volwassenen met een verzwakt immuunsysteem worden kinderen subtieler en gemakkelijker getroffen door de dynamiek van meerdere stromen. Dit betekent dat waar stromen ontoereikend zijn of ontbreken, de gezondheid van kinderen meer gevaar loopt en ziekten gemakkelijker de kop opsteken.

Stelt u zich een jong kind voor dat het grootste deel van de dag ligt te slapen in een kamer die vergeven is van de formaldehyde uit de lijm in spaanplaat; met chemische bacterie- en schimmeldodende middelen in de vloer en de muurverf; met zware metalen in de felkleurige kleren en het speelgoed, met broom bevattende brandvertragers in het matras, het beddegoed, de gordijnen en de vloerkleden. De ramen zijn van driedubbel, uv-bestendig glas, er hangen dikke gordijnen voor om het daglicht buiten te houden en er ligt een dik tapijt om het geluid te dempen terwijl het kind slaapt. Dubbele isolatie en een energiezuinige recirculatie van verwarmde of gekoelde lucht zorgen voor een hermetisch afgesloten omgeving om geluid nog meer buiten te houden. De wegwerpluiers en andere babyverzorgingsproducten zitten vol met kunstmatige geurstoffen en parabenen, en zijn gekleurd met chemische verfstoffen en optische bleekmiddelen. In het water zit chloor, en het filter in de airconditioning bevat chemicaliën om bacteriën te doden. De elektrische bedrading die boven of om het bed heen loopt, geeft elektromagnetische straling af die stofdeeltjes in de lucht doet circuleren die vervolgens worden ingeademd. Piepjes uit plastic speelgoed en het gekraak van radiogolven uit de babyfoon zijn hoorbaar en een wifi-antenne

garandeert dat overal waar onze iPad ons volgt internet vierentwintig uur per dag werkt.

Let op, alles in deze kamer is afzonderlijk getest en goedgekeurd. Er is niets waarvan bewezen is dat het schade veroorzaakt, ook al zullen er een paar uitzonderingen zijn waarbij een stuk speelgoed giftige stoffen bevat die er niet in horen. De werkelijkheid is dat het kind in deze stressrijke omgeving wordt gedwongen te veel energie te verleggen naar zijn natuurlijke afweer. Deze verlegging van energie om de gecreëerde en opgestapelde stress te verwerken, of om de schade uit de giftige omgeving te beperken, gaat ten koste van de energie die beschikbaar is om het immuunsysteem sterk en het kind levenslustig en gezond te houden. De statistieken van ademhalingsaandoeningen en huiduitslag onder jonge kinderen zijn weinig bemoedigend. Integendeel, we koersen duidelijk af op een tijd waarin steeds meer problemen de kop opsteken. Hoewel niemand persoonlijke blaam treft, heeft het systeem zijn gebreken. Het National Center for Health Statistics komt met overweldigende cijfers die deze werkelijkheid onderstrepen.

Terwijl alle materiële gemakken in een ultramodern kinderdagverblijf zijn ontworpen met het oog op het comfort en de zorg voor het kind, zien we dus dat ze eigenlijk in strijd zijn met een omgeving die de gezondheid en het comfort zou moeten optimaliseren. Het hele concept moet worden heroverwogen, waarbij een keuze dient te worden gemaakt voor een woonomgeving die het immuunsysteem versterkt in plaats van het te belasten. Er zijn innovaties nodig zoals de lijmkracht van de gekko en de mossel, kleuring die wordt bereikt met de foto-optische middelen die vlinders en kevers gebruiken, pH-beheersing die verkrijgbaar is uit zeeschelpen en zeewier, chemische brandvertragers die ook goedgekeurd zijn voor gebruik in de voedingsmiddelenindustrie, brandsensoren gemaakt naar het voorbeeld van de prachtkever, uv-bescherming uit de edelweissbloem, geluidscontrole zoals mogelijk gemaakt door de ormiavlieg, en verzorgingsproducten gemaakt met natuurlijke zijden polymeren, algenpolyesters en lycopene uit tomatenafval. En er is nog meer: de bacteriënbeheersing in water door gebruik van vortextechnologie, het voorkomen van bacteriële biofilms door furanonen, stroom opgewekt uit lichaamswarmte of door geluidsdruk op kristallen – alles zonder bedrading of kabels. Johan Gielis, de slimme bamboeonderzoeker, ontwierp de antenne met behulp van zijn nieuwste superformule (ook wel de Gielisformule genoemd), waarmee voor gegevensoverdracht maar een fractie van de huidige energie vereist is.

Meer dan een kwart van de kinderen in stedelijke gebieden heeft tegenwoordig last van allergieën en ademhalingsaandoeningen. Een immuunsysteem dat zich normaal en natuurlijk ontwikkelt, zonder buitensporige omstandigheden van kunstmatig geluid, chemische overbelasting en stilstaande lucht vol stof, zal de gezondheid en groei van het kind beschermen en behouden. We moeten ons afvragen hoe we het leven het best kunnen bevorderen met de op-

lossingen die de natuur heeft bedacht. We mogen de gezondheid van onze kinderen niet op het spel zetten.

Lucht- en lichtstromen

In vroeger tijden werden onze woningen gebouwd met strodaken en kleine vensters zonder glas. Luchtstroom door deze woonruimtes was de norm. Met het doel om energie te besparen worden meer recentelijk veel gebouwen enorm goed geïsoleerd zodat er nauwelijks nog lucht in- of uitkomt. Energiebesparing is een te prijzen doel, maar het helemaal uitschakelen van luchtstroom is absoluut niet heilzaam. De muren ademen niet, de daken laten ook niets meer door. Het chemische isolatieschuim in muren en daken geeft, enkele uitzonderingen daargelaten, voortdurend zuurgassen af in de lucht die we inademen. Brandvertragers toegepast in gebouwen en hun bestanddelen vormen een ander bekend probleem. Het gevaar van brand wordt groot genoeg gevonden om het gebruik van chemische brandvertragers toe te staan, zelfs in matrassen en kussens. Uiteraard zijn al deze chemische stoffen, een voor een, goedgekeurd. Ze zijn getest, en hoewel een aantal kankerverwekkend geacht wordt, wordt het gezondheidsrisico aanvaard om het risico van dood door verbranding te verkleinen. De ongelukkige combinatie van al deze chemische stoffen creëert een overdosis die we zouden moeten vermijden. Elke nacht, en de hele nacht lang, ademen we een chemische cocktail in waar we sowieso al niet op zaten te wachten.

Wanneer we de natuurlijke luchtstroom blokkeren, leggen we geen verbanden tussen de feiten en zien we de werkelijkheid van een gebouw over het hoofd. Zouden we de ventilatie van een gebouw met dezelfde methodische aanpak oplossen als de termiet doet met zijn heuvel, dan zou zich een scala van verbanden ontvouwen. De luchtstroom, de samenstelling van bouw- en meubelmaterialen en de pH van de lucht en muren zouden allemaal kunnen bijdragen in plaats van te compliceren of te hinderen. Het benutten van inzichten in hoe het natuurlijke systemen lukt om deze uitdagingen op te lossen zou ons helpen om zonder groeiende investeringskosten echt vooruitgang te boeken met het bereiken van duurzaamheid.

Het is mogelijk om een continue luchtstroom te hebben en tegelijkertijd energie te besparen. Ecosystemen hebben zich miljoenen jaren lang volgens die lijnen ontwikkeld. De beste manier om de chemische belasting, veroorzaakt door gasuitwaseming, bacteriële verontreiniging en elektrisch geladen stofdeeltjes, te verminderen zou tegenwoordig zijn om meer luchtstroom door het gebouw te hebben. Als we het gebouw zo ontwerpen dat alle lucht minstens één keer per uur wordt ververst, zal blootstelling aan vermoede kankerverwekkende stoffen in minieme hoeveelheden voor de meeste mensen geen probleem vormen. Waar het openzetten van een modern gebouw om een voortdurende stroom van koude,

warme of vochtige lucht van buiten te krijgen tot een hoger energieverbruik zou leiden, hebben natuurlijke systemen beide doelen, luchtstroom én energiebesparing, gecombineerd. Wat wij hiervan kunnen leren zal ons meerdere voordelen opleveren.

Een van de nieuwere benaderingen om gebouwen te verwarmen is vloerverwarming. Warm water stroomt door leidingen die in de ondervloer gelegd zijn en verwarmt de ruimte zo efficiënter dan met luchtverwarming mogelijk is. Een nieuwe verbetering, die zowel minder omslachtig als minder kostbaar is, werd ontwikkeld door de Koreaanse geleerden Young-Suk Shu en Tae-Sung Oh, die geïnspireerd werden door hun observaties van rottende plantenmaterie in grond met wortelstelsels. Mieren en termieten transporteren een geschatte 15 procent van alle plantenmaterie naar de tweede laag van de bovengrond. Beluchting van de aarde door aardwormen alsmede het verzamelen van schimmels door mieren en termieten dragen bij aan de verdere ontbinding van plantenmaterie. De warmte die hierbij vrijkomt, verwarmt de aarde rond de wortels, wat zorgt voor een toename van de osmose tussen de wortels en de bladeren van planten, wat weer de groei bevordert en de smaak verbetert van het geoogste gewas.

De Koreaanse wetenschappers ontwikkelden een dunne film van koolstofvezels van nanogrootte, die onder een houten vloer of een tapijt kon worden geplaatst en met behulp van een zonneceltoepassing van 12 volt een omgevingstemperatuur tot wel 37 °C wist te produceren. Deze toepassing werd in eerste instantie getest in Japanse en Koreaanse kassen als een manier om plantenwortels warm te houden. Nadat dit een besparing van 70 procent op de verwarmingskosten voor glastuinbouw heeft opgeleverd, doet deze techniek nu zijn intrede in toepassingen voor woningverwarming.

Hoewel deze innovatie slechts één ontwikkeling is, zou hij kunnen worden gebruikt bij de verbetering van ecologische tapijten zoals Interface Global die fabriceert. Hun meest geavanceerde soorten bestaan uit koolstofvezels die in een basislaag van rubber of pvc verweven liggen. De tapijttegels staan via de microgrote koolstofvezels met elkaar in verbinding en zouden hun energie zelfs kunnen betrekken van, op organische kleurstoffen gebaseerde filmdunne zonnecellen die op de ruiten worden bevestigd, waarmee een ideale temperatuur wordt bereikt voor lekker warme voeten. Verwarming die wordt geleverd door gelijkstroom welke is opgewekt door zonnecellen die licht doorlaten zal het probleem van huisstofmijt van twee kanten tackelen. Eerst zal de uv-straling de mijten al direct doden. Ten tweede zal de temperatuur in het tapijt hoog genoeg zijn om alles wat op de vloer gevallen is, zoals eetkruiden of druppels, te verdrogen, zodat er onvoldoende voedingsstoffen zijn en de mijt zich niet kan vermenigvuldigen.

Insecten bieden inzichten met betrekking tot luchtvochtigheid

Sommige termieten (zoals het geslacht *Macrotermes*) zijn net landbouwers. Zelf kunnen ze geen cellulose verteren; daarom kweken ze schimmels in ondergrondse 'tuinen', die ze voeden met biomassa. Voor succes is een fijne afstelling van temperatuur en luchtvochtigheid noodzakelijk. In de loop van miljoenen jaren hebben termieten geleerd dat schimmels niet snel groeien, zelfs niet in een ideale omgeving, tenzij de temperatuur en de luchtvochtigheid precies goed zijn. In termietennesten is het altijd 35 °C en er is een constante luchtvochtigheid van 61 procent. Overal waar termieten leven, in elk klimaat, hebben ze geleerd door middel van een infrastructuur van tunnels en schoorstenen de luchtcirculatie te beheersen. Of het nu in Dallas is of Dacca, in Oslo of Osaka, en ongeacht wisselingen in de buitentemperatuur, ze slagen erin die infrastructuur te bouwen die de stroming en kwaliteit van de lucht regelt, louter door veranderingen in de kleur, breedte, lengte of hoogte van tunnels en schoorstenen.

Schoorstenen verwarmen de lucht, die als uitlaatgas uit het nest opstijgt en binnen een vacuüm creëert. De buitenlucht stroomt, of het nu warm of koud is, door tunneltjes in het ondergrondse nest naar binnen. Als de buitenlucht warm en vochtig is, koelt ze af en geeft vocht af. Is de lucht koud en droog, dan warmt ze op en neemt vocht op. Dat is eenvoudig gebaseerd op de grondwetten van de natuurkunde.

Termieten weten exact hoe lang het luchtkanaal moet zijn en hoe lang en hoe diep de ondergrondse gangen moeten zijn, om de nesttemperatuur en de luchtvochtigheid op peil te houden, bijna ongeacht de omstandigheden buiten. Dit vermogen hebben ze in de loop van miljoenen jaren opgedaan, zonder behoefte aan elektronische thermostaten, fossiele energie of elektrische pompen.

Wij mensen reguleren de binnentemperatuur van onze woningen nog maar sinds heel kort. Gezien onze veel geringere ervaring beginnen we net de rekenmodellen toe te passen die nodig zijn om gebouwen met een voorspelbare en comfortabele luchtstroom te construeren. Bij ontstentenis van de technieken van de termiet maakten wij de ongelukkige keuze voor elektriciteit en fossiele brandstoffen als de drijvende kracht. Onze toepassing van de natuurkundige wetten, met hun fantastische, faalvrije eigenschappen is nog heel primitief. Bijna al onze uitvindingen bevatten snel bewegende onderdelen die energie verspillen en niet lang meegaan. De termieten ontwierpen hun duurzame oplossing zonder één enkel bewegend onderdeel. Een oplossing die ook wij kunnen gebruiken.

Een levend filter

Lucht een gebouw in en uit laten stromen is al een geweldige eerste stap. Maar we kunnen ook in het gebouw luchtstromen op gang brengen om de lucht grondig te zuiveren en van zuurstof te voorzien. Bedenkt u wel, zuurstof brengt

alkaliteit. Hiertoe moeten we iets verder kijken dan de natuurkunde en een begrip krijgen van biologie in het algemeen en planten en microalgen in het bijzonder. Het is niet lastig om binnenshuis een omgeving te reproduceren die stof en geladen deeltjes in de bodem doet neerslaan. Meer dan twintig jaar geleden kwam een kleine Zweedse onderneming, Levande Filter AB ('Levende Filters'), met dit concept voor luchtfilters, dat was ingegeven door onderzoek, gefinancierd door NASA, naar luchtzuivering in ruimteschepen.

Professor Lars Thofeldt ontwikkelde het plantenstelsel en sinds 1998 worden zijn Levende Filter-systemen wereldwijd geïnstalleerd. In samenwerking met de architect worden deze systemen zo ontwikkeld dat de luchtturbulentie binnen het gebouw de lucht door een verzameling van 150 verschillende planten stuurt die strategisch vlak bij het plafond geplaatst zijn. De logica hiervan is afgekeken van de ecologie in het regenwoud, waar we zien dat regenwouden niet alleen een thuis zijn voor biodiversiteit en een bron van zuurstof, maar tegelijk ook reusachtige luchtfilters zijn. In het Amazonegebied kunnen zwevende stofdeeltjes uit Afrika door plantenmaterie in het regenwoud worden gevangen; met de regen slaan ze neer in de grond waar ze de bovenste laag aarde aanvullen. De planten in een Levende Filter worden permanent met hoogst efficiënte ledlampen verlicht. Elk kwartier wordt er een nevel van water op de bladeren gesproeid. Deze waterdruppeltjes binden stofdeeltjes, en zelfs giftige stoffen, uit de lucht. Water en stofdeeltjes slaan neer op de aarde en worden deels opgenomen door de planten. Het resultaat is merkbaar: lucht bevat meer zuurstof en is alkalisch.

Schimmels in de kelder

Wanneer een gebouw afgesloten en geïsoleerd is, wordt er binnen vocht vastgehouden. Lange, vochtige zomers doen het vocht condenseren op isolatiemateriaal in de fundering, waardoor de boel beschimmelt. Vochtigheid in afgesloten ruimten zonder luchtcirculatie biedt de ideale omstandigheid voor schimmels in huis, vooral in de kelder. Schimmels geven sporen af in de lucht die ademhalingsaandoeningen kunnen veroorzaken. Als een huis uit hout is opgetrokken, dan loopt zowel het huis als de bewoner gevaar. Heeft uw huis een stalen geraamte, dan loopt 'enkel' uw gezondheid gevaar. Een deskundig saneringsbedrijf zal de muren behandelen met metaaloxiden, waardoor het gebouw wordt verlost van schimmels. Helaas blijven nog enkele jaren gasdeeltjes vrijkomen, die u nooit zou moeten inademen. Dit is de oppervlakkigheid van onze manier van denken van 'één oorzaak, één gevolg'. Het herinnert aan de corebusinessstrategie, waarbij we alle onbedoelde gevolgen buiten beschouwing laten.

Als we het gebouw echter zo ontwerpen dat we lucht door de kelderverdieping laten stromen en we volspectrum licht (inclusief ultraviolette straling) in het interieur toelaten, elimineren we de omstandigheden voor schimmelgroei

en zuiveren we het gebouw. De Zweedse architect Anders Nyquist gebruikt prismaverlichting om natuurlijk volspectrum licht in kelderverdiepingen te brengen. Dit biedt niet alleen gratis verlichting overdag, maar ook een eerste antwoord op de aanval van ongewenste schimmels. Met een goede ventilatie worden de sporen die ademhalingsproblemen veroorzaken het gebouw uit geblazen. Dit is een goed begin, met mogelijkheden die verder gaan dan enkel het oplossen van een probleem. Een wereld met onderlinge verbanden kan meerdere partners meerdere voordelen bieden. Voor ondernemers liggen de mogelijkheden voor het grijpen.

Nu leggen we opnieuw de link met pH. De meeste materialen die doorgaans worden gebruikt voor muren en vloeren verergeren het verstikkende effect van isolatie en andere luchtstroombarrières, wat omstandigheden schept waarin schimmels kunnen woekeren. De schimmels die in donkere, statische ruimten zoals kelders groeien, gedijen in een zuurrijke omgeving. Een andere manier om schimmelgroei te beheersen is dus om de pH van de kelderverdieping te veranderen zodat deze meer alkalisch wordt. Als de schimmels geen omstandigheden vinden waarin ze gedijen, blijven ze inactief. Muren en vloerbedekkingen kunnen worden gemaakt uit bronnen van calciumcarbonaat, zoals geplette zeeschelpen. Worden er gipsplaten gebruikt, dan kan de isolatie in de muur op basis van zeewier zijn. Zeewier en zeeschelpen zijn er in overvloed, ze zijn goedkoop en zeer alkalisch. Als ruwe grondstof voor de isolatie van vloerbedekkingen en muren presteren ze even goed als de materialen die nu nog worden gebruikt.

Een nieuw begrip van omgevingsfactoren als luchtstroom, licht en alkaliteit kunnen ons de omstandigheden helpen elimineren waarin schimmels goed groeien alsmede de blootstelling aan giftige stoffen verminderen die ons immuunsysteem belasten. Op deze manier beginnen we informatie te verweven en koppelen we isolatie aan schimmels, aan luchtkwaliteit, aan gezondheid en aan het ontwerp van een gezond gebouw.

Åke Mård, oprichter van de innovatieve MRD Construction Company in Zweden, heeft een andere aanpak van schimmels in kelderverdiepingen. Pittsburgh Corning voorziet hem van onbruikbaar gerecycled glas. Hij verwerkt dit tot blokken schuimglas, die in landen als België en Tsjechië worden gebruikt als bouw materiaal. Basisproducten zijn lucht (vooral CO₂) en het gerecyclede glas, en het eindproduct is een multifunctionele, dragende constructie. Met koolzuurgas verrijkt gerecycled glas is licht van gewicht en heeft als voordeel dat het bestendig is tegen zuren en schimmels terwijl het ook nog eens isoleert. Onge dierte kan zich er niet doorheen vreten. Dit is precies zoals we ons de economie van de toekomst voorstellen: gebruik dat wat beschikbaar is en haal er meerdere voordelen uit. Deze blokken van schuimglas vervangen vier producten in één geprefabriceerde grondstof. En ze halen de druk van de ketel bij flessenmakers

die uit gerecycled glas flessen moeten maken. Opnieuw zien we hoe de natuur andere partners in een systeem op een duurzame manier van bouwstoffen voorziet.

Deze innovatie volgt in grote lijnen de doelstellingen van Earthstone, een bedrijf in New Mexico (vs) dat onafhankelijk van de bouwinitiatieven in Zweden ontstond. Earthstone werd in 1993 opgericht door Andrew Ungerleider en Gay Dillingham als reactie op de verwoestende mijnbouw die ze in hun regio zagen. Hun gepatenteerde technologie haalt glazen drankflessen uit de afvalstroom en geeft ze een nieuwe functie als schuurmiddelen (bijvoorbeeld als vervanger van zandpapier), schoonmaakproducten voor de consument (verfverwijderaar) en tuinbouwproduct (als vervanging van glasvezel in hydrocultuur). Hun productieplan evenaart de werking van natuurlijke modellen, hergebruikt bouwstoffen en energie, en heeft na een geslaagd decennium een marktaandeel veroverd. De nieuwe fabriek staat naast het stortterrein van Albuquerque, hun bron van afvalglas, en een deel van hun energie komt uit methaangas dat vrijkomt uit ontbindende biomassa op het stortterrein. Dit project is een duidelijk voorbeeld van een industriële oplossing die de nadelige gevolgen van onze exorbitante afvalproductie aanpakt, producten op de markt brengt die concurrerend presteren, en die gebruikmaakt van beschikbare middelen.

De uitdaging van driedubbel glas

Over glas valt nog meer te zeggen. Om energie te besparen investeren huiseigenaren in dubbel en zelfs driedubbel glas. Vaak krijgt men hiervoor zelfs subsidie of een belastingvoordeel van de overheid. Hoewel driedubbel glas duur is, wordt het beschouwd als een zekere manier om geld én het milieu te (be)sparen. Het maakt deel uit van een duurzaamheidsstrategie die meer investeringen vraagt om het geld te besparen dat benodigd is om de investering terug te betalen. Deze energiebesparende maatregelen worden vaak gecombineerd met een glastype dat wordt uitgevoerd met een uv-bescherming die het verschieten van kleurige tapijten, wandkleden en foto's moet voorkomen. Zoals we hebben opgemerkt, is het elimineren van uv-licht een open uitnodiging aan de huisstofmijt. Hun groei wordt niet langer afgeremd.

De stroom van water

De volgende stroom die we behandelen is die van water. Hoe gebruiken we water in een gebouw? Zonder uitzondering wordt het meeste water in huis en zeker op school en in kantoorpanden gebruikt om te wassen en om afval weg te spoelen. In moderne gebouwen blokkeren we de stroom van lucht en licht, maar we overdrijven de stroom van water door een woud van buizen en leidingen, sommige voor koud en andere voor warm water, sommige voor grijs of licht verontreinigd water en nog weer andere voor zwart (vervuild) water. Het eerste wat

we met onze fecaliën doen is gek genoeg het met drinkwater mengen. De methode van ons lichaam om bouwstoffen te verkrijgen omvat een gecompliceerd systeem van maag, nieren, lever, blaas en darmen. In wezen beschikken we over één ingang met een klep die water en vaste stoffen naar de maag, en lucht naar de longen leidt. Er zijn twee uitgangen, de een voor vloeibare stoffen en de ander voor vaste stoffen en gassen. Het werkt allemaal redelijk efficiënt.

Drinkwater is onontbeerlijk voor alle leven, maar toch niet voor iedereen in overvloed voorhanden. Wanneer we het gebruiken om afval weg te spoelen, zien we de verbanden niet. Water is de meest kostbare stof op aarde. Op veel plaatsen is drinkwater duur, duurder zelfs dan aardolie ook als die 100 dollar per vat kost. Wanneer we de luxe hebben van gemakkelijke toegang tot schoon drinkwater, waarom maken we het dan onbruikbaar door het met menselijke uitwerpselen te mengen? En alsof dat nog niet genoeg is, voegen we er ook nog eens agressieve chemische stoffen en gechloreerd papier aan toe.

Misschien vindt u urine geen opmerkelijke vloeistof. Maar het is rijk aan kalium, een van de kernbouwstoffen die ons hart het vermogen geven om de bloedstroom te reguleren. Ons lichaam kan kalium niet langdurig opslaan, omdat het in onze bloedstroom een toxine, een giftige stof, is. Daarom scheiden we net zo veel af als we in gezond voedsel naar binnen werken. Urine zou niet verspild moeten worden, maar terug naar de voedingsstoffenketen moeten stromen. In de tijd van de Romeinen was het de keizer zelf die het unieke voorrecht genoot om de urine van de burgers te gebruiken als reinigingsmiddel.

Fecaliën zijn een andere zaak. Weinig diersoorten laten hun ontlasting opzettelijk in water vallen, behalve misschien vogels zoals de flamingo, waarvan de uitwerpselen de groei van algen stimuleren waarop garnalen gedijen en waarvan de vogels op hun beurt weer afhankelijk zijn voor hun voeding. Er zijn goede redenen waarom ons spijsverteringskanaal fecaliën scheidt van urine. De gecombineerde geur van fecaliën en urine is onaangenaam. Naar huidig gebruik worden urine en ontlasting, samen met grote hoeveelheden drinkwater, weggespoeld en doorgepompt naar rioolwaterzuiveringsbedrijven, waar het organische materiaal in een dure installatie wordt verslonden door bacteriën die worden gestimuleerd door enorme hoeveelheden lucht die in het water worden gepompt. Als fecaliën en urine afzonderlijk werden verzameld, zoals ons spijsverteringssysteem ook doet, zou er weinig tot geen stank zijn, mits er een luchtstroom was om de fecaliën snel te drogen.

Dat is de werking van het droge scheidingstoilet dat is ontworpen, in bedrijf genomen en verfiend door dr. Matts Wolgast, een Zweedse wetenschapper van de Uppsala Universiteit. Toch blijven deze eindoplossingen ongebruikt in moderne gebouwen. Elimineerden we de behoefte om water te gebruiken om menselijk afval te transporteren naar centrale waterzuiveringsinstallaties, waar bijvoorbeeld de bacteriën *E. coli* en *Vibrio cholerae* goed gedijen, dan zouden we niet al-

leen de risico's elimineren die aan deze potentiële ziektebronnen kleven, maar ook de omvangrijke hoeveelheden agressieve chemische stoffen die nodig zijn om deze schadelijke bacteriën te controleren. Hoewel bacteriedodende middelen het risico op ziekten verminderen, maken ze het afvalwater volkomen onbruikbaar voor elke vorm van consumptie, tenzij het wordt onderworpen aan een langdurig en kostbaar herstelproces.

Op de Lagggarbergschool in Zweden, een ontwerp van Anders Nyquist, bevindt zich direct bij het gebouw een installatie waarin alle toiletafval wordt verwerkt met de logica van een ecosysteem. Hoewel spoeltoiletten wettelijk vereist zijn, worden vloeibare en vaste stoffen na het doorspoelen onmiddellijk centrifugaal gescheiden. Afvalwarmte en luchtcirculatie worden benut om het vaste materiaal te drogen. Dit vernietigt alle ziekteverwekkers, parasieten en uitgescheiden antibiotica en hormonen voordat ze een schadelijke invloed kunnen uitoefenen op mensen en hun omgeving. Kinderen in Lagggarberg die hun schooljaren in deze leeromgeving doorbrengen, ondervinden de logica van duurzaam beheerde afvalsystemen zo dagelijks aan den lijve.

Wij zien water als de vloeistof die door leidingen stroomt vanuit een plek waar het in overvloed aanwezig is naar de plek waar we het nodig hebben. Steden hebben een efficiënt waterdistributienet ontwikkeld. Stelt u zich de duizenden kilometers aan pijpleidingen voor die water van de Colorado River naar Los Angeles brengen. Bedenkt u eens wat er gebeurt met regenwater. Het wordt opgevangen in de rioolbuizen onder de grond en gewoonweg afgevoerd! Hoewel water steeds kostbaarder wordt, verbood de staat Colorado tot 2009 zijn stadsbewoners zelfs om regenwater op te vangen. Hoe is dit mogelijk? Hoe kan men het weg laten stromen van regenwater in een riool toestaan? Het is tijd om water te gaan zien als ons waardevolste bestaansmiddel. Vóór onze geboorte bestaan we voor meer dan 98 procent uit water. Ons volwassen lichaam bestaat voor meer dan 80 procent uit water. Zonder dagelijkse waterconsumptie overleven we niet. We behandelen water zoals we dat doen omdat we de stromen niet zien. Laten we dat in hokjes denken (opnieuw) vergeten en onszelf de volgende vraag stellen: waar op aarde bevindt zich de grootste hoeveelheid onaangebod drinkwater? In de lucht.

De eerste en belangrijkste oplossing om in onze behoefte aan water te voorzien is door regen op te vangen. In elk gebouw en in elke straat zijn afwateringsgebieden die water direct naar zijn gebruikers zouden kunnen leiden, zonder de noodzaak van pompen of chemische behandelingen, want de zwaartekracht zou dit kunnen doen. Of het nu een wolkenkrabber in New York betreft of een boerderij in Colombia, de opvang van regenwater zou de bewoners (in een deel van hun) waterbehoefte kunnen voorzien.

Het vangen van vocht uit de lucht wordt niet serieus overwogen als een algemeen geaccepteerde oplossing. Toch zouden we een frisse kijk krijgen op een

overvloed van kansen om water uit de lucht te tappen door de droogste ecosystemen te bezoeken en te zien hoe de planten en dieren daar weten te overleven. De Namibische woestijnkever (*Onymacris unguicularis*, zie hoofdstuk 4) vangt water uit de lucht door de wisselwerking van hydrofobe (waterafstotende) en hydrofiële (wateraantrekkende) oppervlakken. De *Cyclorana maini*, een soort boomkikker die in Australië voorkomt, kan 30 procent van zijn lichaamsgewicht aan water opnemen en het in een cocon inkapselen. De bergduivel (*Moloch horridus*) haalt vocht uit de lucht via dunne kanalen in zijn pantser. De *Welwitschia mirabilis*, een woestijnplant, weet net als de woestijnkever water uit de lucht te condenseren. De cactusdoorn zuigt water uit de lucht op, net zoals pijnbomen en de *Guadua angustifolia*, een bamboesoort in de Andes, dat doen. De Garoé (*Ocotea foetens*) laurierboom, die groeit op de bergkammen op El Hierro, een van de Canarische Eilanden, haalt zo veel water uit de wolken dat het soms wel een waterval lijkt.

Als u ooit naar een airconditioner hebt gekeken, dan weet u dat er van dit apparaat voortdurend water druppelt. Een koeltoren boven op een groot kantoorpand condenseert op een vergelijkbare manier waterdamp die als zweetdruppeltjes op het oppervlak van de toren wordt afgezet. Stelt u zich, om een idee te krijgen hoeveel water de atmosfeer in gaat, maar voor dat als de lucht die dagelijks vanaf de bovenkant van een groot gebouw wordt uitgestoten eerst langs een combinatie van hydrofobe en hydrofiële oppervlakken zou stromen er wel 100 kubieke meter water per minuut van het dak naar de verdiepingen daaronder zou vloeien. Wanneer we de luchtstroom uit koeltorens bestuderen, ontdekken we interessant genoeg de kans om water van de top van het gebouw naar beneden te laten stromen. Dat vermindert energiekosten. Niet te hoeven pompen omdat de zwaartekracht wordt benut, vermindert ook het watergebruik. Omdat water ‘van boven’ geen pomp vereist, besparen we kosten. Dit is een vrij aantrekkelijk plan in een economische crisis: investeer minder, krijg meer.

Leonardo da Vinci deed uitgebreid studie naar water. Hij werd erdoor geboeid, de stromen van rivieren, draaikolken, maalstromen en andere patronen van turbulentie. Hij stelde vast dat er in stromend water twee hoofdkrachten werkzaam zijn: zwaartekracht en interne wrijving of viscositeit. Leonardo’s onderzoek naar turbulentie concentreerde zich op de watervortex of draaikolk. Zoals we eerder hebben gezien, heeft een vortex het vermogen om water te zuiveren. Het is een kleine stap om dit door te trekken naar de constructie van een gebouw. Vang water op uit de koeltorens, spoel een toilet door, lap de ramen en dweil de vloeren, pomp het door een vortexopwekkende buis, meng het met zuurstof en zuiver het door interne druk, en op elke verdieping eronder kan het worden hergebruikt om ten slotte schoon te worden afgeleverd in het souterrain. Dit is een onderscheidend, efficiënt gebruik van water.

Wanneer we dan water door een maalstroom laten gaan en de vaste be-

standdelen zich scheiden van de vloeibare, zou water dat van de tiende naar de eerste verdieping gaat, negen keer kunnen worden hergebruikt om het toilet door te spoelen. Omdat toiletspoeling een van de grootste waterslupers in kantoorgebouwen is, zou een vortexsysteem zowel water als energie besparen. Als de oppervlakte van een gebouw wordt bedekt met materiaal dat is geïnspireerd op de natuurkunde van de lotusbloem of het vermogen van de abalone om een schone en glanzende binnenschelp te behouden, dan zijn water noch chemische stoffen nodig om dat oppervlak schoon te houden, wat nog meer water bespaart. Kostbare glazenwasmachines zouden uit de bedrijfskosten kunnen worden geschrapt. Zijn deze oplossingen een werkelijkheid of een droom? Dat is aan ons. Planten en insecten tonen aan dat ze werken; veel zijn getest en in praktijk gebracht. De poten van de schaatsenrijder, en dan bedoelen we het insect, zijn zo waterafstotend dat er geen vocht aan blijft plakken. Daarom kan hij op water lopen.

Gedurende miljoenen jaren van overleven in de woestijn en de praktische toepassing van natuurwetten die zonder uitzondering altijd opgaan, zijn deze vernuftige oplossingen verfijnd. Vergeleken met hun capaciteiten beginnen onze complexe systemen – van water uit de bergen door dammen pompen of zout water door omgekeerde osmose omzetten in zoet water, met de bijbehorende torenhoge energie-uitgaven – behoorlijk op achterhaalde technologieën te lijken.

De gecombineerde stroom van lucht en water biedt enorme kansen die op waarde geschat kunnen worden als we de natuurkundige en scheikundige wetten maar doorgronden. Hoewel gemakkelijk te begrijpen worden deze wetten zelden als oplossingen toegepast. Neem het voorbeeld van een geruit oppervlak met hydrofobe en hydrofiële texturen. De enorme wolken lucht die uit koeltorens verdwijnen, zouden we ook over een plaat met vierkanten kunnen laten stromen. Een aantal vierkanten is hydrofoob; ze 'zijn bang van water'. En een aantal vierkanten is hydrofiel; ze 'houden van water'. Piepkleine waterbellen worden voordat ze tijd hebben om te verdampen van de hydrofobe oppervlakken afgestoten. Ze komen terecht op de hydrofiële oppervlakken, waar ze druppels vormen en door de zwaartekracht naar beneden stromen om tanks boven op een gebouw te vullen. Deze voorraad is misschien niet genoeg om in elke behoefte te voorzien. Het idee helpt ons niettemin om na te denken over wateroplossingen die we nog nooit hebben overwogen. Als de koeltorens hun verzadigde lucht in een werveling kunnen blazen, en zo een vortex kunnen opwekken, dan zou de lucht het water zelfs zonder een geruit oppervlak uit de lucht kunnen 'drukken'. Het eerste van dergelijke systemen is door Watreco geïnstalleerd op het eiland El Hierro.

Zodra we het ontwerp van deze innovaties perfectioneren kunnen we ze combineren met de laatste inzichten in het zuiverende vermogen van een vortex.

Door de productie- en consumptiemodellen te herzien en de tijd en moeite te nemen om het hele systeem opnieuw te bezien krijgen we de kans om een oplossing te vinden die enorme, wereldwijde watertekorten zou kunnen voorkomen. Eenmaal toegepast kunnen deze innovaties al onmiddellijk kostenbesparend zijn en de druk helpen verlichten op schaarse waterbronnen die elk grootstedelijk gebied ter wereld kenmerken.

De gehele Californische kust kampt al tientallen jaren met watertekorten. Als men kon beschikken over water uit de vochtige lucht die daar altijd hangt vanwege de temperatuurinversie tussen de koude oceaanstromingen en de warme woestijnen verder landinwaarts, dan zou de waarde van de grond toenemen, wat het grootste economische voordeel oplevert. Denk weer even aan Las Gaviotas, een desolaat gebied dat ooit waardeloos werd geacht en nu is opgebloeid tot een regenwoud dat wordt getaxeerd op drieduizend keer zijn oorspronkelijke waarde. Een toename in grondwaarde op basis van meetelling van een gemeenschappelijk bezit als waterbronnen zou een welkome omkering zijn van de huidige trend van grondafwaardering en -speculatie. Goede grond die basisbehoeften – beginnend met drinkwater – bevredigt, behoudt zijn waarde.

Het hitte-eilandeffect

In de zinderende zomerwarmte van New York of Boston, Galveston of Chattanooga, staan de airconditioners in gebouwen op vol vermogen te blazen. De warme buitenlucht wordt door deze koelsystemen gejaagd en rond de gebouwen hangen opgewarmde wolken die zijn verzadigd van water. Binnen zorgen de airco's voor koele lucht. De warme, vochtige lucht wordt naar buiten geblazen, waardoor de buitenlucht direct om het gebouw heen – inclusief de lucht die door de airco naar binnen wordt gezogen – ook weer warm en vochtig wordt. Op deze manier is er meer energie nodig om warme, vochtige lucht af te koelen. Als er weinig wind is, wordt het gebied een hitte-eiland. 's Zomers, wanneer zo'n hitte-eilandeffect op zijn top is, zullen de warme omstandigheden die nodig zijn voor de verspreiding van legionella (de bacterie verantwoordelijk voor de legionairsziekte) op een hoogtepunt zijn. Stijgende temperaturen zorgen ervoor dat bacterieel geproduceerde biofilms dikker worden, en daardoor nemen de gezondheidsrisico's toe. Wanneer we een gebouw betreden door een draaideur die verlies van warme of koude lucht moet voorkomen, is er geen decompressie en dus geen beweging van lucht. Hoe meer mensen zich in deze luchtdichte gebouwen ophouden, hoe warmer het binnen wordt en hoe meer werk er is voor de airco.

Iedere volwassene produceert ongeveer 60 watt aan thermisch vermogen. Energie die wordt gebruikt om te verwarmen of te koelen produceert ook warmte. Een vergaderzaal met duizend mensen kan 60 kilowatt produceren, en zulke warmte vereist proportioneel meer koeling. Het door Anders Nyquist gemaakte

ontwerp van een sporthal in de Laggarbergschool in Zweden maakt gebruik van een ingenieuze aanpak. Wanneer opgewonden publiek tijdens een schoolsport-evenement warmte afgeeft, brengen de luchtstromen die vanzelf ontstaan de koelere buitenlucht naar binnen. Zijn ontwerp toont aan dat hoe meer mensen de hal betreden, hoe groter de luchtstroom, waardoor de lucht binnen ververst en aangenaam blijft. Dat is een systemisch ontwerp dat werkt!

Bouwontwerpen stellen ons voor onvoorziene problemen. De oplossingen moeten meerdere doelen dienen terwijl er op kosten en energie bespaard moet worden, en de risico's voor onze gezondheid verkleind moeten worden. Gezondere gebouwen die met minder kapitaal en lagere bedrijfskosten energie bezuinigen, vormen het eindresultaat van deze bundeling van innovaties die worden aangedragen door oplossingen uit natuurlijke systemen.

De stroom van geluid

Voorafgaand aan onze geboorte bestaan we hoofdzakelijk uit water – en zijn we omgeven door water. De geluiden die door het vruchtwater resoneren hebben beslist invloed op ons. Een aantal kinderartsen heeft zelfs geopperd dat zwangere vrouwen naar klassieke muziek zouden moeten luisteren of naar gregoriaans gezang of dat van Tibetaanse monniken, omdat ze denken dat deze geluiden de geestelijke ontwikkeling van een kind bevorderen. Alexander Lauterwassers werk op het gebied van cymatics toonde aan dat een geluidsstroom die door een watermassa gaat een constante en daardoor voorspelbare vorm veroorzaakt. Geluid is een golf; golven produceren druk, en geluidsgolven hebben verschillende niveaus of frequenties. Lauterwasser legde een waterdruppel op een metalen plaat en liet er geluid op los. Hij zag dat de geluidsgolven het water in beweging brachten. Verschillende golven bij verschillende druk brachten andere complexe bewegingspatronen voort. Bij een vaste oppervlaktespanning leverde een specifieke frequentie altijd een specifieke beweging en vorm van het water op. Een minimale verandering in frequentie veroorzaakte wijzigingen in de complexe maar ritmische bewegingen.

Uit ervaring weten we allemaal dat aangename geluiden geruststellend zijn en dat onaangename geluiden van enigszins irritant tot volstrekt onverdraaglijk kunnen variëren. We kunnen ons voorstellen hoe het is om vlak bij een kabbelende beek te wonen of binnen gehoorsafstand van oceaangolven aan de kust. Wonen of werken pal langs de snelweg of een spoorlijn vereist een aanpassing die geluiden naar ons onderbewustzijn verbant, wat overigens wel energie kost.

Aangezien zelfs dode objecten zoals gebouwen geluid voortbrengen, zou onderzoek naar innovatieve ideeën die de stroom van ongewenste geluiden in onze dagelijkse omgeving sturen, ons kunnen helpen manieren te vinden om de invloed die zulke geluiden op ons hebben te verminderen. Wetenschappers on-

derzoeken hoe de gestroomlijnde vorm van tuimelaars en walvissen deze zoogdieren in staat stelt om de druk van water- en windwervelingen om te zetten in efficiënte kracht. Misschien zouden wij de energie van geluid op een vergelijkbare manier kunnen vangen en deze met kleine, piëzo-elektrische transformatoren kunnen omzetten, waardoor we voldoende stroom hebben voor kleine apparaten als mobiele telefoons. In plaats van geluidsschermen langs de snelweg te plaatsen tegen het verkeerslawaaï zouden we manieren kunnen bedenken om dat geluid op te vangen en om te zetten in energie. Met dit soort oplossingen zouden we ook tot energiebesparingen kunnen komen.

De stroom van energie

De kosten van de energie die aan een gebouw wordt geleverd, hangen af van twee factoren: vraag en aanbod. De in dit boek beschreven casussen tonen aan dat een spectaculaire daling van het energieverbruik mogelijk is als we oplossingen omarmen die minder vereisen en meer opleveren. Alleen al door de hier beschreven innovaties te benutten zouden we de elektriciteitsbehoefte in elk willekeurig gebouw, van een sportzaal tot een kinderkamer, in feite met 75 tot 80 procent kunnen verminderen. Hieraan zouden we de wonderen van het door pijlinktvissen en schimmels geproduceerde koude licht kunnen toevoegen, de zelfreinigende eigenschappen van de bladeren van de lotusbloem en het behoud van warmte door de tonijn. Technologie afgeleid van apothekersskinken, een hagedissoort, zou ons wrijvingsreductie kunnen opleveren, wat energiebesparend is, want ons onvermogen om wrijving te verminderen of te overwinnen vereist extra energie. Zoals al eerder opgemerkt zijn al deze methoden en middelen om ons energieverbruik te verlagen mogelijk en vormen ze geen gevaar voor onze gezondheid, in tegenstelling tot een groot aantal huidige methoden. Dat is mooi, maar er zijn zelfs nog betere mogelijkheden.

Als we ons op de aanbodkant richten heeft een gebouw geweldige mogelijkheden om zijn eigen elektriciteit op te wekken. Hoewel de druk van geluid en lawaai niet genoeg zal zijn om alles in een modern gebouw met elektronica, beveiligingssystemen, computernetwerken, liften en airconditioning van stroom te voorzien, zouden we wel kunnen proberen om natuurlijke systemen naar de kroon te steken, waarbij we alle bijdragen, zelfs de kleinste aantallen en hoeveelheden, zouden verwelkomen.

De grootste energiebron moet de gemakkelijkste te verkrijgen kracht zijn, misschien wel de bron die het hele gebouw aan druk onderwerpt en de trekkracht vereist die dominant is in het ontwerp. In dit boek hebben we meerdere malen gerefereerd aan de zwaartekracht, een geweldige kracht om iets mee te doen. Waarom gebruiken we deze niet als we een gebouw ontwerpen?

Als we de constructie van een gebouw opnieuw op de tekentafel leggen zouden we de fundering bij elke verdieping kunnen laten rusten op kristallen,

zoals kwarts, zijde of zelfs suikerriet. Op basis van nanokristallen en een gebouw van tien verdiepingen is geschat dat door de druk van zwaartekracht samen met beweging de opgewekte piëzo-elektriciteit in de kristallen wel 6000 kWh kan bedragen. Dat is niet slecht. Als de kwartsenergiebron op elke verdieping precies werd geplaatst, normaliter onder elke pilaar, en we zouden beweging kunnen genereren in het gebouw, zou het mogelijk zijn om door het hele gebouw elektriciteit voorhanden te hebben, met een beperkte behoefte aan bekabeling. Zo wordt ook onze behoefte aan koper en mijnbouw weer minder. Er zou slechts één generatie voor nodig zijn om deze bouwtechnieken goedgekeurd te krijgen en in nieuwe constructies toegepast te zien worden. Als het technisch kan worden aangetoond, dan zal de behoudende bouwindustrie, die niet van risico's houdt, ten goede veranderen. Als bamboe met gewapend beton werd geïntegreerd om de constructie op te richten, zou het gebouw niet alleen energiezuinig zijn, maar zou het in feite ook 'kooldioxide-neutraal' zijn, want de tijdens de groei door het bamboe opgenomen CO₂ zou de uitstoot van de cementproductie compenseren.

Een tweede grote potentiële maar nog onbenutte bron is het gebruik van plaatselijke windvlagen, zoals een zebra dat doet. Elk groter gebouw oefent invloed uit op het lokale klimaat doordat het turbulentie genereert. We zouden deze turbulentie zelfs kunnen versterken door de juiste kleurkeuzes te maken voor de buitengevel; niet alleen de zon dient te worden weerkaatst, maar ook zorgen we ervoor dat de variatie tussen licht en donker oppervlaktekoeling biedt en luchtstromen genereert. Het heeft weinig zin om in het stadscentrum windmolens te plaatsen, want ze zouden te veel geluid produceren en onvoldoende wind vangen. Het zou wel mogelijk zijn om een reeks windmolens van mini- of micronformaat te plaatsen die continu energie zouden opwekken, waarbij elk molentje is uitgerust met de slimme vlakken waar Moeder Natuur walvissen van heeft voorzien, namelijk zwemvliezen, om weerstand te verminderen en opwaartse kracht te vergroten.

Iedere persoon in het gebouw produceert 60 watt aan thermisch vermogen en dient dus te worden beschouwd als een energiebron. De technologie van het Fraunhofer-instituut kan al uit enkele graden temperatuurverschil tussen het lichaam en de sensor energie opvangen. Zodra deze innovatie in de handel verkrijgbaar is, zullen we wat het ontwerpen van gebouwen betreft weer een stap dichterbij duurzaamheid zijn. Hoe meer mensen zich in het gebouw bevinden, des te minder extra energie nodig zal zijn. Een gebouw waar per dag gedurende acht tot tien uur duizend mensen zijn, zou tijdens werkuren een geschatte 60 kWh opwekken. Wordt dit thermische vermogen efficiënt omgezet, dan zouden alle computers in het gebouw van stroom kunnen worden voorzien. Vandaag werkt het op laboratoriumschaal. Morgen kan het werken in grote kantoorpanden en significante hoeveelheden extra energie opwekken voor plaatselijk ver-

bruik. De zeer lage distributiekosten zullen vooruitstrevend denkende architecten ervan overtuigen om geluid, druk, temperatuur en microstromen van wind mee te nemen in hun ontwerpen om tot optimale energieopwekking en -toepassing te komen. Wetenschappelijk is er voldoende bekend. Wat nu nodig is, is ondernemerszin om een portefeuille van deze innovaties tot een geïntegreerd ontwerp te brengen.

De stromen van mensen en materie

Bewegingsstromen van mensen en producten zijn vrij nauwkeurig onderzocht door systeemingenieurs, stadsplanologen en ontwerpers. In rijen op luchthavens of in winkels, in de bezorging en verwijdering van geconsumeerde goederen, in het transport van producten en mensen, in de consumptie van goederen en diensten, entertainment en scholing streven we naar efficiency en optimale doorstroming. Wanneer we deze stromen koppelen aan de andere stromen die we hier hebben besproken, zouden we misschien gaan inzien dat we wel degelijk een gebouw zouden kunnen ontwerpen dat in staat is voedingsstoffen voort te brengen. Een badkamer, waar het doorgaans vochtig en warm is, kan een ideale kweekbodem zijn voor eetbare paddenstoelen. Het zetmeel in ons voedselafval kan, slechts met gebruik van een schimmel, worden omgezet in bioplastics. Daken zouden tuinen kunnen worden, die niet alleen lokaal eigen vruchten en groenten produceren, maar ook de oppervlaktetemperatuur en het energieverbruik van het gebouw verlagen. Gebouwen die zijn ontworpen om voedingsstoffen te recyclen en onze voedselveiligheid te vergroten zouden onbedoelde voordelen kunnen opleveren door te voorzien in een stimulerende en ontspannende omgeving waarin gewassen zouden kunnen gedijen en gezonde lichaamsbeweging zou kunnen plaatsvinden. Dit zou een gebouw zijn dat het genie van Friedensreich Hundertwasser, de briljante architect uit Wenen, waardig is.

Het Center for Ecoliteracy in Berkeley, Californië, en Slow Food in het Italiaanse Turijn hebben allebei schooltuinen aangelegd in stedelijke omgevingen. Nu hebben we de kans om deze prestatie te overtreffen en een omgeving te scheppen die in onze eigen behoeften voorziet. Dankzij het visionaire stedenbouwkundige ontwerp van Lúcio Costa en de architectuur van de wereldberoemde bouwmeester Oscar Niemeyer voorziet Brasilia, de hoofdstad van Brazilië met 2 miljoen inwoners, binnen de stadsgrenzen in 90 procent van haar behoefte aan fruit en groente. Als er bij het ontwerp van gebouwen en de omliggende ruimte rekening wordt gehouden met de toegankelijkheid en toewijzing van stromen, kunnen water en voedingsstoffen in overvloed voorhanden zijn. Het afval dat na consumptie resteert blijft plaatselijk beschikbaar en draagt bij aan de voedingsstroom die eenvoudig maar opvallend genoeg als voedsel naar ons terugkeert. Het is een elegant proces waarin wordt geproduceerd en gerecy-

cled en alle grondstoffen worden benut. Het is een volmaakt systeemmodel dat door de natuur is geperfectioneerd en voor ons allen beschikbaar is.

Scholen als klaslokalen van duurzaamheid

Scholen vormen een ideaal proefterrein om te leren hoe we met stromen kunnen omgaan. Tussen de eerste klas en het middelbareschooldiploma brengen kinderen naar schatting 20.000 uur in klaslokalen door. Dit is een ontstellende hoeveelheid tijd, die volgens velen ontoereikend wordt besteed. Hoe is het, gezien de enorme investeringen in tijd en geduld die wij van kinderen vragen, toch mogelijk dat geldbesparingen bepalend zijn voor hoe scholen en klaslokalen eruitzien? Zou de schoolleiding niet een gezonde omgeving voor optimale leeromstandigheden moeten creëren? Hoeveel is dat waard? Dit soort vraagstukken zijn slechts oppervlakkig behandeld. Toch zijn er veel beschikbare opties voor het ontwerpen van schoolgebouwen die optimaal gezond zijn, minder onderhoudskosten hebben en die tientallen van de hier beschreven wetenschappelijke inzichten te baat nemen. Dit zijn slechts verschuivingen in de manier waarop we leven.

Omstandigheden voor een goede gezondheid zouden niet afhankelijk moeten zijn van winstberekeningen of kostenbesparingen. Schoolgebouwen zijn een ideale plek om beginselen van gezondheid en duurzaamheid in praktijk te brengen en om deze onder de aandacht te brengen in het publieke domein, waar ze kunnen bijdragen tot het algemeen welzijn. Stelt u zich een schoolgebouw voor waar een honderdtal kernconcepten in natuurkunde, biologie en scheikunde zichtbaar en functioneel zijn geïntegreerd in het gebouw en het runnen van de school. Stelt u zich de verbanden voor die leerlingen zouden leggen als ze zien hoe deze wetenschappen zich in de praktijk manifesteren. De leerlingen en docenten zouden de kans hebben om vertrouwd te raken met de innovaties en om de wetenschap achter hun functioneren te leren en te waarderen doordat ze de praktische toepassingen dagelijks aan den lijve ondervinden. De school zelf wordt een levend wetenschapslaboratorium. In zo'n leerschool gaat het vergaren van kennis moeiteloos, en een dergelijke schoolopzet zou de samenleving in de richting van duurzaamheid sturen. De duidelijke verschillen tussen de nieuwe en oude technologieën zouden veel jongeren inspireren om de vernieuwers en ondernemers van morgen te worden. Dit is de springplank van waaraf fantasie werkelijkheid wordt.

In zo'n gebouw zorgen eenvoudige en pragmatische combinaties van meteorologie met de basisprincipes van luchtstroom voor een constante binnentemperatuur en luchtvochtigheid, zelfs als de buitendruk en -temperatuur wisselen. Dag en nacht schijnen hoogefficiënte ledlampen op honderd plantensoorten die elk kwartier automatisch besproeid worden met regenwater dat op het dak is opgevangen. De niveaus van stofdeeltjes en luchtverontreinigen-

de stoffen die het gebouw binnenkomen of binnen worden aangemaakt, worden door deze waternevel laag gehouden, wat het risico van ademhalingsaandoeningen verkleint. De lampen zijn niet bedekt met kwik maar met het eiwit keratine, geïnspireerd op de kever die zonder chemische stoffen wit aanmaakt. Chelatiebacteriën helpen bij het recyclen van afgedankte metalen [chelatie betekent dat ze die metalen binden met een aminozuur]. De binnenmuren van de school bestaan uit verpulverde zeeschelpen en zijn gevuld met gedroogd zeewier, wat zorgt voor een praktische en efficiënte, uitermate alkalische, anti-schimmel en vochtdoorlatende geluidsbarrière. Natuurlijke luchtstromen in het gebouw gaan over deze grondstoffen en houden de vochtigheid stabiel en de pH alkalisch. De ramen laten de uv-stralen door om het aantal mijten in het chemicaliënvrije tapijt te beperken. De tapijttegels staan elektrisch met elkaar in verbinding door koolstofvezels van microngrootte, die hun energie krijgen uit de filmdunne, op organische kleurstoffen gebaseerde zonnecellen tegen de ramen; zo blijven de vloeren op een ideale temperatuur en droog genoeg om mijten onder de duim te houden.

In plaats van één willekeurige technologie onder de knie te krijgen zou de verwezenlijking van een gedetailleerd en gezaghebbend ontwerpplan op basis van de hier opgevoerde innovaties en technologieën, ons op een natuurlijke manier inzichten bieden in een heel systeem dat is geïntegreerd met de omgeving. Het is het verschil tussen het regeneratieve en aanpassingsvermogen van een ecosysteem en het vernuft van een enkele soort. Ecosystemen laten zich niet eenvoudigweg tot een reeks regels reduceren. Het geheel is meer dan de som van de afzonderlijke delen.

Huisvesting voor iedereen

Vanuit de samenstelling van bamboe bezien tart de relatieve kracht van deze. Dit hoofdstuk kan onmogelijk worden afgesloten zonder een moment stil te staan bij het pionierswerk van ontwerpers Linda Garland, die op Bali, Indonesië, gevestigd is, en Simon Velez uit Bogotá, Colombia. Zij hebben opmerkelijk werk verricht met bamboe en ze hebben betaalbare, herwinbare en aantrekkelijke huisvesting gerealiseerd die weleens het duurzaamst van al zou kunnen zijn.

Vanuit de samenstelling van bamboe bezien tart de relatieve kracht van deze plantensoort elke logica. Bamboe profiteert optimaal van zijn hoge trek- en druksterkte. Hoewel het een gras is en geen boom presteert bamboe, wanneer het in de bouw of bij de fabricage van papier wordt toegepast, beter dan elke andere cellulosebron. Aangezien we niet in absolute termen zouden moeten spreken, erkennen we in dezen ook hennep en vlas; maar bamboe is hét voorbeeld van technische functionaliteit. Het kan beton en staal aantoonbaar vervangen. Met meer dan tweeduizend soorten op het Amerikaanse continent alleen al be-

zit bamboe eigenschappen waarmee het moeiteloos, ecologisch en goedkoop aan onze groeiende vraag naar bouwmaterialen kan voldoen. Eind twintigste eeuw gaven meer dan 1 miljard mensen, met name in de tropen, nog steeds de voorkeur aan bamboe als bouw materiaal. Sven Mouton, de Belgische architect die is afgestudeerd aan de Pontificia Universidade Católica in Rio de Janeiro, rekende onder het waakzaam oog van professor Khosrow Ghavami uit dat de opgeslagen energie (en CO₂) in bamboe zestig keer minder is dan van staal, wat bamboe een flexibiliteit en sierlijkheid geeft die staal niet kan bieden.

Nadat in 1997 het Verdrag van Kyoto werd getekend, zocht Masatsugu Taniguchi, directeur van Japans grootste cementfabriek Taiheiyo, naar manieren om bij gebruik van cement tot zo weinig mogelijk CO₂-uitstoot te komen. De grondstoffen voor gewapend beton worden onder hoge druk en hoge temperatuur in mijnen ontgonnen en verwerkt en laten daarna eeuwenlang littekens na op het gezicht van de aarde. Taiheiyo slaagde doordat het bamboevezels ging gebruiken. Door eenvoudigweg bamboe met cement gewicht voor gewicht (50/50 of 75/25 per volume) samen te persen, zonder toevoegingen of chemische stoffen, maakten ze een cementplaat met een neutrale CO₂-voetafdruk. Het bamboe zelf wordt gekweekt en duurzaam geoogst op ruim 2000 hectare land naast een fabriek aan de rand van Jakarta.

De vernieuwende architecten Renzo Piano en Shigeru Ban werden op basis van de schoonheid en de prestaties van bamboe geïnspireerd tot bouwkundige wonderen. Maestro Simon Velez, de grootste bamboearchitect van onze tijd, toonde aan dat bamboe kan voldoen aan de strengste eisen van onze moderne samenleving – namelijk Duitse bouwverordeningen. Velez ontwierp het in Manizales, Colombia, opgerichte ZERI-paviljoen, dat misschien wel 's werelds grootste constructie van bamboe is (en later het populairste paviljoen op de Wereldtentoonstelling van 2000 in Duitsland). Bij de twee zware aardbevingen die het paviljoen sinds de bouw troffen, zijn slechts een paar dakpannen verschoven.

De koning aller bamboes is misschien wel de *Guadua angustifolia*. Toen de Spanjaarden de hooglanden van Colombia, Peru en Ecuador veroverden, moesten ze zich een weg banen door dichte bamboewouden. De levenskracht van bamboe werd alom en opgewonden beschreven door de Spaanse kolonisten, in wier brieven naar huis viel te lezen dat de autochtone beschavingen van de Andes bij gevechten bamboe gebruikten; op het oog zonder kracht drong een speer van bamboe snel door het lichaam. Deze kolonisten kwamen er ook vlug achter dat hun Europese bouwtechnieken met hout en steen in de aardbevingszones van Zuid-Amerika geen lang leven beschoren waren. Door bittere ervaring ontdekten ze dat 'gebouwen op het ritme van de aarde moeten dansen', aldus Simon Velez' karakterisering van het gedrag van bamboe. Dat is precies wat bamboe doet: dansen.

Toen dit 25 meter hoge 'gras' in Zuid-Amerika werd weggehakt om ruimte

te maken voor koffieplantages en veeteelt werd het lokaal het meest gebruikte bouw materiaal. Twee eeuwen later staan de gebouwen uit die koloniale tijd nog steeds en hebben ze alles doorstaan wat de bevende aarde over ze afriep. Deze Latijns-Amerikaanse ervaring wordt bevestigd in Azië: 's werelds oudste bamboegebouw is een open paviljoen in Mantsjoerije dat er zeker al drieduizend jaar staat.

Bamboe weerstaat een aardbeving niet zozeer, maar beweegt eigenlijk mee. Ook heeft een bamboestructuur geen versteviging door middel van dwarsverbindingen nodig om de chaotische opwaartse en zijwaartse krachten van een aardbeving het hoofd te kunnen bieden. Opvallend genoeg is bamboe hol. Het is voldoende flexibel om te staan zolang het gebouw maar naar binnen helt. Een verkleining van de verticale hoek, van de elders in de bouw gebruikelijke 90 naar een licht schuine 85 graden, geeft zo veel stabiliteit dat de dakpannen niet eens bewegen. Het is spijtig dat CAD/CAM de architectuur zo domineert en dat sinds de tweede helft van de twintigste eeuw de 90 gradenhoek een standaard is geworden. Het heeft geleid tot dood en vernieling in hoge-risico-aardbevingszones zonder dat iemand zich bewust was van de mogelijke oplossing.

Het realiseren van betaalbare huisvesting voor iedereen is een doel dat haalbaar wordt als we bamboe gebruiken. Een lapje grond van ruim 100 vierkante meter in de hooglanden van de Andes zou voldoende zijn om bamboe op te kweken voor een huis. Beplant met de reuzensoort *Guadua angustifolia* zouden er na drie jaar zo'n zestig bamboepalen geoogst kunnen worden, genoeg bouw materiaal voor een huis van twee verdiepingen en ruim 60 vierkante meter leefruimte, met een trap achterin en een prachtig balkon voor de nodige luchtstroom. Elk jaar daarop zou de bamboe-oogst genoeg palen opleveren voor het bouwen van nog een bescheiden woning.

Het huisontwerp van Simon Velez voorziet achter in de woning in een grote trap, die als een termietenheuvel fungeert; een zware dakconstructie om de woning te stabiliseren; en een breed balkon voor de prettige sfeer. Hoeken van negentig graden zijn er niet. Ingeval van een aardbeving voorkomt dit een plotselinge instorting, wat het tot een buitengewoon veilig ontwerp maakt. In plaats van te proberen een aardbevingsbestendig bouwwerk op te trekken, beweegt het bamboe, en de gebruikte timmerwerkmethode, mee met de grillige krachten van de aarde. De woning komt opvallend fris over, met licht dat overal vrij binnen kan vallen. Het enorme overhangende dak beschermt het bouw bamboe tegen aantasting door uv-licht of regen. Het regenwater stroomt om het huis heen, raakt daarbij het bamboe nauwelijks en wordt opgevangen in reservoirs voor drinkwater. Hoewel de wind vrij spel heeft, zou zelfs een orkaan het huis niet kunnen optillen.

Het bamboe dat bij de bouw ongebruikt blijft, en dat vaak als afval wordt beschouwd, kan gebruikt worden om houtskool te maken. Bij houtskoolproductie

komen schadelijke gassen vrij. Antonio Giraldo uit Armenia, Colombia, heeft een methode ontwikkeld om bamboe in zijn eigen houtskoolgassen te verduurzamen; deze methode lijkt veel op de traditionele verduurzamingssystemen die in Japan worden toegepast. De gassen worden naar een reusachtige ruimte geleid, waar de bamboepalen met een lengte van acht meter onder lichte druk worden verduurzaamd met de dampen uit hun eigen houtskool. Dit proces levert bescherming op tegen termieten en schimmels zonder daar speciaal andere giftige chemische stoffen voor te produceren. De negatieve stroom van verontreinigingen wordt omgezet in een positieve stroom die het hout niet alleen conserveert, maar ook de vervuilers vervangt die onze gezondheid bedreigen. De manier waarop de bouwmaterialen worden geproduceerd en toepassingsklaar worden gemaakt, is ingegeven door natuurlijke systemen, een kringloop van bouwstoffen en energie. Dezelfde methode werd gebruikt bij de Picuris Pueblo in New Mexico, met houtstammetjes van een kleine diameter, die voorbestemd waren om te worden verbrand maar nu worden verwerkt in raam- en deurkozijnen.

Lucio Ventania, een bekende Braziliaans bamboevakman, legt uit: 'Zolang bamboe in de bouw tegen direct zonlicht wordt beschermd en nooit in zijn eigen water staat, zal het blijven staan, voor altijd.' Vandaar dat een logisch ontwerp voorziet in een flinke overhang (uitstekende dakrand), die de dragende palen beschermt tegen water en zon, de meest verwoestende atmosferische krachten. De ervaring van Manizales en Hanover met verdere ontwerpen leidt tot talloze huisvestingsprojecten. Terwijl Simon Velez de eerste ontwerpen voor een goedkoop huis van twee verdiepingen, met een balkon als symbool van de middenklasse, voor slechts 12.000 dollar leverde, trekken de door jezuïeten gesteunde Hogares de Cristo en Guayaquil, Ecuador, de logica tot het uiterste door en zette eenvoudige, geprefabriceerde sociale woningen neer voor maar 950 dollar.

Het bedrijfsmodel is verrassend: een arm gezin komt met 50 dollar contanten en vraagt een lening van 900 dollar, die snel wordt verstrekt mits het gezin de beschikking heeft over een stuk land, en vierentwintig uur later staat het huis overeind. De nieuwe huiseigenaren betalen een maandbedrag van nog geen 20 dollar, waardoor mensen geen hoog bedrag nodig is om niet langer op straat hoeven te staan. Het productiesysteem van Hogares de Cristo tovert dagelijks 42 prefabhuizen tevoorschijn, met een jaaromzet van circa 12 miljoen dollar, waarvoor een duurzame hoeveelheid bamboe van naar schatting 2000 hectare nodig is. Wie zorgt er voor het land?

Nog een mijnwonder

AngloGold Ashanti, 's werelds op twee na grootste goudmijnonderneming, met een totaalvermogen van meer dan 6 miljard dollar, wilde de watertoevoer van haar mijnen in de hooglanden van de Andes zekerstellen. Van dr.

Luis Miguel Álvarez Mejía, een vooraanstaand bioloog van de Universiteit van Caldas in Ecuador, hoorde het bedrijf dat de oppervlaktetemperatuur – voor altijd – met 9 °C zou dalen door op de concessie van de mijn exotische soorten te verwijderen en het land te herbeplanten met een inheemse vegetatie waarin bamboe (*Guadua angustifolia*) overheerst. De bamboe verspreidt zich zeventig jaar lang, totdat hij gaat bloeien en afsterft. Bamboe is een gras en kan daarom worden geoogst zonder dat het opnieuw hoeft te worden aangeplant. Het herbebossingsproject in Vichada door het centrum voor milieuonderzoek in Las Gaviotas werd gestart, wordt nu uitgebreid door in de hooglanden van de Andes het oorspronkelijke bamboebos terug te brengen.

Water is slechts een eerste, voor de hand liggend voordeel voor de mijn en de plaatselijke gemeenschappen die snakken naar drinkwater. De plaatselijke boeren die bonen telen, oogsten bamboestengels om er 4 meter hoge afscheidingen van te maken en leveren de rest aan het dal om er huizen van te bouwen, waarvoor 5 meter nodig is. Dan is er nog ten minste 15 meter over, die kan worden verwerkt tot pulp voor waterabsorberend papier. Kimberley Clark, producent van Kleenex-tissues en eigenaar van het merk Scott, heeft besloten pulp van eucalyptus- en naaldhout te vervangen door plaatselijk geleverde bamboe. Het bedrijvencluster rond de mijn ontwikkelt zich nu tot een tweede cyclus waarin inkomsten en banen worden gegenereerd, nadat was gebleken dat de eerste steen en gruis in producten en contanten konden worden omgezet. Beide cycli bevorderen efficiënt grondstoffengebruik en hebben meervoudige voordelen voor de samenleving en het milieu. Wie had zich die verborgen voordelen van mijnbouwactiviteit kunnen voorstellen, nog voordat de mijn in bedrijf is?

Het potentieel van bamboe blijft verborgen voor wie buiten de tropische groeigebieden woont. Van nature groeit geen enkele soort bamboe in het noordwesten van de vs of Zweden, waar de grootste onderzoeksinstituten voor bosbouw zijn gevestigd. Wereldwijd is de bosbouwindustrie, zelfs in tropische gebieden, gericht op eucalyptus- en naaldbomen, die in gematigde klimaten groeien en niet kunnen tippen aan de hernieuwbare mogelijkheden van bamboe. Naarmate het besef groeit dat bamboe op duurzame wijze groeit en uitstekende kwaliteiten als bouw materiaal heeft, vormt het een bron van inspiratie voor innovatieve bouwprojecten over de hele wereld. Sven Mouton, die werd opgeleid door de Braziliaanse bamboegoeroe dr. Khisrow Ghavami aan de Pontificia Universidade Católica van Rio de Janeiro, keerde geïnspireerd door de schoonheid en functionaliteit van bamboe in dragende constructies naar huis terug. Hij behield zijn nieuwsgierigheid van wetenschapper en kwam tot de conclusie dat zelfs wanneer de bamboe in Latijns-Amerika wordt geoogst en naar Europa wordt getransporteerd, daarbij voor de productie van een vierkante meter per krachteenheid slechts een zestiende van de energie nodig is vergeleken met een stalen constructie.

Deze geïntegreerde aanpak, waarbij Brazilianen en Colombianen vooropliepen, heeft geleid tot een verandering van de arbeidsmarkt. Sinds het ZERI-paviljoen op de Wereldtentoonstelling van 2000 in Hannover aantoonde dat bamboe de flexibiliteit en trek- en drukkracht heeft die Duitse bouwvergunningen vereisen, zijn er 250 nieuwe ondernemingen en 7000 banen ontstaan. En als je dat al een succes mag noemen, kijk dan ook eens naar Vietnam, waar naar schatting 200.000 banen ontstonden nadat bamboe een belangrijk onderdeel werd van de opkomende economie. Ook de Republiek Korea beseftte dat ze, naast haar bekwaamheid in elektronica- en mobiele telefoonsystemen, die enorme nieuwe industrie kan ontwikkelen met traditionele grondstoffen die op een hernieuwbare wijze kunnen worden geoogst en bedrijvigheid brengen in de traditie en cultuur.

Alle stromen in overweging genomen

Evaluatie van hoe de stromen van lucht, licht, water, energie, geluid, mensen en materie onze fysieke ruimte beïnvloeden, biedt ons nieuwe inzichten in hoe we constructies kunnen ontwerpen die deze stromen met elkaar verweven en benutten, praktische inzichten ook, in hoe we onze woningen, kantoorpanden en scholen moeten bouwen en inrichten om te komen tot echte functionaliteit, waarde en esthetica. Een beter begrip van alle materiaal-, water- en energiestromen op macroniveau van een mijn biedt ons erg nuttige inzichten over toepassing in een gemeenschap en verandering van ons maatschappijmodel.

Vernieuwende ondernemers hebben ons laten zien dat duurzame gebouwen helemaal niet duurder hoeven te zijn. Goed onderzochte en goed gedocumenteerde praktische toepassingen die uit de wereld der wetenschap voortkomen, openen nieuwe mogelijkheden die ons eindelijk een stevige zet in de richting van duurzaamheid geven. Architecten die zich wijden aan het ontwerpen van 'groene' gebouwen hebben het vermogen om die mogelijkheden te verwezenlijken. De publieke vraag en ons gezond verstand zullen autoriteiten ertoe bewegen om bouwverordeningen te herzien en industriënormen goed te keuren die de integratie van innovaties op basis van degelijke wetenschap mogelijk maken. Wanneer wij deze innovaties als samenleving omarmen, zullen we de gezondheid van onze gezinnen, onze woningen, onze werkplekken en ons milieu onderhouden. Geïnspireerd door de vernuftigheid van de natuur zullen we de industrieën van de toekomst tot stand brengen. Ook wij kunnen functioneren als een ecosysteem, door dat wat we nodig hebben te produceren uit wat voorhanden is, door uit afval juist bruikbare middelen te halen, door de bijdragen van eenieder te verwelkomen en door deel te nemen aan een kringloop van overvloed.

**HOE KUN JE GELD
MAKEN MET GELD?
ZOU JE WATER VAN
WATER KUNNEN MAKEN?**

G.P.

15

BETAALBARE WONINGEN BETAALBAAR MAKEN

Het doel van economische groei

De bewering van communisten in de negentiende eeuw dat ‘de rijken rijker worden en de armen armer’, tegenwoordig een overtuiging van velen, lijkt te worden bevestigd. In zijn veelbesproken boek laat professor Thomas Piketty op basis van twee eeuwen cijfers zien dat de rijken die het kapitaal beheersen rijker worden. Hij betoogt met verve dat zolang het rendementspercentage op kapitaal hoger is dan dat van economische groei de armen armer worden. Kapitaal was vroeger land, toen waren het vooral middelen om te produceren. Tegenwoordig zijn het vooral contanten en verwacht men geld te verdienen met geld.

We weten dat met razendsnelle handel in aandelen en valuta met behulp van supercomputers miljarden worden verdiend door degenen die al miljarden hebben. We weten ook dat individuen en bedrijven die miljarden verdienen profiteren van de mazen in de belastingwetgeving en als ze al belasting betalen nooit meer dan een paar procent van hun winst en rijkdom afdragen. Vrijwel alle winstgevende bedrijven en de rijken beperken hun betrokkenheid bij sociale economie tot programma's voor maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) die zo weinig mensen bereiken dat op de plaatjes in de MVO-verslagen vrijwel iedereen staat die ervan heeft geprofiteerd. Bovendien zijn alle MVO-initiatieven ook aftrekbaar voor de belasting, met andere woorden: de gemeenschap betaalt! Hoeveel ondernemingen veranderen MVO echt in een bedrijfsstrategie in overeenstemming met hun producten en manier van produceren? We weten dat het onder deze omstandigheden voor armen onmogelijk is om ooit rijker te worden, tenzij ze het systeem bedriegen. De enige mogelijkheid om uit de armoedeval te komen is illegale en ongeoorloofde handel, waarbij de

handelswaar varieert van verdovende middelen tot bedreigde diersoorten.

Wanneer de gevestigde orde met deze feiten wordt geconfronteerd is de reactie uiteraard discussiëren over de resultaten, vragen stellen bij de gegevens en twijfel zaaien over de bronnen, en uiteindelijk doen wat de gevestigde orde de hele geschiedenis door heeft gedaan wanneer een nieuwe waarheid duidelijk wordt: de boodschapper in diskrediet brengen. Dat is normaal. Wanneer de feiten uiteindelijk worden aanvaard en niet langer onderwerp zijn van felle discussies maar eerder een geliefd onderwerp voor actuele gesprekken zijn geworden, beweren degenen die de scherpste kritiek uitten trots dat het oorspronkelijke idee sowieso van hen was. Niettemin is de reactie op de bevestiging dat 'de rijken rijker worden' heftig.

De felste kritiek op de stelling van Piketty is afkomstig van Angelsaksische economen die vasthouden aan het trickle-downeffect, waarbij ervan wordt uitgegaan dat naarmate de rijken rijker worden geld en rijkdom langzaam maar zeker op arme mensen worden overgedragen. Dat wordt alleen gestaafd door anekdotes en niet door cijfers. Velen vergeten dat wat welvaarts groei betreft de vs en Canada een uitzondering zijn: een gebied dat in minder dan tweehonderd jaar van 3 miljoen tot 300 miljoen inwoners groeide en zich alle grond en middelen toe-eigende, heeft het vermogen om rijkdom te spreiden. Maar zelfs onder die omstandigheden zijn de rijken steeds rijker geworden, behalve tijdens de Grote Depressie en de Tweede Wereldoorlog.

Het valt niet te negeren dat tot niet zo lang geleden de groei van de Amerikaanse middenklasse in absolute cijfers gezien het idee aanwakkerde dat de Amerikaanse droom mogelijk is. Helaas wijzen de laatste cijfers erop dat de Amerikaanse rijken nog nooit zo veel rijker zijn geworden. Er is overvloedig bewijs dat gezinnen met twee inkomens in grote steden als New York, Chicago en Los Angeles de eindjes niet aan elkaar kunnen knopen en hun kinderen niet kunnen laten studeren. Gegevens wijzen erop dat in 1964 23 procent van alle Amerikaanse kinderen in armoede leefde. Hoewel het rijkste land ter wereld 16 biljoen dollar heeft geïnvesteerd in armoedeverlichting, leeft vijftig jaar later 22 procent van alle Amerikaanse kinderen nog steeds in armoede. En dat is maar één gegeven; de inkomenskloof tussen de rijkste metropoolregio van de vs en de armste is nog nooit zo groot geweest als in 2014.* Wat is er met de Amerikaanse droom gebeurd?

De harde absolute cijfers temperen de positieve indruk die relatieve gege-

* Gegevens van het Amerikaanse ministerie van Handel en Arbeid voor honderd grootstedelijke gebieden naar bevolking zoals weergegeven in de *Financial Times*, 13 augustus 2014, voorpagina, met als kop 'Record us wealth gap fuelled by disparities in housing recovery' (Welvaartskloof vs ongekend diep door onevenwichtig herstel van de huizenmarkt).

vens wekken. Cijfers kunnen elk argument bevestigen: soms gebruik je absolute cijfers, soms percentages. De werkelijkheid is op elke manier te presenteren. Als het om armoede gaat, is er echter maar één cijfer dat in onze beoordeling telt: het absolute! Het lijkt erop dat er meer moeite werd gedaan om de pijn en het ongemak van arme mensen te verminderen door hulpverlening. Hoezeer dat ook wordt gewaardeerd, volgens sommigen is het juist de oorzaak van de armoedeval en moet hulp worden omgezet in zelfredzaamheid. De harde werkelijkheid is dat het met door overheden, ondernemingen en stichtingen opgezette hulpprogramma's niet is gelukt instrumenten te krijgen om uit die val te komen.

Langdurig lage economische groeicijfers leveren arme mensen geen voordeel op. Zij zijn hun welvaart, banen en inkomsten kwijtgeraakt terwijl investeerders goede resultaten hebben behaald. Fondsen geven de gelden die ze beheeren niet vrij tenzij de kapitaalopbrengst hoog is. Op staatsobligaties na neemt geen enkele kapitaalverschaffer genoegen met een jaarrendement van minder dan 10 procent. Bedrijfsplannen die niet minimaal 20 of zelfs 30 procent opleveren worden niet in aanmerking genomen. Het is niet te verwachten dat zelfs snel groeiende opkomende economieën dubbele groeicijfers zullen laten zien die hoger zijn dan die van rendement op kapitaal. Nu de cijfers op tafel liggen en de rijken steeds rijker worden, wat doen we verder nog dan praten over de feiten?

Wanneer ik lees $r > g$ (r is het rendement op kapitaal, g is het groeicijfer van de economie), dan dient onmiddellijk de vraag te worden gesteld hoe deze simpele vergelijking kan worden omgedraaid tot het tegenovergestelde: $r < g$.

Het valt niet te negeren dat de armoede in absolute cijfers toeneemt. Erger nog dan armoede is jeugdwerkloosheid. Die parameter geeft aan dat het aantal mensen van de volgende generatie dat geen kans heeft een minimumloon te verdienen waarmee ze een gezin kunnen onderhouden alarmerend stijgt. Dat betekent dat de armoede niet alleen toeneemt maar waarschijnlijk ook niet zal verdwijnen. Jongeren zonder baan zijn er niet alleen in ontwikkelingslanden. In landen als Spanje, Italië en Griekenland is meer dan 50 procent van de meest dynamische leden van de samenleving inactief. Palestina bevindt zich in een verstikkende situatie waarbij 98 procent van alle jonge mensen onder de 26 geen baan heeft. Het is een onaanvaardbare verspilling van menselijk potentieel wanneer steeds meer geschoolde en enthousiaste jongeren te horen krijgen dat er aan hun inzet en vaardigheden geen behoefte is. Regeringen accepteren die ellende en verschuilen zich achter de noodzaak om te bezuinigen en het overheidsbudget in evenwicht te houden. Vanuit hun gezichtspunt beweren ondernemingen en rijken dat de groei te laag is en dat de consumptie zich eerst moet herstellen voordat ze geld uitgeven aan initiatieven met een laag risico en een hoge opbrengst.

We moeten ons afvragen hoeveel geduld wij verwachten van arme mensen. Een moeder die haar kinderen dagelijks met honger naar bed ziet gaan en een vader die zijn tienerzonen raketten ziet maken om over een hek te schieten, kan niet tevreden zijn met de belofte dat alles over enkele tientallen jaren wel beter zal gaan, wanneer corrupte regeringen zullen zijn afgezet en er vrijhandelsverdragen zijn gesloten zodat goederen over de hele wereld goedkoop verkrijgbaar zijn. De enige keuze is arme mensen in staat te stellen voor zichzelf te zorgen en oplossingen te bedenken met wat ze hebben. Daarvoor is het nodig bedrijfsmodellen zo te veranderen dat ze tegemoet kunnen komen aan de basisbehoeften van allen en investeerders een redelijk rendement bieden.

Modellen die de onderkant van de piramide kansen geven

Als de armoede om zich heen grijpt en miljoenen niet in staat zijn om te voorzien in hun basisbehoeften aan water, voedsel, een huis en een buurt om in te wonen, gezondheid en gezondheidszorg, energie, afvalbeheer en mobiliteit, onderwijs en cultuur, hoe kunnen sommigen dan beweren dat er geen vraag bestaat? Hoe zou vrije wereldhandel ooit gezondheidszorg voor pasgeborenen kunnen verzekeren? Het antwoord is dat er wel vraag is maar geen geld! In een artikel dat voor het eerst werd gepubliceerd in 2004 lieten professor C.K. Prahalad en Stuart Hart zien dat 3 miljard mensen die van 2,5 dollar per dag moeten leven jaarlijks het verbijsterende bedrag van 2,7 biljoen dollar contanten vertegenwoordigen. De bodem van de piramide vertegenwoordigt een markt die klaar is om in de officiële economie te worden geïntegreerd. De vraag is hoe deze enorme koopkracht kan worden aangeboord met traditionele bedrijfsmodellen en financieringswijzen waarin hoge verwachtingen bestaan over het minimumrendement. Voor traditionele ondernemingen is het niet gemakkelijk zich voor te stellen op welke manieren ze kunnen veranderen.

Unilever werd bijvoorbeeld geïnspireerd door Prahalads boek *The Fortune at the Bottom of the Pyramid* en besloot shampoo in kleine, voordelige sachets te gaan verpakken in plaats van in de grote flessen die arme mensen niet kunnen betalen. Die microporties shampoo worden verkocht via netwerkmarketing en kleine buurtwinkeltjes. Deze initiatieven bieden arme mensen echter geen kansen of toegang tot kwaliteitsproducten tegen concurrerende prijzen. Integendeel, de producten die deze opkomende markten binnendringen onttrekken geld aan deze gemarginaliseerde gemeenschappen die nog nooit synthetische shampoos met kunstmatige geur- en kleurstoffen hadden gebruikt die hun schaarse water vervuilen. De shampoo stimuleert veeleer de zucht van de onderneming naar steeds groter schaalvoordeel en betere marges. De strategie is het opbouwen van acceptatie en herkenning door de consument zodat de plaatselijke distributeur al snel kan worden benaderd om meer van dezelfde leverancier te gaan slijten of te worden vervangen door grote distributieketens.

Verander het bedrijfsmodel

In de afgelopen twintig jaar ben ik op zoek geweest naar betere bedrijfsmodellen dan die we ons tot nu toe konden voorstellen. Dat is geen kritiek, het is alleen zoeken naar iets beters. Door het bedrijfsmodel zo te veranderen dat het beter wordt dan het huidige, kunnen we arme mensen optillen uit armoede en de trend keren dat rijke mensen steeds rijker worden. We moeten iets totaal nieuws bedenken. Het is verrassend hoe weinig mensen beseffen dat het, om inclusieve groei te krijgen in een duurzame samenleving, nodig is om op alle niveaus beter te gaan presteren. Weinig mensen zijn echter bereid om vragen te stellen bij de heersende, op kostenbesparing gerichte modellen en het streven naar vrijhandel en globalisering, die met een kortzichtige blik worden gezien als de enige kansen om groei te verzekeren en daarom worden toegejuicht als de panacee voor sociaal-economische problemen.

Het verrast me dat mensen menen dat de markt in het algemeen en investeringen die zijn gericht op hoge rendementen, de armoedeval zou kunnen keren; dat hulp de scherpe kantjes eraf haalt; en dat wetenschappelijke doorbraken, zoals nanotechnologieën, genetische manipulatie en smart grids wonderen zullen verrichten. We moeten beseffen dat wat we ook proberen, ook al is het met de beste intenties, geen fundamenteel verschil zal betekenen voor de 3 miljard mensen op deze wereld die in armoede leven. Erger nog, we lijken bereid armoede te accepteren. In plaats daarvan moeten we concurrerende bedrijfsmodellen ontwerpen die in staat zijn in te spelen op de basisbehoeften van allen.

We moeten ons richten op het bedrijfsmodel en weer streven naar ondernemend leiderschap. Macro-economische trends zijn een mengeling van beslissingen en initiatieven die op micro-economisch niveau worden genomen. In plaats van te proberen de wereld vooral te besturen vanuit een vliegtuigcockpit en rentetarieven, belastingbeleid, wisselkoersen en handel van bovenaf op te leggen, moeten we vanaf de grond een ommekeer in de economie teweegbrengen, te beginnen op de plaatsen waar de behoeften het nijpendst zijn, zoals de sloppenwijken van Azië, de townships in Afrika en de favela's in Latijns-Amerika. Laten we ze 'groeicorridors' noemen. Hoe kunnen we een inclusieve groei-strategie creëren en uitvoeren die niet alleen voorziet in basisbehoeften, maar waarbij het integreren van arme mensen in de economie en in een zorgzame samenleving ook leidt tot voordelen als het scheppen van welvaart voor de meest behoeftigen?

Het onvermogen om de armen te bereiken

Het is essentieel om naar de huidige werkelijkheid te kijken: de markteconomie is niet in staat om arme mensen te bereiken! Als de markt daar niet toe in staat is, dan is het omdat het huidige bedrijfsmodel daartoe niet in staat is. Het resultaat is dat armoede en werkloosheid regel zijn. Dat is moeilijk te accepte-

ren. De voornaamste economische spelers hebben de logica van schaalvoordelen overgenomen. Om de verkoop te stimuleren streven ze naar steeds lagere marginale kosten door kwaliteit en prijs tegen elkaar af te wegen en tegelijkertijd verhogen steeds ze de totale marge om daardoor een steeds beter rendement te krijgen. Aangezien de prioriteit vooral ligt bij hoger rendement en lagere kosten, is het economische systeem hardvochtig geworden en het afvloeien van mensen ten behoeve van de productiviteit werd de norm.

Om voor gestandaardiseerde producten steeds grotere schaalvoordelen te creëren moeten handelsbarrières uit de weg worden geruimd. Alles draait om vrijhandel, die de vrije beweging van goederen, diensten en kapitaal mogelijk moet maken, maar niet van mensen. Nog nooit is het zo moeilijk geweest om grenzen te overschrijden en de uitgifte van visa is een bedrijf op zich geworden. Dus wanneer goederen, diensten en kapitaal vrij over grenzen moeten bewegen, is de uitdaging om mensen in de geglobaliseerde economie voldoende te belonen, zodat ze hun armoede kunnen overwinnen en de wens om tegen elke prijs te emigreren verdwijnt. Degenen die geen uitweg zien, in de wetenschap dat het hun ouders en grootouders ook niet gelukt is, zullen hun toevlucht nemen tot geweld, drugs, fundamentalisme en terrorisme.

De geglobaliseerde economie zou vraag en aanbod in evenwicht houden door het vaststellen van een marktprijs. De moderne economie heeft alles aan prijsvorming onderworpen, zelfs iets wat zo noodzakelijk is om te leven als water. Water was vroeger iets gemeenschappelijks, vrij verstrekt door natuur en samenleving, en kost nu geld. Daarom zullen er altijd miljoenen zijn die geen toegang hebben tot basisgoederen en -diensten. Als we het erover eens zijn dat het wereldwijde model van producten- en dienstenverstrekking niet in staat is arme mensen te bereiken – anders zouden ze niet arm zijn –, moeten we ervoor zorgen dat mensen in de ‘armoedecorridors’ op hun eigen behoeften kunnen inspelen met wat zij hebben. Dat is geen verwerping van de geglobaliseerde economie, maar eerder een reactie op het onvermogen van de huidige geglobaliseerde economie tot inclusiviteit. Als het leveringsproces zo is ontworpen dat het faalt, hebben we maar één optie en dat is het model te veranderen en te komen tot een nieuwe markteconomie.

De eerste reactie op die eenduidige conclusie is: dat is onmogelijk. De uitleg is dat als het wel mogelijk was, het allang gebeurd zou zijn en zo zijn uitgebreid dat iedereen was bereikt. Maar als een nieuw bedrijfsmodel fundamenteel anders is dan modellen die eerder zijn toegepast, is het niet waarschijnlijk dat het in het eerste jaar, of binnen de eerste tien jaar mondiaal ingang zal vinden. Het heeft meer dan een eeuw geduurd voordat de denkbeelden van de economen van de vrijhandel, Adam Smith, auteur van *The Wealth of Nations*, en David Ricardo, aan wie de theorie van het comparatief voordeel wordt toegeschreven, als de heersende economische logica werden aanvaard. Waarom moet de voor-

gestelde oplossing dan nu direct wereldwijd bewezen worden? We moeten micro-economische casestudy's opbouwen voordat we macro-economische conclusies trekken.

Inspelen op basisbehoeften

Bedrijfsmodellen die met wat plaatselijk voorhanden is inspelen op basisbehoeften van mensen, zouden tot verbeterde levensomstandigheden kunnen leiden. Maar het verdiende geld mag niet wegvloeien en dient in de gemeenschap te blijven circuleren. Als mensen hun met hard werken verdiende honderd dollar in handen hebben, gebruiken ze dat geld om hun dringendste noden te verlichten. Het geld moet plaatselijk worden uitgegeven en ook in de volgende behoefte moet plaatselijk worden voorzien. Dat leidt tot een katalyserend effect in de plaatselijke groeicyclus. Naarmate er meer geld circuleert wordt de plaatselijk geproduceerde portefeuille van goederen en diensten steeds gevarieerder, zodat meer geld sneller van hand tot hand gaat en meer in de vorm van kapitaal in de gemeenschap blijft. In potentie is dat een dubbelcijferig groeimodel. Als het met werk ontvangen geld niet in de gemeenschap blijft circuleren, stroomt het weg en wordt de groei belemmerd.

Het groeimodel (1) speelt dus in op basisbehoeften, en (2) laat het zuurverdiende geld plaatselijk circuleren. Daardoor kan dubbelcijferige groei haalbaar worden.

Uiteraard is het de vraag hoeveel menselijke vaardigheden, kapitaal, materialen en energie plaatselijk voorhanden zijn om deze transformaties in een snel tempo te realiseren. Leidt die voorgestelde dubbelcijferige groei niet tot tekorten, prijsverhogingen en zelfs import? Natuurlijk zijn er beperkingen en zullen er uitdagingen blijven bestaan. Maar het huidige standaardisatie- en globalisatiemodel, dat berust op een eindeloos streven naar kostenbesparing, houdt arme mensen arm, omdat alle geld dat ze aan consumptie besteden uit de gemeenschap wegstroomt.

Beseffen we dat arme mensen in Zuid-Afrika die met minder dan 2500 dollar per jaar moeten overleven, 34 procent van hun koopkracht voor voedsel reserveren; en dat degenen die met 600 dollar per jaar overleven 47 procent aan voedsel uitgeven? En dat elk voedingsmiddel dat ze consumeren van buiten de gemeenschap komt?

Hoeveel vragen er ook rijzen, het gaat er vooral om dat deze notie van inclusieve groei verder wordt uitgewerkt en wordt toegepast op de behoefte aan huisvesting in Afrika. De ontwikkeling van het geval hieronder is niet hypothetisch, maar een afspiegeling van de werkelijkheid en een bevestiging van het voornemen om te slagen. Hoewel elk van de genoemde programma's ergens geïmplementeerd is, is de mogelijke omvang van de investeringen en het potentiële effect nog nergens gehaald. Maar het moment dat dat wel wordt be-

reiktis nu gekomen. We passen de boven beschreven principes en logica toe tegen de achtergrond van een project voor vastgoed en gemeenschapsontwikkeling van 31 vierkante kilometer en presenteren een geval dat anderen zal inspireren zich aan te sluiten bij het proces en om ervan te leren; dat wil zeggen: om een van de meest ambitieuze initiatieven voor inclusieve ontwikkeling te realiseren.

Een nieuw model voor het leveren van huizen

Iedereen die door een krottenwijk loopt, voelt hoe in die troosteloze wereld waardigheid ver te zoeken is. De bewoners hebben het recht om ongeduldig en verontwaardigd te zijn. Er zijn veel innovatieve bedrijfsmodellen om op basisbehoefte in te spelen. We moeten een keuze maken en beslissen welke richting we uit willen. Het eerste bedrijfsmodel dat ingrijpend moet worden veranderd is het leveren van betaalbare huisvesting. Zuid-Afrika is een jonge democratie met een jonge bevolking en een snel toenemende verstedelijking. Er is een groeiende behoefte aan onderdak. De regering heeft een lange lijst van mensen die wachten op een huis en erkent dat ze op zijn minst 2,3 miljoen huizen moet leveren om de armoede uit te bannen.

De Zuid-Afrikaanse regering wil graag in de behoeften voorzien maar heeft de verwachtingen niet kunnen waarmaken. Na een nauwkeurige inschatting van de situatie is het duidelijk dat de regering daarvoor geen blaam treft; we moeten het heersende bedrijfsmodel de schuld geven. Wanneer een vastgoedproject wordt bedacht, nemen de investeerders nog voordat het eerste huis gebouwd wordt alle kapitaalwinst weg en laten het aan de aannemers over de huizen snel en goedkoop te bouwen. De hele zaak kan als volgt worden samengevat: herbestemmen, verkopen en uitbetalen. Het is nodig uit de doeken te doen hoe de logica van deze geldmachine werkt, die haar gigantische financiële winsten niet deelt met de mensen die dringend behoefte hebben aan onderdak en die in een duurzame gemeenschap willen leven.

Hoe gaat het in zijn werk? Eerst nemen investeerders het land over via opties, bij voorkeur opties op landbouwbedrijven die de grond hebben uitgeput en alle productiviteit zijn kwijtgeraakt. De optieovereenkomst houdt in dat de investeerders het land niet kopen, maar alleen beloven het in de toekomst te kopen, tegen een vooraf afgesproken (lage) prijs. De investeerder betaalt een vergoeding voor dat recht en verder niets. Wanneer het perceel uiteindelijk door een politieke beslissing een herbestemming krijgt, wordt het land overgenomen en in de meeste gevallen door de optiehouder meteen verkocht aan een projectontwikkelaar. Het land is dan makkelijk vier tot tien keer meer waard. Zonder het volledige bedrag van de waarde van het geërodeerde land te investeren en alleen door met opties te werken worden dankzij een politieke beslissing miljarden verdiend.

Volgens het huidige bedrijfsmodel is het slechte nieuws voor toekomstige huiseigenaren dat de kapitaalwinsten (rechtmatig) uit het project worden gehaald ter verrijking van degenen die erin zijn geslaagd de opties te verkrijgen en de politieke beslissing erdoorheen te krijgen. Geen van die winsten wordt gebruikt om voor betaalbare huizen te zorgen.

Onroerend goed voor arme mensen

- 1 Landbouwgrond krijgt een herbestemming
Kapitaalwinst vloeit weg uit het project
- 2 Land zonder faciliteiten wordt bouwrijp gemaakt
Kapitaalwinst vloeit weg uit het project
- 3 Arme mensen krijgen goedkope huisvesting
Er is geen kapitaal om werkelijk betaalbare woningen te bouwen

Vervolgens wordt het kale land, vaak met openbare middelen, bouwrijp gemaakt en ontwikkeld door een nieuwe groep investeerders die de stadsplanning maken. Wanneer de infrastructuur voor water, elektriciteit en riolering is aangelegd en de bouw kan beginnen, wordt het project, dat nu klaar is om huizen op te leveren, weer verkocht aan een projectontwikkelaar. De verkoop van bouwrijp gemaakt land levert degenen die de herbestemde grond bouwklaar maken hun aandeel kapitaalwinst op. Dat betekent de tweede winstneming nog voor het eerste huis zelfs maar gebouwd is. Helaas is deze nieuw toegevoegde reële waarde hetzelfde als de eerste die uit het project wordt gehaald en op bankrekeningen wordt verzameld om nog meer geld te verdienen met geld voor de speculatie op toekomstige transacties of flitshandel in valuta. Een gefundeerde schatting geeft aan dat twintig jaar vastgoedontwikkeling in Zuid-Afrika voor slechts enkelen een bedrag aan kapitaalwinst heeft opgeleverd waarmee de kosten van alle al opgeleverde sociale huisvesting met de helft verminderd zouden kunnen worden.

Dan komt nog de woningbouwonderneming, die het huis nu moet leveren. Aangezien alle kapitaalwinst aan het project is onttrokken, is er geen kapitaal over. Sterker nog, het onttrekken van kapitaalwinst is mogelijk gemaakt door het project met schuld te belasten. Het woningbouwbedrijf moet maximaal krediet nemen en is afhankelijk van hypotheekfinanciering van de eindconsument om de schuld af te betalen en winst te maken. De schuld van de ontwikkelaar en de al opgestreken kapitaalwinsten van de speculanten worden betaald met de consumentenfinanciering van de eerste huiseigenaar die nu zijn betaalbare woning heeft.

Het woningbouwbedrijf verdient marginaal en zijn rendement is afhankelijk van of het in staat is van aanbidders elke cent los te persen. De opgeleverde gebouwen zijn beslist geen gezellige woningen. Ze bieden onderdak zonder de vereisten die nodig zijn om een gemeenschap op te bouwen. Om een zo laag mogelijke kostprijs te krijgen, worden materialen aangeschaft bij de laagste bieder, en die hoogstwaarschijnlijk niet in Zuid-Afrika gevestigd is. Dat betekent dat de bouwmaterialen, apparatuur en installaties van over de hele wereld worden betrokken. Hoewel dat past bij de logica van goedkope huisvesting, neemt het ook de totale waarde van een kapitaalsinvestering die men maar eens in zijn leven doet uit de gemeenschap weg. Het is toch onmogelijk dat een volgens deze logica uitgevoerd huisvestingsprogramma mensen uit armoede kan tillen? Ja, het is onmogelijk omdat de arme mensen de schuld dragen die dient om de kapitaalwinsten te betalen die uit het project worden onttrokken!

En als je het principe zou toepassen dat er met lokaal voorhanden middelen werd ingespeeld op de plaatselijke behoefte aan huizen, uitgaande van het kapitaal dat wordt gegenereerd door de bestemming van een stuk land te veranderen? Stel je eens voor dat de kapitaalwinst niet uit het project wegvloeit maar er integraal deel van gaat uitmaken? Dat zorgt ervoor dat niet de laatste cent van elke aanbieder wordt losgeperst, maar dat er middelen en bronnen beschikbaar komen om lokale aanbidders redelijke prijzen te betalen. Dat garandeert dat de investering van 25.000 dollar in een eerste huis ook een injectie van hetzelfde bedrag in de plaatselijke economie is. Dat komt neer op een bestaan voor vijf kostwinners die nu kunnen streven naar de aankoop van een huis. Mooier nog, als de materialen lokaal worden geleverd, circuleert het geld lokaal en wordt de financiële situatie van dit huisvestingsinitiatief versterkt, aangezien de kapitaalwinst ter plaatse blijft. Bovendien kunnen de huizen nog goedkoper aan de eerste eigenaar worden verkocht! Dit is een nieuw bedrijfsmodel.

Dit bedrijfsmodel is niet tegen een beloning van kapitaal. Het is ervoor om kapitaalverstrekkers en speculanten de open vraag te stellen: 'Hoeveel is genoeg?' Zouden de investeerders die de opties tekenden en de stukken land kochten bereid zijn om in plaats van tweemaal 1 miljard of meer met een aanlokkelijke transactie te verdienen, slechts 300 miljoen te verdienen en de overige 700 miljoen in te zetten voor het verstrekken van betaalbare huisvesting en infrastructuurle voorzieningen, die nu lokaal worden uitgevoerd en waarbij de oorspronkelijke investeerders nog altijd partners zijn? En het belangrijkste, zijn de investeerders die van het begin tot het einde bereid blijven een veelvoud van het bedrag te verdienen, overgeheveld naar betaalbare huisvesting en extra inkomen dat wordt gegenereerd vanuit de nieuwe inkomstenstromen, zoals hieronder beschreven?

Het besluit om landbouwgrond buiten de stad te veranderen in bouwgrond binnen de stadsgrenzen is een politieke beslissing. Kunnen we het erover eens zijn dat als en wanneer er zo'n belangrijke (en winstgevende) beslissing wordt genomen, de opbrengsten in de eerste plaats zouden moeten gaan naar de mensen die deze functionarissen vertegenwoordigen? Kunnen we het erover eens zijn dat een rendement van tien of misschien wel vijftig keer genoeg is, in plaats van driehonderd tot vijfhonderd keer de waarde van de opties te verdienen? Zouden investeerders tevreden zijn om drie tot vijf keer het oorspronkelijke bedrag te verdienen? Dit krachtige argument zal niet met open armen worden ontvangen door traditionele bedrijven voor vastgoedontwikkeling die al tientallen jaren rijkdom vergaren. Kapitaalwinsten redelijk houden is maar een eerste component van dit nieuwe bedrijfsmodel. We moeten elke component opnieuw overwegen en tegelijkertijd inkomen genereren voor investeerders en arme mensen, bij elke behoefte waar we lokaal in kunnen voorzien.

Lokale producten

Hoeveel staal en cement is er nodig om een huis te bouwen? Een vertegenwoordiger van de bouwers van lichte staalconstructies en de cementmengers zou zeggen dat een huis de toets van de tijd niet kan doorstaan zonder hun materialen. Soms moeten we ons laten inspireren door de grootste architecten van de moderne tijd die de regels van het spel hebben veranderd. De Amerikaanse architect Frank Gehry behoort beslist tot de uitzonderlijke scheppers van vorm en schoonheid. Weinig mensen beseffen dat cellulair glas essentieel is voor zijn gebouwen. Cellulair glas, of foamglas, kan worden gemaakt van nieuw materiaal of van gerecycled glas dat wordt verhit en geïnjecteerd met CO₂ zodat koolstofneutrale bouwmaterialen ontstaan die licht, goedkoop, zuur- en brandbestendig zijn, en als constructiemateriaal deel uitmaken van een prefab-bouwsysteem.

De armoedecorridors hebben problemen met afvalbeheer en er is glas in overvloed om te recyclen. Momenteel betaalt recyclen zich niet uit. Als cellulair glas kan worden toegepast in de kernstructuur van betaalbare huizen creëert deze bouwtechniek waarde uit niets, terwijl het glas niet op de plaatselijke stortplaats terecht komt. Het gaat niet om het recyclen van afval! Met cellulair glas krijg je huizen van een hogere kwaliteit tegen een lagere prijs en er ontstaan extra banen die extra geld in omloop brengen. Er hoeven geen brandvertragers te worden gebruikt en het levert isolering op, iets wat nooit deel uitmaakte van de normen voor betaalbare woningen. Daar zal Frank Gehry niet aan gedacht hebben bij het ontwerpen van het Guggenheim Museum in Bilbao, dat een miljoen bezoekers naar Baskenland heeft getrokken, een regio die tientallen jaren geteisterd werd door terrorisme, waarbij meer dan duizend slacht-

offers vielen. Het plaatselijk upcyclen* van afval tot bouw materiaal is een van de vele initiatieven waarmee gemeenschappen hun huisvestingsprogramma's zouden kunnen veranderen in een van de vele motoren voor economische groei.

Van handelen tot stromen

Laten we eens kijken hoeveel er te verdienen is met het verkopen van een huis en het afsluiten van een hypotheek, en dat vergelijken met de potentiële inkomsten die de komende 25 jaar gegenereerd kunnen worden met de verkoop van water, voedsel, energie, afvalbeheer, mobiliteit en allerlei andere zaken die diezelfde gemeenschap nodig heeft. Als die gemeenschap elektriciteit koopt van een nationale monopolist, dan verlaten de aan energie uitgegeven gelden de gemeenschap. Een alternatief zou een nieuw lokaal gelijkstroomnet kunnen zijn, dat transmissieverliezen en stroomdiefstal kan uitschakelen en kan verzekeren dat alle elektriciteit lokaal en duurzaam wordt gegenereerd. Overtollige productie wordt opgeslagen in water dat omhoog wordt gepompt en plaatselijk wordt bewaard, waarbij met behulp van de zwaartekracht energie wordt teruggewonnen in pijpturbines en hittepompen die water van 90°C ontvangen en het op 40°C afleveren, waardoor het netwerk tegen lage kosten wordt gevoed. Nu laat dat gelijkstroomstelsel energie en geld door een groeiende plaatselijke economie circuleren.

Meestal verplicht de staat energiebedrijven tegen marginale kosten, of zelfs gratis, een minimale stroomvoorziening voor arme mensen te garanderen. Voor monopolisten, ofwel door de staat gecontroleerde ofwel geprivatiseerde energiebedrijven, is het erg moeilijk in deze armoedecorridors geld te verdienen. Wanbetaling van de rekeningen van nutsbedrijven komt vaak voor en door het aftappen van stroom wordt de levering van elektriciteit aan de bodem van de piramide een verliesgevende operatie. Om minimale stroom te leveren is regeringssubsidie nodig en/of kruissubsidiëring door de hogere tarieven die de industrie en huishoudens betalen. Omdat het huidige leveringsmechanisme niet werkt en ook geen geld oplevert, en de armen niets geleverd krijgen, is de beste manier om dit op te lossen dat arme mensen hun eigen energie opwekken.

Stroom is cruciaal, maar water is even belangrijk. Het is een kostbare operatie om ze elk afzonderlijk te installeren en te laten werken. Gecombineerde levering biedt een waaier aan oplossingen. De combinatie van water en stroom

* *UpCycling* was de titel van het boek dat in 1999 verscheen bij het Duitse Riemann Verlag, waarin ik laat zien dat we verder moeten gaan dan recyclen. Het eindproduct moet meer waarde hebben dan het oorspronkelijke en dat is alleen te bereiken als het in een andere sector wordt gebruikt.

is niet alleen een financieel haalbaar leveringssysteem, maar ook een ideaal platform voor het opbouwen van een netwerk van nieuwe micro-, kleine en middelgrote bedrijven. Helaas werken regeringen en bedrijven langs elkaar heen. Water wordt afgehandeld door waterdeskundigen, stroom is het terrein van elektriciteitsexperts. Beleidsmakers begrijpen niet en bedrijfsstrategen kunnen zich niet voorstellen dat de combinatie van water en energie de plaatselijke economie groei oplevert en ervoor zorgt dat basisvoorzieningen meer winst gaan opleveren dan het huidige standaardrendement. Anders gezegd, elektriciteit en water zijn niet alleen essentieel, maar hebben ook een katalyserende functie doordat ze investeringen stimuleren die groei in armoedecorridors mogelijk maken.

Het vervullen van basisbehoeften

Stroomleidingen die wisselstroom naar een wijk doorgeven worden afgetapt door plaatselijke burgers die niet betalen; erger nog is het dat er zo inkomsten uit de gemeenschap wegvloeien en mensen hun leven riskeren. Johannesburg lijdt jaarlijks 260 miljoen dollar schade als gevolg van stroomdiefstal. De maatschappelijke situatie is zodanig dat strafbaarstelling politiek onhaalbaar is. Bovendien betalen degenen die wel een meter hebben hun rekening vaak niet. Geen enkele stad kan het zich permitteren in vijf jaar stadsbestuur meer dan 1 miljard aan elektriciteitsinkomsten te verliezen. Als beleidsmakers of ontwikkelaars die situatie willen verbeteren, moeten ze gaan denken over een fundamentele verandering van het bedrijfsmodel. De technologieën en het bedrijfsmodel moeten verbeteren zonder mensen uit te sluiten die rechtmatig toegang hebben tot de energie die ze nodig hebben om te leven. Hoewel ingenieurs dat voorstel misschien wel niet zullen waarderen, zijn wij sterk voor het creëren van honderden of misschien wel duizenden slimme gelijkstroomnetten in de armoedecorridors. Hoewel zo'n slim net er heel anders uitziet dan het idee dat op internationale fora naar voren wordt gebracht, is het op gelijkstroom gebaseerde energiedistributienet beschermd tegen piraterij.

Het indammen van piraterij en het betrekken van de plaatselijke gemeenschap bij de energie-economie is niet de enige reden om van wisselstroom naar gelijkstroom over te stappen. Van de elektrische apparaten in krottenwijken werkt 80 procent op gelijkstroom. Telefoons en radio's of ledlampen op gelijkstroom zijn niet alleen de energiezuinigste op de markt, maar ook de goedkoopste zodra de industrie energie van 220 volt wisselstroom niet meer hoeft om te zetten naar 12 volt gelijkstroom. Als de elektronische stroomsturing vanuit energieoogpunt maar versimpeld is, kunnen we de prestaties verbeteren. Led kan bijvoorbeeld zo worden verbeterd dat het ook voor internet gebruikt kan worden. Lichtinternet, ook wel LiFi genoemd (in plaats van wifi), biedt breedbandtoegang tot internet met de snelheid van het licht. Dat lijken het soort in-

novaties te zijn die ervoor zorgen dat iedereen tegen lagere kosten goedkoop toegang heeft tot energie en het net.

Handigheid met gelijkstroom bestaat er in de townships op grote schaal. Alle auto's, met reparatiewerkplaatsen in alle hoeken van het stedelijk weefsel, lopen op 12 volt gelijkstroom. Dat betekent dat alle apparaten die momenteel worden ontworpen met omvormers en transformatoren, veel simpeler en goedkoper kunnen worden en misschien zelfs ter plaatse te maken zijn. Zo ontstaat een nieuwe energiestrategie, gestuurd door plaatselijke vaardigheid en gestimuleerd door praktijkgerichte productie. Het geld dat verloren gaat door piraterij en wanbetaling kan deels worden omgezet door middel van een investering in plaatselijke gelijkstroomnetten, van energie voorzien door hernieuwbare systemen zoals Solarus, die op een unieke manier zijn aangepast aan de meervoudige behoeften van arme mensen. De zonnecollector voor stroom- en warmteopwekking van Solarus levert warm water en elektriciteit in één eenheid. Die aanpak vergemakkelijkt een kostenefficiënte stroom- en waterlevering die veel meer economische voordelen heeft dan alleen het uitbannen van negatieve verschijnselen als illegaal aftappen, elektrocutie en wanbetaling. De negatieve spiraal verandert in effectieve groei.

Om die dubbelcijferige groei, die wordt gezien als de voorwaarde om armoede uit te bannen, te stimuleren, moet sprake zijn van meervoudige voordelen zoals ze kort worden beschreven in het voorbeeld van cellulair glas en de oplossing van Solarus voor energie en water. De technologie moet worden omgezet in een bedrijfsmodel dat meervoudige cashflows genereert en een reeks niet-financiële voordelen biedt die net zo belangrijk zijn voor de gemeenschap. Dan denk je al snel aan gezondheid. Een van de extra voordelen is de levering van gezuiverd water doordat de temperatuur in de geisers constant boven de 90 °C wordt gehouden. Geisers schakelen automatisch uit wanneer de temperatuur boven de 55 of 60 °C komt. Zijn ze bij die temperatuur een broedplaats van bacteriën? Helaas zou een veilige watertemperatuur van 70 °C te veel vragen van het nationale stroomnet en tot storingen leiden. Alleen plaatselijke oplossingen kunnen die dringende gezondheidsuitdagingen oplossen.

Van water en energie naar gezondheid

Het nieuwe bedrijfsmodel rond slimme plaatselijke gelijkstroomnetten werkt met het nationale elektriciteitsnet als back-up. De gelijkstroomnetten vormen de basis van de plaatselijke stroomvoorziening, waarbij de gedecentraliseerde productie in de eerste plaats berust op de opslag van zonne-energie en water (zwaartekracht en warmtewisselaar), waarbij wordt geprofiteerd van de overvloedige zon. Zoals voorgesteld door Harry Stokman, de Nederlandse expert op dit gebied, is er op elke tien tot vijftig huishoudens een gelijkstroom-expert die toeziet op de water- en energievoorziening en garandeert dat de rekeningen wor-

den betaald en levering plaatsvindt. Als een van de kleine netwerken kapotgaat, kan het gelijkstroomnet direct gaan leveren. Aangezien het water bij 90 °C wordt opgeslagen, vangen de warmtepompen eventuele tekorten aan energie op door de temperatuur tot 40 °C te laten dalen, waardoor de benodigde extra energie wordt gegenereerd zonder in batterijen te investeren.

Dat genereert bij een project voor gemeenschapsontwikkeling minimaal vierduizend banen en creëert het sociale kapitaal om vertrouwen op te bouwen dank zij de betrouwbare voorziening van water, gezuiverd water en energie. Toepassing van dit leveringsmechanisme onder toezicht van plaatselijke burgers maakt hen mondiger en genereert het inkomen dat anders verloren gaat. De oplossing wordt dus op gang gebracht met de 'verloren' gelden in het systeem die de energieleverancier nooit bereikten en dus nooit konden worden ingezet ten behoeve van de mensen. Er bevindt zich een fortuin aan de onderkant van de piramide, maar je moet weten hoe je dat aanboort.

Als steden overstappen op dit slimme gelijkstroomsysteem is het eerste voordeel de uitbanning van maag- en darmziekten, terwijl het in de winter zorgt voor goedkope verwarming en griep bestrijdt door betere levensomstandigheden. Verbeterde levensomstandigheden leiden tot een verhoogde productiviteit en tot betere cijfers op school. Bovendien kon de hele nieuwe waardeketen – van de water- en energiepanelen van Solarus tot de gelijkstroomnetten, versimpelde apparaten en licht, aangevuld met internet op lichtsnelheid – lokaal worden geproduceerd. Dat versterkt de plaatselijke primaire en secundaire sector en garandeert dat er in buurten met betaalbare huizen gemeenschappen ontstaan. Die elementen van stadsplanning zijn fundamenteel en makkelijk te verwezenlijken, maar telden nooit mee in de programma's van de huidige energiebedrijven, die waren gericht op kostenbesparing en hogere inkomsten.

Meervoudige cashflow

Ten minste 70 procent van het Solarus- en het gelijkstroomsysteem is lokaal te produceren en levert banen op. De opwaartse spiraal van meer banen en inkomsten en meer plaatselijke bestedingen in plaatselijke handen werkt als volgt: voor de productie van het Solarus-systeem is een frame van hittebestendig plastic nodig. Dat ondersteunt een nieuw recyclingprogramma. Tegenwoordig wordt hittebestendig plastic gerecycled met ander plastic en verkopen afvalverzamelaars het voor 50 dollar per ton aan tussenpersonen die het voor 150 dollar aan Chinese opkopers doorverkopen. Als de Solarus-eenheden ter plaatse worden geassembleerd met plaatselijk gevormde frames, gemaakt van plaatselijk gerecycled plastic dat bij de regionale vuilstortplaats wordt verzameld, verandert afval (weer) in waarde en komt er weer geld in omloop in de economie. Gelukkig wordt alle plastic tegenwoordig goed gelabeld en kunnen deze nieuwe componenten goed concurreren met aluminium uit de hele wereld, wat meer banen en inkomsten ople-

vert en steun verleent aan het argument dat we in de armoedecorridors groei kunnen creëren.

Het is een gigantische klus om vanuit het niets nieuwe industrieën te creëren. Die industriële initiatieven hebben een stevige maar kleine start nodig, met het vooruitzicht dat ze zo nodig kunnen uitbreiden. De assemblage van Solarus is zo versimpeld dat het proces rendabel is bij slechts 200 eenheden per maand. Dat staat in sterk contrast tot de 1300 eenheden gestandaardiseerde panelen per dag die nodig zijn om winst te maken op een zonnepaneel. Die uiterst lage hoeveelheid, het resultaat van het versimpelen van de assemblage en het slim toepassen van ideeën over een mondiale toeleveringsketen, beperkt het starttrisico. Nu is het mogelijk ten minste één fabriek te plannen in de Zuid-Afrikaanse provincie West-Kaap en zo welvaart te verdelen en de plaatselijke inkoop te verbeteren. Dat zal leiden tot meer inzicht in innovaties op water- en energiegebied, met behulp van effectieve communicatie: de ervaring van de arbeiders die een baan hebben en de gebruikers die stroom, gezuiverd water, heet water en misschien zelfs verwarming hebben. Zelfs wie niet kan lezen en schrijven begrijpt die nieuwe werkelijkheid volledig en kan die aan zijn bureaus uitleggen. Afgezien van gezondheid en werk, zal dit nieuwe bedrijfsmodel inspirerend zijn omdat het mensen in zeer pragmatische termen een boodschap van hoop brengt.

Alleen al in West-Kaap is er een markt van 1 miljoen eenheden mogelijk en zal naar schatting een budget van 1 miljard dat vroeger werd afgetapt nu worden gebruikt voor de gemeenschap, wat leidt tot meer inkomsten voor de stad en voor de mensen. Die cashflow en winst moeten niet naar een uitgekookte buitenlandse investeerder gaan. Die plaatselijke eenheden leveren veel voordelen op, die ons in staat stellen energie aan te bieden tegen een lager bedrag dan met kolen of kernenergie. Dat betekent dat een huiseigenaar meer koopkracht zal hebben voor uitgaven als onderwijs, waardoor het hele gezin opklimt naar de middenklasse. Die nieuwe gedecentraliseerde water- en energielevering in combinatie met lokale productie en kwaliteitscontrole maakt allemaal deel uit van het vastgoedproces met inclusieve groei dat de basis gaat vormen voor een cultuuromslag van handelen naar stromen, van het maken van deals naar betrokkenheid bij een eindeloze cashflow. De positieve impact op de gemeenschap zal deze nieuwe visie omtrent een betere toekomst versterken. Dat zal leiden tot minder geweld en de behoefte aan illegale handel verminderen.

We zijn pas begonnen met de beschrijving van een handvol initiatieven. Wanneer zich tegelijkertijd tientallen of zelfs honderden kansen ontwikkelen, zal de impact groot zijn. Daarom moet elk naar inclusieve groei strevend ontwikkelingsproject beginnen met het opbouwen van een portefeuille van kansen en die gebruiken als een krachtig middel om kapitaal te mobiliseren voor meer dan alleen vastgoed, met als doel betaalbare huizen te bouwen. Het gaat erom een nieuwe gemeenschap te laten groeien. Wanneer we de impact zien als we het

over energie en water hebben, wat zou de impact dan wel niet zijn als we dat doortrekken naar voedsel, gezondheid, cultuur en educatie, mobiliteit en werkgelegenheid?

Voeding, hygiëne en gezondheid

Fruit, groente, granen en vlees zijn producten geworden die op wereldschaal worden geproduceerd en geleverd. Zaden en dierlijk sperma zijn in handen van weinigen, de oogst wordt verhandeld door weinigen, verwerkt door weinigen, geïmporteerd door weinigen, en maar weinigen plukken er de vruchten van. Hoewel het streven om te wereld te bevrijden van honger moet worden toegejuicht en de vastbeslotenheid van veel organisaties die daaraan werken bewondering verdient, mag dat geen kans voor weinigen worden om over de rug van armen meer te verdienen. In de afgelopen jaren is de ondervoeding in Afrika in absolute cijfers gegroeid, terwijl in Azië het aantal gezinnen dat onder voedselonzeekerheid lijdt licht is afgenomen. Het verschil tussen de twee werelddelen is dat arme mensen in Azië erin zijn geslaagd nettoleveranciers van voedsel te worden, waardoor ze zelf in hun levensonderhoud kunnen voorzien en hun overschotten op de markt kunnen verkopen.

Dat is in Afrika ook nodig. Het continent heeft een snel groeiend aantal stedelijke armen die wonen in krottenwijken met een bevolkingsdichtheid van meer dan 20.000 mensen per hectare. Daardoor is ter plaatse weinig of geen ruimte over voor landbouw. De vraag naar sociale voorzieningen, van crèches tot ziekenhuizen, riolering en drinkwater, is zo groot dat de meeste gemeenten het niet kunnen betalen om er voldoende aan te leggen. Tenzij de voedselzekerheid tegelijkertijd met de hygiëne en gezondheidszorg wordt aangepakt, zullen deze voorzieningen in stedelijke gebieden net zo ontoereikend zijn als die voor water en stroom. Afzonderlijke strategieën om afzonderlijke doelen aan te pakken zullen mislukken. Het leveren van voedsel, hygiëne en gezondheidszorg aan arme mensen kan alleen worden opgelost met een geïntegreerd bedrijfsmodel.

Nieuwe vastgoedontwikkeling binnen stedelijke grenzen moet voorzien in 90 procent voedselzekerheid. Dat is haalbaar als open ruimtes worden voorzien van een gestage stroom bodemverrijking. Voedselzekerheid is niet alleen een kwestie van voeding, het is ook een strategie om ervoor te zorgen dat er geld circuleert en in de gemeenschap blijft dankzij interne voedselvoorziening. Door de hoge bevolkingsdichtheid zijn de kosten van distributie en verpakking minder. Gevestigde programma's voor het kweken van eetbare paddenstoelen op koffie- en theeafval bieden een eerste platform om een scala aan eiwit voor menselijke en dierlijke consumptie te garanderen. Bij de verwerking van koffiedrab en gebruikte theebladeren tot substraat voor paddenstoelen wordt gebruikge maakt van een kleine stroom bioafval van huishoudens. Maar in de plaatselijke

economie werkt het als katalysator. Elke kilo vochtige koffie- of theeresten kan weer een kilo eetbare paddenstoelen produceren, wat een verscheidenheid aan essentiële aminozuren oplevert, terwijl de resten die overblijven na de paddenstoelenoogst ideaal zijn als kippen- of geitenvoer.

Het kweken van paddenstoelen gaat snel en makkelijk en geeft binnen een paar weken resultaat. Groentetuinen in de stad, eetbare struiken en eetbare parken kunnen onderdeel vormen van de algemene stadsplanning; kern is de voortdurende circulatie van voedingsstoffen en energie. Een van de essentiële grondstoffen zijn menselijke uitscheidingsproducten. Die worden door velen gezien als een kostenpost omdat er veel geld nodig is voor de zuivering, maar voor anderen ligt hier een kans. Weinigen kunnen zich voorstellen dat bedrijfsmodellen die voortkomen uit een proces van afvalbeheer zijn gericht op het garanderen van gezondheid, voedselzekerheid en werkgelegenheid op de lange termijn. Bovendien zorgen ze ervoor dat er een verrijking plaatsvindt van de bovenste bodemlaag, iets waar altijd meststoffen voor nodig waren die de meeste bewoners van krottenwijken niet kunnen betalen.

Tegenwoordig is het normaal om een toilet door te spoelen met water. Een droog toilet is voor de meeste burgers een anachronisme, ook al wordt een derde van het drinkwater in stedelijke gebieden door de wc gespoeld, waarschijnlijk een van de minst doelmatige manieren om deze schaarse grondstof te benutten. Kleine kinderen zijn de enige gezinsleden die niet naar de wc gaan en doortrekken. Luiers worden algemeen gebruikt en hoewel dat misschien een beetje water bespaart, is het ook een groeiend probleem voor het afvalbeheer in de steden. Beheerders van stortterreinen over de hele wereld voorspellen dat wel 8 procent van het vaste afval zal bestaan uit luiers. Deze artefacten van het moderne leven, voor de Tweede Wereldoorlog uitgevonden in Zweden, werden al snel een symbool van moderniteit. Het probleem is niet alleen het volume, de moderne luiers absorberen ook heel doeltreffend urine. Geen ouder spoelt om het gewicht te beperken het vocht uit de acht- tot tienduizend luiers die een kind gebruikt voordat het zindelijk is.

Kinderen die nog niet zindelijk zijn moeten we nooit als probleem beschouwen. Oncomposteerbare plastic luiers moeten als het probleem worden gezien. Er zouden afbreekbare plastics kunnen worden gebruikt. Anders dan dure plastic luiers, zijn lokaal geproduceerde en verspreide luiers veel goedkoper. Per saldo vertegenwoordigen composteerbare luiers het begin van een proces dat de teelgrond herstelt en inkomsten en banen creëert. Ayumi Matsuzaka, experimenteel wetenschapper bij de Botanische Tuin van Berlijn, heeft laten zien dat een dagelijkse dienst voor het produceren, bezorgen en ophalen van luiers die vervolgens met houtskool worden gecomposteerd. Met deze compost kan op een snelle, gezonde en veilige manier de bovenste bodemlaag weer worden aangevuld.

De luiereconomie levert geld op. De tienduizend luiers die een kind in zijn eerste levensjaren vuil maakt produceren ongeveer drie ton aarde van hoge kwaliteit, die de aanplant van fruitbomen op uitgeputte bodem kan ondersteunen. Eigenlijk zouden luiers een gezin niets moeten kosten, ze zouden een investering moeten zijn die wordt geoogst in de vorm van fruit. Wanneer de baby is opgegroeid tot tiener beginnen ongeveer duizend fruitbomen vrucht te dragen, genoeg voor een overvloedige oogst voor tientallen jaren daarna. Waarom zou je bij de geboorte van een kind maar één boom planten als een baby voldoende voedsel voor wel duizend bomen produceert?

Dit vereist stadsplanning met stadslandbouw en eetbare tuinen in de stad, gecombineerd met stedelijke industrieën die voor een markt voor groen plastic zorgen. Dit kan alleen slagen met een bedrijfsmodel dat van de verkoop van plaatselijk geproduceerde luiers met afbreekbaar plastic uitgroeit tot een systeem dat op uitgeputte grond teelaarde creëert, zorgt voor voedselzekerheid op lange termijn en kooldioxide opslaat.

Wanneer je de omvang en reikwijdte van activiteiten in de nieuwe gemeenschappen voorziet en weet dat het gebied wordt bezaaid met fruitbomen, in een tempo van duizend per pasgeborene, bestemd voor maatschappelijke en economische ontwikkeling, dan zie je weer een nieuwe kans: brood! Het bakken van brood is zo geïndustrialiseerd dat de plaatselijke bakkerijen zijn verdwenen of zich beperken tot het opwarmen van voorgebakken en voorgemengd diepvriesdeeg. Er zijn diverse initiatieven geweest om de plaatselijke bakkerij te doen herleven, en die zijn vrijwel allemaal mislukt. De reden daarvoor is dat als een kleine bakkerij het probeert op te nemen tegen een mini-industriële, ze de concurrentie niet aankan. Om als plaatselijke bakkerij mee te kunnen, moet ze het bedrijfsmodel veranderen, te beginnen bij het deeg.

De recente successen met lokale bakkerijen in Mexico en Algerije laten zien dat brood goedkoper moet zijn en meer voedingswaarde moet hebben. Dat is bereikt door overeenkomsten met fruitverwerkingsbedrijven (van bijvoorbeeld avocado in Mexico of druiven in Algerije). Alle pitten worden gedroogd, gemalen en door het broodmengsel gemixt, tot wel 25 procent. De logica van lokale economische ontwikkeling is altijd hetzelfde: gebruik wat je hebt en zorg ervoor dat het geld dat dagelijks aan brood wordt uitgegeven circuleert in de plaatselijke economie. Er is berekend dat er op elke 50 tot 100 huishoudens een bakkerij zou kunnen komen die 's nachts de overvloedige energie van het plaatselijke netwerk gebruikt en elke ochtend vers brood levert. Dit vormt een ideaal platform voor micro-ondernemingen.

Een huisvestingsprogramma dat ernaar streeft 200.000 gezinnen een woning te bieden, zoals in West-Kaap, moet ten minste 2000 bakkerijen plannen, die naar schatting 3000 banen opleveren. De industriële versie van diezelfde leveringsketen genereert op zijn hoogst 100 banen en besteedt een derde aan trans-

port, verpakking, marketing en distributie. Door 25 procent van het deeg te vervangen door gemalen vruchtenpitten en bijkomende kosten te schrappen, wordt de plaatselijke bakkerij concurrerend en genereert ze 30 keer zo veel werkgelegenheid. Als de sociale woningen bovendien vlak bij de tarwe- en maïsproductie zouden staan, kan de toegevoegde waarde van kleine bakkerijen concurreren met industriële bedrijven, terwijl het verrijkte en mineraalrijke brood een veel betere kwaliteit heeft dan wat industriële spelers kunnen bieden.

Het aantal gecreëerde banen, op basis van wat beschikbaar is aan cashflow, kapitaal, materialen, menselijk potentieel en zelfs afval, laat al een beetje zien hoe een lokale economie een mondiale kan verslaan. Deze schets van enkele mogelijkheden bevestigt dat lokaal aanbod kan voorzien in de vraag, waardoor lokaal waarde wordt gegenereerd en werkgelegenheid ontstaat die sparen en de opbouw van sociaal kapitaal mogelijk maakt. Er zijn nog honderden kansen meer en die op de volgende bladzijden ondersteunen de leus:... en het is nog maar pas begonnen!

Afvalbeheer en energie

De organische component van vast afval bedraagt naar schatting gemiddeld 50 procent. Hoe armer mensen echter zijn, des te lager het anorganische deel. Biologisch afbreekbaar, hernieuwbaar en organisch afval hoort niet thuis op een stortplaats, noch in een verbrandingsoven. Een betere aanpak is de extra organische stoffen uit het afval van de bodem van de piramide te benutten om meer waarde te genereren. Gezondheid is een belangrijk punt van zorg en daarom moet alle afval, met uitzondering van koffie en thee die bij het gebruik zijn gesteriliseerd, gedroogd worden. De ideale behandeling is anaerobe vergisting, dat wil zeggen dat methaanproducerende bacteriën de massa mineraliseren en deze inert maken door biogas te produceren dat voor twee derde bestaat uit methaan en voor een derde uit CO₂. Voor die bacteriële vergisting is een stabiel, betrouwbaar en divers aanbod van organisch materiaal nodig dat door middel van slimme chemie wordt gemengd. Slib van de afvalwaterzuivering kan op een slimme manier worden gecombineerd met organisch afval van huishoudens, voedselmarkten en lokale, kleinschalige agro-industriële verwerkingsbedrijven. Die slimme chemie zorgt voor wel vier keer meer biogas dan wanneer het slib of organisch afval afzonderlijk wordt vergist of wordt gemengd zonder rekening te houden met de versterkte reacties.

Als in de plaatselijke economische ontwikkeling glas, zoals genoemd, wordt gezien als grondstof voor de bouwindustrie, is er CO₂ nodig. Dat gasmolecuul kan worden onttrokken aan het biogas van de vergister. Er is geen externe bron nodig, maar het cellulaire glas kan nu volledig lokaal worden geproduceerd. Productie-ingenieurs moeten de voorspelbaarheid van de leveringsketen van goederen en materialen bestuderen. Het vergistingsproces is hierin

heel bemoedigend, want het vormt een van de veiligste en betrouwbaarste leveringen van grondstoffen: op de dag dat er geen slib of biomassa-afval meer is, is er geen levende gemeenschap meer. Voor het opzetten van nieuwe industrieën die afhankelijk zijn van veilige en voorspelbare materiaalstromen is het essentieel om door middel van wiskundige modellen te kunnen voorspellen hoeveel inkomen en hoeveel werkgelegenheid er verwacht mag worden bij het voorzien in de directe behoeften van de plaatselijke gemeenschap.

Consumptiegoederen met een korte levensduur

Bij de nieuwbouwzones moeten geiten en kippen worden gefokt. Als gevolg van de vogelgriep heeft de wereld weliswaar enkele hygiënelessen geleerd, maar het integreren van de lokale productie van dierlijk eiwit zorgt voor voedselzekerheid en is weer een katalyserende factor in plaatselijke economische groei. Geitenboeren op de Canarische Eilanden, kleinschalige boerderijen met maximaal vijftig dieren, hebben de hoogste productiviteit bij de melkproductie. Geitenmelk wordt als gezonder beschouwd dan koemelk, omdat ze minder lactose bevat en de chemische structuur ervan lijkt op moedermelk. Ook hebben geiten magerder vlees. Om zo veel mogelijk waarde te genereren heeft elke kleine geitenboerderij in de stedelijke omgeving een cluster van bedrijven nodig.

Geitenmelk heeft de hoogste waarde als ze wordt gebruikt in roomijs! Als plaatselijke boeren samenwerken met een keten van lokale coöperaties om de melk tot kaas, yoghurt en ijs te verwerken, in het bedrijfsmodel waarbij een boer 10 procent van de uiteindelijke consumentenprijs ontvangt, verdienen plaatselijke boeren meer geld dan ooit haalbaar was. Wanneer geiten en kippen worden geslacht in een lokale slagerij kan het slachtafval worden omgezet in eiwit via het kweken van larven van de zwarte soldaatvlieg, de productiefste eiwitproducten die er bestaan. Het Zuid-Afrikaanse bedrijf AgriProtein uit Kaapstad heeft bewezen dat dit haalbaar is in stedelijke en semi-stedelijke gebieden, wat de eerdere ervaringen van het Sonhai Center in Porto Novo, Benin bevestigt. Hygiëne, veehouderij, voedselproductie en voeding gaan hand in hand met economische groei die erop gericht is mensen uit de armoede te tillen. Diezelfde vlieg kan ook doeltreffend menselijke uitscheidingsproducten (toiletwater en ontlasting die niet met water is gemengd) behandelen en zodoende een andere kostbare post op elke stadsbegroting helpen oplossen. Het proces heeft elke hygiënische toets doorstaan tot en met de goedkeuring van de Europese Unie.

De portefeuille van kansen om voedselzekerheid binnen de stadsgrenzen te organiseren is enorm. Het valt niet te ontkennen dat alle productieve industrieën behoefte hebben aan investeringen. Alle projecten kunnen fondsen aantrekken, mits ze de aanwezigheid kunnen aantonen van vraag, een voorspelbare cashflow, een bekende kapitaalinjectie, een duidelijk break-evenpoint en hel-

derheid over de maatschappelijke impact. Maar als we niet tot een gezamenlijk inzicht kunnen komen over de voordelen van een economische ontwikkeling door de methode per geval op de achterkant van een bierviltje uit te leggen, dan komt inclusieve groei niet snel op gang. Het implementeren van deze initiatieven mag niet worden onderworpen aan een star plan of het spelen met Excel-spreadsheets. Inclusieve groei wordt veeleer gedreven door grote motivatie, gerichtheid op plaatselijke middelen die nog meer toegevoegde waarde creëren; inclusieve groei speelt in eerste instantie in op fundamentele behoeften en zorgt ervoor dat het geld op de allereerste plaats in de plaatselijke economie circuleert. Bedenk, de uitdaging is $dier < g!$

Mobiliteit en werkgelegenheid

In het gangbare model beginnen arme mensen die in krottenwijken wonen elke ochtend aan een lange reis op zoek naar werk of op weg naar hun baan. De kern van armoede is dat er geen banen zijn. Miljoenen mensen maken een reis van twee tot drie uur (heen), die ze tot een derde van hun magere inkomsten kost, om op hun werk te komen. Behalve dat dit een verspilling is van tijd, energie en middelen, is het ook onzinnig. De werkgelegenheidslogica in industriegebieden heeft voor een deel te maken met de traditionele indeling van steden in woon-, winkel- en industriewijken, willekeurig verdeeld volgens een masterplan van stedenbouwers die nauwelijks ervaring hebben met het plannen van inclusieve groei. Het resultaat is dat arme mensen in groten getale in lege gebieden neerstrijken en genoodzaakt zijn zelf de weg naar hun werk te organiseren.

Het groeipotentieel om mensen uit hun armoede te tillen wordt nog eens aangetoond door de ondoelmatige manier waarop financiële middelen worden ingezet. In Zuid-Afrika woont den alleenstaande moeder van vier kinderen in de leeftijd tussen drie en twaalf meestal in bij haar eigen moeder. Ze is dagelijks vijf uur kwijt met heen en weer reizen naar haar werk als schoonmaakster van kantoren. Die reizen kosten bijna 30 procent van haar maandsalaris van 1900 Zuid-Afrikaanse rand (ZAR), gelijk aan 190 dollar. Ze gaat om vijf uur 's ochtends thuis weg om om halfacht op het kantoor te zijn, te beginnen met twee kilometer lopen naar de standplaats van de taxi die haar naar het station brengt. Na aankomst op het station van bestemming neemt ze weer een taxi. Wanneer ze om vier uur van haar werk komt, is ze soms pas om zeven uur thuis, omdat de treinen vaak vertraagd zijn. Ze besteedt meer dan 700 ZAR per maand aan vervoer en is bijna honderd uur onderweg. De inefficiënties waar een privé-huishouden wordt onderworpen, zouden in de industrie volledig onaanvaardbaar zijn. Toch externaliseren bedrijven, en werkgevers in het bijzonder, de mobiliteitskosten en verwachten ze dat de gemarginaliseerde arbeiders die zelf dragen.

Mensen met de laagste inkomens die in de informele economie werken be-

steden momenteel 30 procent van hun inkomen aan vervoer. In de Zuid-Afrikaanse context kan een derde van het inkomen worden omgezet in een obligatie, die inhoudt dat de vervoerskosten (700 rand per maand) gelijkstaan aan de waarde van de obligatie (210.000 rand) waarmee een huis kan worden aangeschaft. Met minder afstand tussen werk en woning zou het geld om heen en weer te reizen van een kostenpost worden omgezet in bezit. Het totale bedrag dat in de loop van 25 jaar omgezet kan worden van uitgaven in kapitaal voor de geplande 200.000 huizen in West-Kaap bedraagt 40 miljard rand (ongeveer 4 miljard dollar). Terwijl dit laat zien dat er 'fortuin op de bodem van de piramide' is, bevestigt het ook de opvatting dat arme mensen de mogelijkheid hebben hun 'stad der vreugde' te creëren. Het is moeilijk om de kracht van de kleine getallen te begrijpen en nog moeilijker om te bevatten wat dit getal vertegenwoordigt in het vooruit helpen van nieuwe toetreders tot de middenklasse – dankzij dit initiatief voor betaalbare huisvesting.

In het beschreven model voor lokale economische ontwikkeling, op basis van inclusieve groei die de dynamiek van meerwaarde 'op tafel' vastlegt, zullen banen steeds vaker plaatselijk zijn. Toch is het nodig aansluiting te zoeken bij de regio. Daarvoor is *feeder*-transport nodig, dat wil zeggen: vervoer van de nieuwbouwwones naar de hoofdaders van het openbaar vervoer. In de jaren negentig van de twintigste eeuw wilde John Thomas 'Jack' Lupton, erfgenaam van het Coca-Cola-vermogen, zijn geboorteplaats Chattanooga op de kaart zetten en de vervallen binnenstad op een innovatieve manier ontsluiten. Lupton omarmde het idee van stadsvervoer met elektrische bussen voor een stad van circa 170.000 inwoners. Tegen alle adviezen van vooraanstaande deskundigen in zette de stad door en werd de Chattanooga Area Regional Transport Authority (CARTA) de eerste Amerikaanse overheidsinstantie die een gratis shuttledienst met elektrische bussen aanbood. Er bestond geen expertise in de streek en zonder de leiding van enkele vroege vaders, onder wie David Crocket, zouden de technische, politieke en organisatorische hindernissen nooit zijn overwonnen.

Inmiddels bestaat CARTA al twintig jaar. Het systeem van elektrische bussen, waarbij de accu's aanvankelijk snel in de busremise werden verwisseld, is nu verbeterd door inductiespoelen op de route: op een parkeerterrein of bij een halte langs de stoep laadt een spoel in de grond de bus draadloos op. Voor het laden kan zonne-energie worden gebruikt. Terwijl traditionele methoden van laden een batterijvermogen leveren om een bus 65 kilometer te laten rijden, vergroot het systeem van inductieladen het bereik van de bussen tot 160 kilometer. De energie- en onderhoudskosten zijn slechts een vijfde (bij Amerikaanse brandstofprijzen). Aangezien minimaal bijladen maar een minuut duurt, kunnen de bussen de hele dag rijden, waardoor de kapitaalinvestering in voertuigen vermindert. Wanneer de operationele kosten tot een fractie afnemen en het levend laboratorium een staat van dienst van twintig jaar heeft, kan

de stad veranderen in een centrum van onderzoek naar en productie van baanbrekende vervoerstechnologie. Het bussysteem op accu's heeft nóg een extra voordeel. Elk stroomnet op basis van hernieuwbare energie heeft een back-up nodig. De traditionele oplossing is een stel accu's. Hoewel dat technisch gezien een prima oplossing is, is het ook een dure. Accu's hebben een tamelijk korte levensduur, waardoor zonne- en windenergie vaak niet concurrerend zijn, tenzij wordt gekozen voor een oplossing waarbij het accuvermogen van openbaar vervoer dat in de busaccu's zit wordt gecombineerd met een extra stroombron wanneer het water koud is en de zon niet schijnt. Hoewel die back-upaccu's niet langer dan een paar uur stroom hoeven te geven, is het een noodzakelijke installatie als je de traditionele buffer van dieselgeneratoren wilt vermijden. Nu garandeert het slimme net van deze nieuwe inclusieve ontwikkeling dat de busaccu's op 12 volt gelijkstroom 's nachts worden opgeladen met de overtollige energie die de dag heeft opgeleverd. Tegelijkertijd vormen de busaccu's tegen halve kosten een krachtig en goedkoop element in een veerkrachtige gemeenschap.

Het bouwen, laten rijden en onderhouden van bussen die plaats bieden aan twintig passagiers biedt werkgelegenheid. De bussen voor het vervoer van grotere passagieraantallen worden beheerd door de stadsregio en de feeder-bussen op streekniveau. Vanwege die kleinschaligheid zijn er meer mogelijkheden voor innovatie. Dit technische systeem in de praktijk confronteert ons met nieuwe vaardigheden die bij de grote onderwijscentra niet voorhanden waren; daarom betekent het een kans om het academisch platform van deze nieuwe inclusieve ontwikkeling te positioneren. Terwijl anderen ICT-technologieën, nanotechnologieën, verfijnde sensoren en biotechnologieën najagen, gebruikt dit nieuwe ontwikkelingsgebied praktijkervaringen en bundelt het voor een lokaal en internationaal studentenpubliek tientallen inclusieve-groeiprojecten (met hun financiële modellen) als basis om van te leren. Daardoor levert dit levende laboratorium voor inclusieve groei allerlei mogelijke voordelen op voor de gemeenschap, waaronder onderwijs.

Cultuuren educatie

Om een gemeenschap te creëren is meer nodig dan water, voedsel, huisvesting, energie, mobiliteit en werkgelegenheid. Tot de vruchtbaarste industrieën behoren de schone kunsten, gebaseerd op cultuur en traditie. Deze moeten deel uitmaken van elke lokale economische ontwikkeling, omdat ze voortbouwen op de vaardigheden waarover mensen al generaties beschikken. Sommigen kunnen misschien niet lezen of schrijven, maar profiteren al eeuwenlang van de kennis en wijsheid van hun voorouders. Daarom is het cruciaal dat de nieuwe gemeenschap respect en waardering koestert voor de diversiteit die menselijke nederzettingen kenmerkt. Helaas werd cultuur in het recente verleden gezien als een

noodzakelijke uitgave. Het inclusieve-groeimodel ziet het als een kans om inkomsten en werkgelegenheid te genereren en de gemeenschap te vieren.

Afrikaanse kunst en kunstnijverheid, muziek en dans worden internationaal geroemd. Maar net zoals de natuur als bedreigd is beschouwd en daarom moest worden beschermd, wordt ook de cultuur als bedreigd beschouwd en moet ze worden gesubsidieerd en beschermd. Bescherming kost geld en is dan ook moeilijk van de grond te krijgen. Het is belangrijk om verder te gaan dan behoud en de kunsten actief te bevorderen door het creëren van masterclasses geïnspireerd op het Duitse leerlingstelsel. Dat is erin geslaagd de aangeboren mogelijkheden van kinderen op vroege leeftijd aan te wijzen en ze een praktische opleiding te geven, wat velen ervoor behoedt een academische weg te volgen die niet bij hun capaciteiten past. Kennismaking met kunstnijverheid stimuleert de creatieve, praktische en technische geesten om hun carrièrepad te vinden.

Door deze bezinning op cultuur komt onderwijs op de voorgrond te staan. Een gemeenschap die een betere toekomst voor de volgende generaties wil, heeft geen behoefte aan scholen waar de kinderen van buiten moeten leren wat de leraar al weet. Die gemeenschappen hebben een leeromgeving nodig waar kinderen zich al vroeg kunnen gaan voorstellen hoe ze het beter kunnen doen dan hun ouders en geloven dat ze kunnen slagen. Als jongeren zo in het leven staan, dan groeien deze gemeenschappen. Als gemeenschapsscholen ontstaan in een omgeving die stadsplanning en -ontwikkeling op een nieuwe manier benadert. Er wordt voorzien in diverse innovatieve bedrijfsmodellen die inspelen op de bestaande behoeften en economische groei mogelijk maken waarvan kinderen in hun tienerjaren kunnen profiteren. Dit levend laboratorium zou de basis bij uitstek zijn voor een educatief platform. Deze leeromgeving voorziet niet alleen in de behoeften van de plaatselijke gemeenschap, maar trekt ook nationale en internationale studenten aan, van het voortgezet onderwijs tot de universiteit.

Zodra de ouders enige extra financiële middelen hebben, is onderwijs een van de snelst groeiende uitgavenposten, van het leren van Engels (waar tegenwoordig wereldwijd het meest aan wordt uitgegeven) tot natuurwetenschappen. Veel ouders weten maar al te goed dat niet naar school gaan, of vroegtijdig afhaken samen met tienerzwangerschappen, een van de voorspelbaarste omstandigheden is om arm te blijven. Als je er niet in slaagt een diploma van het voortgezet onderwijs te halen en een alleenstaande ouder bent met drie kinderen, weet je zeker dat de volgende generatie ook arm blijft. Ouders die deze voorspelbare levensloop hebben gevolgd, zetten zich vaak het meest in om te garanderen dat hun kinderen niet in diezelfde val lopen. Daarom is het cruciaal dat kinderen zich bewust zijn van de vooruitgang en zich een voorstelling kunnen maken van hun toekomst.

Kinderen hebben uitdagingen en inspiratie nodig. Inclusieve groei, met al-

le elders beproefde nieuwe modellen, zorgt voor een leeromgeving die kinderen in staat stelt zich méér voor te stellen dan de kennis van hun ouders en leraren. Dat proces begint met het ontwerp van de school zelf. De meeste onderwijsinstellingen zijn ontworpen met een laag budget. Sinds de jaren zestig van de twintigste eeuw heeft Anders Nyquist uiterst ecologische en functionele gebouwen ontworpen. Hij paste zijn wetenschappelijke kennis, ervaring en wijsheid toe op scholen om ervoor te zorgen dat kinderen daar een gezonde en uitdagende omgeving hebben. Dat mag meer kosten aan kapitaal en bouwmaterialen, maar de operationele uitgaven zijn lager. Het grootste voordeel is echter dat gezonde kinderen beter studeren. Kinderen die een plaatselijke school bezoeken waar natuurlijke filters de lucht zuiveren niezen niet nadat iemand anders heeft geniesd, dankzij filters van breedbladige planten die worden gekweekt in lokaal geproduceerde terra preta gemaakt van de luiers van hun broertjes en zusjes. Het is aangetoond dat innovaties in een manier van leven veranderen als ze je steeds omringen. Kinderen blijken hun ouders te inspireren om hun gedrag te veranderen, op basis van oplossingen die op school zijn getoetst.

Financiën zijn een cruciale component. Het gaat niet om kosten maar eerder om waarde. Als er een school, of een netwerk van scholen is, waar kinderen duidelijk gezonder zijn en betere leerprestaties behalen dan elders, wat zouden ouders dan doen als dit een openbare school is waar je alleen terecht kunt volgens het principe wie het eerst komt, het eerst maalt, en kinderen uit de buurt absolute voorrang krijgen? Ouders willen in het algemeen dichterbij de school wonen. Wanneer meer ouders in de directe omgeving van een school willen wonen om een plaats voor hun kind te garanderen, zal de grondwaarde van onroerend goed stijgen. Wanneer hun vermogens groeien worden mensen die in die buurt wonen voor meer dan hun baan en hypotheek interessant voor de bank. Ze kunnen genieten van bezit dat hun levensinvestering vertegenwoordigt, omdat het gebied gezondheid en onderwijs bevordert, wat uiteindelijk plaatselijke, inclusieve economische groei betekent. Het schoolgeld is plaatselijk, de kapitaalopbrengsten zijn plaatselijk, de gemeenschap krijgt de kans zich van discriminatie naar sociale integratie te ontwikkelen. Het rendement op kapitaal wordt overtroffen door de sociale, ecologische en economische groei die de basis vormt voor de toekomst van een hele generatie.

Deze visie wordt werkelijkheid wanneer vastgoed- en plaatselijke ontwikkeling zijn gericht op inclusieve groei door het opbouwen van vermogen dat mensen binnen een generatie uit de armoede tilt. Het duurt een paar jaar voordat grondspeculanten vijfhonderd keer hun investering terugverdienen. Het duurt een generatie van dubbelcijferige groei om deze fondsen in te zetten om een hele samenleving wezenlijk vooruit te helpen en de investeerders tegelijkertijd een degelijk rendement op investeringen te bieden.

**DE AARDE VOORZIET IN IEDERS BEHOEFTE,
MAAR NIET IN IEDERS HEBZUCHT.**

Mahatma Gandhi

16

EEN BLAUWE ECONOMIE ALS KRINGLOOPMODEL

Een uitweg uit een impasse

Voorspelbaarheid is, hoewel beschouwd als een voorwaarde voor economisch succes, een kunstgreep die ons blind maakt voor de gevolgen van onze handelingen. Vasthouden aan een kerncompetentie en vertrouwen op lineaire calculaties en wetenschappelijke abstracties leiden tot een monopolistisch economisch model waarbij steeds meer transport en energie nodig zijn om de consument aan het eind van het aanbodtraject te kunnen bereiken. Een strakkere aanbodlogistiek en juist in time-productie (om voorraden zo klein mogelijk te houden) leiden tot een wereldomspannend en onderling afhankelijk economisch systeem, dat consumenten van meer en goedkopere producten kan voorzien. Wereldwijde vrijhandel wordt gezien als een groeimotor en als het middel waarmee iedereen over meer efficiency kan beschikken. Het transporteren van koekjes in conserveringsgassen, luchttransport van diepgevroren bonbons, of tankers vullen met jus d'orange zijn misschien slechts uitwassen van een dergelijke logica. Toch zullen dergelijke methoden de komende generaties niet in staat stellen om alle betrokkenen van voedsel en een inkomen te voorzien. Op den duur zal dit slechts tot werkloosheid en armoede leiden.

Van oudsher boden seizoensgebonden voedselproducten ons de organische bouw- en voedingsstoffen die we in een bepaalde tijd van het jaar nodig hadden. Indianen aten elke herfst *huitlacoche*, een truffelachtige schimmel die op maïs groeide, om zich weerbaarder te maken tegen de kou en zich voor te bereiden op de winter. Tegenwoordig is *huitlacoche* een delicatessie die het hele jaar door kan worden gegeten, ook al is het nuttig effect ervan hoofdzakelijk gerelateerd aan het seizoen. In werkelijkheid wordt onze eetlust geprikkeld en ge-

stuurd door de marketeers en mediakanalen binnen onze cultuur. Als dit de basis vormt van marketing zoals gedoceerd door Philip Kotler, 'voorzie in de vraag van de consument', wellicht dat we ons dan even op het hoofd moeten krabben. Een excessieve stimulering van de vraag naar producten die weliswaar onze consumptiedrang bevredigen maar basisbehoeften negeren, genereert een een-dimensionaal doel dat zich richt op het binnenhalen van een groter percentage besteedbaar inkomen. We zien niet in dat dit een onhoudbaar, destructief systeem is dat ons voert naar een wereld van CO₂-uitstoot, verloren biodiversiteit, verkwisting van niet-herwinbare grondstoffen, en een excessieve afhankelijkheid van gifstoffen. Dat is een koers zonder toekomst. Wat we hebben is misschien wel het beste wat we ons tot op heden kunnen voorstellen, maar we moeten onze verbeelding laten werken en het veel veel beter doen.

Een wonderlijk kronkelpad

In dit boek hebben we de meest inspirerende voorbeelden besproken die de natuur ons biedt om onze huidige economische en ecologische impasse te kunnen doorbreken. We hebben beproefde en geïmplementeerde modellen bekeken, de mogelijkheden van andere bestudeerd, en nagedacht over hoe sommige als gekoppelde of gebundelde toepassingen kunnen worden ingepast. In al deze gevallen ontdekten we een enorm banenpotentieel, met uitzicht op een veel doelmatiger gebruik van grondstoffen en een grotere productiviteit dan velen voor mogelijk houden. Dit is opmerkelijk, want men heeft ons doen geloven dat een toenemende productiviteit slechts mogelijk is door middel van het afstoten van banen. De natuur weet wel beter en transformeert een kennelijke schaarste naar toereikendheid en uiteindelijk overvloed. De kringloop van energie en voedingsstoffen binnen en tussen de domeinen en rijken van de natuur biedt plaats aan een veelvoud van productie-eenheden op een menselijke schaal om te voorzien in al wat nodig is. Terwijl onze huidige focus op productiemaximalisering enerzijds tot schaarste, en anderzijds tot armoede leidt, bieden ecosystemen altijd genoeg voor iedereen.

Binnen een ecosysteem leveren alle participanten hun bescheiden bijdrage, afhankelijk van de beschikbaarheid van voedings- en bouwstoffen, energie en de drang om de basisbehoeften te bevredigen. Zo ontwikkelt zich een systeem, en in geval van een crisis past iedereen zich aan. In een ecologisch systeem kan niemand zich langdurig onttrekken aan zijn rol in de kringloop. In een natuurlijke structuur zijn er geen grote, dominante spelers. Er is juist veel meer ruimte voor kleinschaligheid. Een boom die dertig meter hoog wordt, besluit niet om, gezien deze prestatie, naar driehonderd meter door te groeien. En al zou hij erin slagen zo ver door te groeien, dan zouden de krachten van de natuurkunde hem doen omvallen. De zakenwereld hanteert echter een strategie van steeds lagere marginale kosten, ervan uitgaande dat de productie van elk volgend exemplaar van het

een of ander altijd goedkoper is. Daarmee wordt het blinde streven naar schaalvoordelen en beheersing van de markt gerechtvaardigd. 'Groeï' gebaseerd op steeds grotere macht veroorzaakt bijkomstige schade die onopgemerkt blijft en maakt het hele systeem inflexibel en gekant tegen verandering.

Ecosystemen hebben baat bij een duurzame kringloop van voedingsstoffen en energie. Deze continue stromen stellen levensvormen in staat zich aan te passen en te floreren. Kennelijke schaarste ontwikkelt zich tot een zichtbare toereikendheid en zelfs overdaad. Zodra een ecologisch systeem een voedseloverschot heeft, nemen sommige soorten in aantal toe, of ontstaan er nieuwe. Verwerking van afval vindt plaats via doorgifte binnen de kringloop zodat andere spelers het kunnen benutten. In het geval van een boom vormen de afgevalen bladeren voedsel voor groundbacteriën, mieren en wormen, waarvan de afvalstoffen weer als voeding voor de boom dienen.

Ecologische systemen kennen bovendien een andere benadering van chemische processen. Ten eerste vormt water het belangrijkste oplosmiddel, wat een stuk heilzamer is voor het overkoepelende systeem dan de door de mens ontwikkelde katalysatoren. Ten tweede zijn de bindingen tussen twee moleculen grotendeels niet-covalent, wat betekent dat ze makkelijk uit elkaar te halen zijn. Ze vallen uiteen en kunnen opnieuw worden gebruikt en gecombineerd in andere moleculen. De chemische ingenieurs van de natuur passen het idee van 'zippen en unzippen' toe bij hun werkwijzen. Dankzij dit systeem van uiteenvalen, scheiden en nieuwe verbindingen aangaan kan het overkoepelende systeem zo efficiënt met energie en grondstoffen omgaan. Om een sterker web voor zijn nageslacht te maken werkt de spin de polymeren van zijn oude web weer om tot de samenstellende aminozuren en begint opnieuw te spinnen.

Niet-lineaire modellen, vaak gelijkgesteld aan chaos, onderbouwen ecologische systemen. Sterker nog, een ecologisch systeem volgt in zo'n beetje alles een niet-lineair kronkelpad. In zijn boek *La Nouvelle Alliance*, beschrijft de Belgische auteur en Nobelprijswinnaar van 1977 voor de Scheikunde, Ilya Prigogine, deze natuurlijke verbanden als 'dissipatieve structuren'; thermodynamisch niet in evenwicht met de omgeving waarmee energie en materie worden uitgewisseld, maar wel in zekere zin stabiel. Voorbeelden zijn levende wezens en wervelstormen. Het is ons verlangen om alles maar in rechte lijnen en rechte hoeken te vatten waardoor veel van wat er gemaakt wordt energiegulzig is. De natuur laat ons zien dat ook al vormt een rechte lijn de kortste afstand tussen twee punten, de werveling van een draaikolk soms het efficiëntste pad vormt.

Wanneer we onze productie- en consumptiesystemen bijsturen om deze als ecologische systemen te laten werken, dienen we tevens de klaarblijkelijke verrassingen van niet-lineaire modellen hierbij te betrekken. Dat betekent niet dat álles onvoorspelbaar is. Ons universum voldoet nog altijd aan de wetten van de natuurkunde. Het betekent wel dat we de interactieve krachten en verborgen

verbanden moeten opsporen die ons in staat stellen om met één bundel van initiatieven een veelvoud aan resultaten te bereiken. We zien het bij termieten, die in staat zijn om de temperatuur en luchtvochtigheid in hun termietenheuvel nauwkeurig te sturen door microtunnels te graven. Deze termieten voelen instinctief aan op welke wijze alles met elkaar in verband staat. Het ultieme resultaat van deze complexe verbanden en ogenschijnlijk chaotische interacties is dat deze termieten over voedsel kunnen beschikken omdat in de ondergrondse omgeving die deze diertjes hebben gecreëerd een eetbare schimmel gedijt. Benutten van wat er lokaal voorhanden is, resulteert in een prachtig systeem dat voorziet in de basisbehoeften van de termieten en dat tevens de wortels van de planten verwarmt die de bladeren zullen leveren waarop, nadat de termieten ze hebben fijngekauwd, de schimmel groeit.

We zullen de werking van symbiose moeten leren begrijpen en waarderen; hoe soorten samenwerken om de gemeenschappelijke doelen van een geheel systeem te bewerkstelligen. De hernieuwde cultivering die in Las Gaviotas mogelijk werd, was het gevolg van het onderkennen van de symbiose tussen pijnbomen en mycorrhizaschimmels. Een onderkenning van de manier waarop natuurlijke krachten altijd evolueren naar het beste gebruik van de middelen binnen een ecosysteem, stelt ons in staat het regenererend vermogen te herkennen van ecologische systemen. Die kunnen daarmee calamiteiten te boven komen die maar al te vaak het gevolg zijn van onze onwetendheid. De natuur doet niet aan cashflowberekening. Terwijl wij ons blindstaren op geldstromen (in ons eigen voordeel) genereren ecologische systemen meervoudige rendementsstromen die het beste kunnen worden gemeten in proteïnen, drinkwater, energiebronnen en verdedigingssystemen. De natuur produceert waardevermeerdering door middel van het calculeren van een geïntegreerd voordeeltraject. Dergelijke vormen van synergie resulteren in gemeenschappelijke voordelen, zoals een overvloed aan gratis beschikbaar onvervuild water en schone lucht. Als ondernemers in deze nieuwe, competitieve branches dergelijke resultaten als doelen zouden formuleren, dan zou daarmee aan een continu gemeenschappelijk profijt worden gewerkt en zou een enorm sociaal kapitaal worden gerealiseerd. Misschien dat we dan, net als in Bhutan, onze eigen nationale geluksindex kunnen gaan bijhouden, in plaats van ons bruto nationaal product.

Het lineair economisch model schrijft voor dat alles een marktwaarde moet hebben. Dat de kosten van elke grondstof en de overhead voor elk product berekend moeten worden, en dat kostencentra moeten veranderen in winstcentra, die met elkaar concurreren om interne middelen via outsourcing. De uiteindelijke rekensom is afgeleid van de logica van het consolideren, wat neerkomt op alles bij elkaar optellen en verwijderen wat twee keer voorkomt. De synergieën bij afzonderlijke divisies van hetzelfde bedrijf zullen hierbij verborgen blijven, en gemeenschappelijke eigendommen, zoals het milieu, zullen

niet benoemd worden, omdat die als gratis worden beschouwd, en dus zonder economische waarde. Daarnaast negeert dit model de geëxternaliseerde kosten waarmee de samenleving wordt belast, die zich buiten het logische raamwerk van de corebusiness bevindt. Ook werpt het geen licht op verloren kansen; die kunnen simpelweg niet in overweging genomen worden omdat ze geen onderdeel zijn van de corebusiness. In de meeste gevallen schuiven we de kosten gewoon door naar volgende generaties, die niet tot in detail worden geïnformeerd over het feit dat we bezig zijn onze planeet uit te putten en dat zij straks de problemen mogen oplossen. De klimaatverandering voltrekt zich dus zonder het diepgaande besef dat er snel moet worden ingegrepen. Er bestaat een kloof tussen de beschikbare informatie die de dramatische stijging van de temperatuur en het zeeniveau bevestigt en onze strategie om tot een wereldwijde overeenkomst te komen door juristen in dienst te nemen die over enkele woorden en cijfers discussiëren om te garanderen dat niemand zich tot iets verplicht. En dat gebeurt al twintig jaar. Daarom kunnen we op wereldschaal geen politieke leiderschap meer verwachten.

In de zakenwereld kiezen bedrijven voor winstmaximalisatie en een aandeel in de doelgroepmarkt door de productie daar te laten plaatsvinden waar de kosten per product het laagst zijn, ongeacht de sociale nadelen voor een lokale gemeenschap. Bij zakelijke noch beleidsmatige besluitvorming wordt streven naar volledige werkparticipatie als een haalbare optie gezien. Wanneer 's werelds grootste producent van instantkoffie ten minste 6 miljard dollar aan extra inkomsten kan genereren die minimaal 100.000 banen opleveren, terwijl miljoenen tonnen voedsel zonder cholesterol en verzadigde vetzuren worden geproduceerd, besluit het bedrijf om alle afval te verbranden om enige energie terug te winnen. In het verleden hebben we bedrijven veroordeeld omdat ze het slecht deden, in de toekomst veroordelen we ze omdat ze weigeren het goed te doen.

In ecologische systemen, daarentegen, komt iedereen aan de bak; niemand wordt te oud of te jong geacht. Waar ecosystemen ontegenzeggelijk innovatie, samenwerking, geduld en doorzettingsvermogen bevorderen, is ons huidige economisch model tamelijk ongevoelig voor welke verandering dan ook die niet wordt ingegeven door de dominante marktspelers of die hun belangen dient. Marktleiders, met hun gestroomlijnde productie- en distributiesystemen, zijn fel gekant tegen elke verandering die de huidige processen en winststromen op het spel zetten, bonussen daarbij uiteraard meegerekend.

We vergeten vaak dat soorten en ecosystemen in het verleden talloze rampen hebben moeten doorstaan en snel zijn geëvolueerd om zich te kunnen aanpassen aan nieuwe en zelfs ingrijpend veranderde omstandigheden. Zo zou het ook moeten ten aanzien van CO₂-emissies en andere zogenoemde broeikasgassen. Als we ons enkel richten op CO₂, en geen oog hebben voor het systeem als

geheel, dan lopen we de kans de echte oplossing over het hoofd te zien. Het binden van CO₂ voor de productie van biobrandstoffen door middel van micro-algen is een eenvoudige maar briljante oplossing die talloze voordelen biedt, waaronder een doorlopende oogst en hergebruik van koolstofhoudende gassen in fotosynthese-bioraffinaderijen en de productie van polyesters zonder fossiele brandstoffen. Denken we echter alleen aan het gas en de problemen die het veroorzaakt, en besluiten we tot technische oplossingen voor de verwijdering ervan, dan zullen alternatieven als kernenergie en het dumpen van tonnen CO₂ in de diepe oceanen als een logisch, voor de hand liggend alternatief klinken – hoe duur ze ook zijn – en gefinancierd door de belastingbetaler. Zulke geldverslindende keuzes liggen alleen voor de hand wanneer de capaciteit van ecosystemen wordt vernaauwd tot één concept, met gesimplificeerde doelen zoals een lagere uitstoot. Hiermee verdwijnt de kans om risico's op elkaar af te stemmen of nieuwe langetermijnalternatieven te bedenken. Het zal slechts leiden tot snelle hapsnap oplossingen zonder dat neveneffecten op de lange termijn kunnen worden voorspeld.

Een evolutiemodel, waarin verandering erkend wordt als de norm, moet wel flexibel zijn. Risico's die inherent zijn aan onvermijdelijke veranderingen worden verzacht omdat een ecologisch systeem volgens een eenvoudig en tegelijkertijd complex algoritme zal evolueren: probeer de behoefte aan grondstoffen en energie te allen tijde te beperken zodat het systeem door talrijkere en meer diverse levensvormen kan worden bevolkt, wat tevens de weerbaarheid ten goede komt.

De mogelijkheden voor een ondernemerschap dat zich laat inspireren door de kracht van ecosystemen, vormen de doelstellingen van een blauwe economie. Wat we voor onze ogen zien ontvouwen overstijgt de genialiteit van elke soort op zich. Het totaal is meer dan de som der delen. Een wereld die plaats biedt aan deze prachtige ecosystemen waarin een eindeloze kringloop van voedingsstoffen en energie plaatsvindt, is een wereld die sterk genoeg is om de uitdaging aan te gaan en armoede, ellende en verspilling aan te pakken. Als we alleen al aan de slag gaan met slechts een stuk of honderd innovaties die op prachtige voorbeelden uit de natuur zijn geïnspireerd, dan voorzien we voor de komende tien jaar een werkgelegenheidstoename van niet minder dan 100 miljoen banen.

Laten we de creativiteit en vastberadenheid van ondernemende geesten wereldwijd aanmoedigen. In deze innovaties zullen zij talloze mogelijkheden ontdekken waarmee een hernieuwde economie kan worden opgebouwd. Als we verder kijken en inspiratie putten uit de schitterende manier waarop de natuur haar gang gaat, kunnen we de overstap maken van capaciteit naar competentie, van grootschaligheid naar het lokale speelveld, om daarmee te bouwen aan een blauwe economie voor een blauwe planeet.

**ALS JE DOR LAND ZIET EN DENKT DAT HET
NIETS WAARD IS, DENK DAN NOG EENS NA.
ALS JE DENKT DAT DROOGTE DE OOGST
VERNIETIGT, DENK DAN NOG EENS NA.
ALS JE DENKT DAT MENSEN SPECIAAL
VOEDSEL NODIG HEBBEN OM BLINDHEID
TE VOORKOMEN, DENK DAN NOG EENS NA.**

G.P.

17

WIE IS ER VOOR GGO (GENETISCH GEMODIFICEERDE ORGANISMEN)?

De zeer geachte Anders Wijkman, lid van de Koninklijke Zweedse Academie van Wetenschappen, een deskundig milieuactivist die tien jaar lang lid was van het Europees Parlement, stelde de vraag: moet ik tegen alle vormen van ggo zijn?

De inherent positieve aanpak die kenmerkend is voor de blauwe economie bij het zoeken van oplossingen voor de grote uitdagingen waar de mens voor staat, begint feitelijk steeds met het zoeken naar de beste manieren om een concurrerende, duurzame, gezonde en gelukkige samenleving te bereiken. Hoewel wetenschappers, politici en leiders uit het bedrijfsleven in het verleden geweldige maatschappelijke en technologische oplossingen hebben gevonden, kan het altijd beter, veel beter zelfs. De centrale boodschap is daarom: denk na of je 'voor of tegen' bent, zoek uit wat veel 'beter' is.

In onze zoektocht naar een samenleving die kan 'voorzien in de basisbehoeften aan water, voedsel, gezondheidszorg, huisvesting en energie voor iedereen' kunnen we een mogelijkheid niet onbenut laten omdat 'ze ons niet bevalt'. We moeten de werkelijkheid onder ogen zien, verder gaan dan de begrippen goed en kwaad, verder gaan dan wat al dan niet bij onze dogma's past. We moeten ons afvragen: is er iets beters? Vaak vinden we op dat moment de klaarblijkelijk beste oplossingen, terwijl we aanvankelijk niet beseften wat de onbedoelde gevolgen zouden kunnen zijn van onze drang om snel een oplossing te vinden.

Dat dilemma ken ik maar al te goed. Al in het begin van de jaren negentig deed ik alle moeite om biologisch afbreekbare zeep te promoten en probeerde ik zonder te adverteren de marktleiders in te halen door een ecologisch product uit een ecologische fabriek te verspreiden, totdat ik me realiseerde dat dit suc-

ces een grotere vraag naar palmolie teweegbracht, wat in de tien jaar daarna leidde tot de verwoesting van 2,5 miljoen hectare regenwoud, met onder meer grote delen van de habitat van de orang-oetan. Was ik verantwoordelijk voor de vernietiging van het regenwoud omdat ik een bijdrage wilde leveren aan het schoonmaken van de rivieren in Europa? Pas toen realiseerde ik me dat biologische afbreekbaarheid, hoe goed mijn bedoelingen ook waren, vaak helemaal niets te maken heeft met duurzaamheid. Hoe kon ik er prat op gaan dat ik de rivieren in Europa schoner maakte, terwijl tegelijkertijd het leefmilieu van primaten werd ondermijnd?

Ik besepte door bittere ervaring dat we naar het hele systeem moeten kijken en niet één enkel doel moeten nastreven. Elke keer dat we ons op slechts één probleem richten en één snelle oplossing vinden, lopen we kans die onbedoelde gevolgen te veroorzaken. Het duurt jaren, tientallen jaren soms, voordat we beseffen wat de negatieve gevolgen van onze daden zijn, en dan is het vaak te laat. Als we besluiten de negatieve impact en neveneffecten van onze overhaaste acties te negeren, en het niet stukken beter gaan doen, richten we vaak nog bijkomende schade – welbewuste schade – aan, een strategie die door bij gewapende conflicten vaak vergeelijkt wordt, maar die in de burgermaatschappij niet thuishoort.

We moeten de ruimte creëren om door de ogen van een kind naar de harde realiteit te kijken, zonder vooropgezette denkbeelden alle vertakkingen observeren van de uitdagingen waarvoor we staan. We bestuderen onze keuzes, maken naar ons beste vermogen gebruik van wetenschappelijke kennis en ontwerpen een model dat het leven op aarde ten goede komt.

Zo ga ik tegenwoordig om met de kwestie van zeep en wasmiddelen. Ik – en de Zero Emissions Research Initiative (ZERI) Foundation – bevordert actief het extraheren van D-limoneen uit citrusschillen, wat wellicht een van de meest doeltreffende, concurrerende en duurzame reinigingsproducten is. We zetten afval van de sinaasappelsapindustrie om in reinigingsmiddel en streven zo palmolieproducten voorbij door gebruik te maken van voorhanden zijnde grondstoffen. Het restafval van de schillen na extractie van de actieve ingrediënten kunnen dienen als veevoer. In plaats van schade toe te brengen aan het regenwoud of gewoon afvalbeheer toe te passen, kunnen we drie inkomstenstromen genereren en het aantal banen verdubbelen. Dat is de blauwe economie.

Nadat ik over alle mogelijke opties heb nagedacht stimuleer ik nu ondernemingen van Japan tot de Verenigde Staten en van Brazilië tot Zuid-Afrika om deze betere oplossing te omarmen. Waarom zou je blijven doorgaan met zeep en wasmiddel op basis van palmolie als er nu erkend duurzame bronnen zijn? Kan iemand mij uitleggen hoe een monocultuur duurzaam kan zijn?

Ik erken dat D-limoneen de beste keus is op dit moment. Verbeteringen, zelfs radicale verbeteringen, zijn elk moment mogelijk. Dat is de weg van de evo-

lutie: werken aan betere concurrentiekracht. In elk geval is het niet meer nodig om regenwouden te verwoesten.

Tegen deze achtergrond en met deze positieve aanpak voor ogen beantwoordde ik de vraag van Anders over ggo, waarbij ik putte uit mijn ervaring als ondernemer en innovator die zich inspant om sneller betere resultaten te krijgen en die een simpel doel heeft: tegemoetkomen aan de basisbehoeften van iedereen met wat we hebben en je een weg banen door het bekende en het onbekende, altijd bereid de risico's te nemen om het veel beter te doen dan tot nu toe mogelijk is geweest.

De eerste vraag die we moeten beantwoorden is: wat is het doel van ggo? Als het doel is gewassen beter resistent te maken tegen droogte, is de volgende vraag: waarom wil je een gewas planten in een gebied waar geen water is? En als klimaatverandering de oorzaak is van die droogte (een makkelijk excuus tegenwoordig) waarom schakelen we dan niet over naar gewassen die wel onder deze milieuomstandigheden kunnen groeien?

Hebben we 5 of 1000 keuzes?

Als de keuzes voor een gewas beperkt zijn tot vijf soorten (tarwe, rijst, maïs, soja, oliepalm) die worden aangeplant als monocultuur en we hebben alle andere 1000 lokaal bewezen mogelijkheden verworpen, dan hebben we geen keus: we moeten die gewassen modifieren om droogte te kunnen weerstaan. Maar als we in dit tijdperk van biodiversiteit nou eens zoeken naar de beste zaden, het resultaat van miljoenen jaren aanpassing, dan kunnen we de beste optie omarmen die voorhanden is en die aantoonbaar werkt, zonder mogelijke onbedoelde gevolgen.

We kunnen die zaden feitelijk direct planten zonder dat we verder onderzoek hoeven uit te voeren, waardoor we het geld besparen dat nu wordt besteed aan goedkeuring, mediacampagnes en lobbyisten die allemaal proberen dit 'droogtebestendige' zaad te laten goedkeuren door beleidsmakers.

Een snel overzicht van de gevestigde zaadbanken bevestigt dat er voor elke geografische breedte of hoogte honderden plantensoorten beschikbaar zijn die bewezen tegen droogte kunnen. Toch zal het volgende argument zijn dat het 'traditionele product' niet voldoende opbrengst heeft om de wereld te voeden. Is dat waar? We krijgen te horen dat alleen de vijf voornaamste gewassen en alleen ggo in combinatie met (dankzij ggo verminderde) chemische cocktails ons van de hongerdood kunnen redden. Laat me die logica eens analyseren.

Als we slechts een fractie consumeren van wat er geproduceerd wordt (0,1 procent van de thee, 0,2 procent van de koffie, 17 procent van het suikerriet of 20 procent van een voor papier bestemde boom) en we de rest gewoon laten rotten, methaan laten genereren, verbranden of weer in de grond laten ploegen, zullen we inderdaad nooit genoeg produceren. Als we daarom vertrouwen op een paar

monoculturen waaruit we slechts één ingrediënt voor consumptie halen, veranderen we armoede en honger in blijvende verschijnselen. Ik betwijfel of we met de eetlust van de groeiende wereldbevolking ooit in staat zijn om voedselzekerheid voor iedereen te bereiken, zelfs met grootscheepse invoering van ggo. Misschien is het creëren van die permanente schaarste wel wat de producenten van ggo nodig hebben om het argument dat ze de honger in de wereld stillen te rechtvaardigen.

Monoculturen, irrigatie, zaadselectie en kunstmest hebben de opbrengst van afzonderlijke gewassen beslist opgevoerd. Maar door die benadering zijn de enorme mogelijkheden van andere gewassen dan tarwe en rijst uit het zicht verdwenen. We moeten onze agrarische hulpbronnen in een kringloop gebruiken, net als ecosystemen. Eigenlijk is de mens de enige soort die afval verspilt. Geen enkel ander levend systeem doet dat. In plaats van voortdurend risico te lopen op hongersnood, kunnen we met behulp van bewezen geïntegreerde landbouwtechnieken, in combinatie met het beste van de moderne landbouw, het begrip schaarste achter ons laten en ons voorbereiden op voldoende oogst en zelfs dromen van overvloed.

Als we de landbouw daarom veranderen in een productie- en consumptiesysteem waarin alle plaatselijke middelen worden gebruikt – door paddenstoelen te telen op koffieafval, zoals in Afrika en Latijns-Amerika, of op rijststro, zoals van oudsher in China gebeurt – kunnen we honderd keer meer aminozuren voor menselijke consumptie produceren dan exportgewassen tegenwoordig opleveren. Er is geen enkel ggo- of irrigatieplan dat in de buurt komt van deze bewezen prestaties.

Verbranden – opeten of ermee bouwen

In het verleden werd landbouwafval van rijststro in Caïro als bouw materiaal gebruikt. Toen men beton en cement ging gebruiken kreeg de stad te maken met een ondraaglijke luchtvervuiling als gevolg van het verbranden van overtollig rijststro. De beste keuze die werd voorgesteld was rijst genetisch te modificeren om soorten met een korte halm te krijgen. Wie is er nou tegen het verminderen van luchtwegaandoeningen als gevolg van de ongecontroleerde verbranding van landbouwafval?

Maar waarom kwam men in een uitgestrekte metropool als Caïro niet tot de keuze om meer voedsel te genereren? Het telen van stropaddenstoelen in een stedelijk gebied levert banen en inkomsten op, zet afval om in voedsel en vermindert de luchtvervuiling. Het gebeurt inmiddels in zestien landen. Was het excuus dat Egyptenaren geen paddenstoelen eten? Hamburgers aten ze ook nooit, maar goedkope hamburgers zijn de laatste tijd erg populair. Klopt onze economische logica misschien niet?

De mentaliteit die ten grondslag ligt aan het bevorderen van ggo is het con-

cept schaarste. De zakelijke logica is de doelmatige toewijzing van schaarse middelen. Helaas is zakendoen in de afgelopen vijftig jaar steeds meer teruggebracht tot een kernactiviteit op basis van een kerncompetentie. Hoe vaak heb ik niet gehoord dat de een of andere multinational niet in paddenstoelen doet en dat de mogelijkheid, hoe prijzenswaardig en concurrerend ook, om agrarisch afval in voedsel om te zetten zelfs niet in overweging wordt genomen? Feitelijk moeten we toegeven dat deze ondernemingen niet in staat zijn dit voorstel op te pakken: het management heeft gewoon de noodzakelijke capaciteiten niet om deze simpele innovatie te introduceren; en hoewel aandeelhouders zich er wel iets bij kunnen voorstellen moeten ze wennen aan die keus.

Als we bereid zijn om geïntegreerde landbouw te omarmen en op het land of in de stad voedingsstoffen in een kringloopsysteem te gebruiken in plaats van ons op één ding te richten en de rest weg te gooien, kunnen we zelfs voedsel produceren op droge landbouwgrond of in de asfaltjungle van binnensteden. Daardoor kunnen we de beschikking krijgen over duizend andere bronnen van plantaardig eiwit die over de hele wereld bekend zijn, en over vijfduizend soorten eetbare paddenstoelen, die samen op één dag meer opbrengen dan we kunnen opeten.

Als we alle koffiedrab benutten om paddenstoelen te telen, zouden we 16 miljoen ton extra voedsel produceren – gewoon door te gebruiken wat we nu hebben! Stel je voor wat er zou gebeuren als daar nog eens thee, stro, kolven en snoeisels uit boomgaarden bijkwamen. Dan wordt het misschien wel meer dan 100 miljoen ton, meer dan alle voedsel dat visvangst en viskwekerijen opleveren. Ondanks alle mogelijkheden hiervan moet ik een tweede voorbeeld geven om duidelijk te maken hoe ik sta tegenover het vinden van de beste oplossing en een kader bieden om de potentiële bijdrage van ggo aan een duurzame, gezonde en gelukkige wereld te beoordelen.

Wees nergens tegen – wees voor iets beters

Herinneren we ons nog de komst van gouden rijst, een jaar of vijftien geleden? Die genetisch gemodificeerde rijst werd geroemd als een definitieve oplossing in de strijd tegen blindheid. Hij werd geïntroduceerd als een van de grootste bijdragen van de wetenschap, en was misschien wel een van de voornaamste redenen waarom je je afvroeg: ‘Ben ik eigenlijk wel tegen alle vormen van ggo?’ Als we kinderen willen behoeden voor blindheid, kunnen we rijst genetisch zo modificeren dat de rijstkorrel bètacaroteen bevat. Hoe zou je daar nou tegen kunnen zijn?

We hoeven niet uit te maken wat goed is en wat verkeerd, maar we moeten de beste mogelijkheid kiezen, met de minste risico's, op basis van het inzicht in alle mogelijke onbedoelde gevolgen voor degenen met wie wij deze planeet delen.

Wanneer we worden geconfronteerd met een maatschappelijke uitdaging als blindheid, moeten we ons eerst afvragen waarom die blindheid toeneemt. Dan realiseren we ons al snel dat er kennelijk een gebrek is aan bètacaroteen. Is dat voldoende reden om vliegensvlug rijst genetisch te gaan modificeren zodat er bètacaroteen in zit? Ik vraag iedereen om even geduld te hebben en hierover na te denken.

We moeten ons afvragen waarom er een tekort aan bètacaroteen is in de voedselvoorzieningsketen rondom rijstvelden. Bij het bestuderen van ecosystemen worden we ons ervan bewust dat microalgen, waaronder blauwgroene algen, zowat overal aanwezig zijn. Ze zijn een van de eerste levensvormen die op aarde zijn verschenen. Ze bestaan al een miljard jaar en hebben alle rampen doorstaan. Microalgen produceren zoals bekend bètacaroteen en vele andere voedingsstoffen. Dus wat is er rond rijstvelden mee gebeurd?

We weten dat er vroeger een soort schuim op de geïrrigeerde rijstvelden groeide. Dat schuim is verdwenen als gevolg van de chemische stoffen die bij de rijstbouw worden gebruikt om de productie te verhogen. Het schuim is rijk aan microalgen en zeer rijk aan bètacaroteen. Vroeger zetten de Chinese, Vietnamese, Laotiaanse en Cambodjaanse boeren garnalen en zelfs karpers uit in de rijstvelden. Die organismen verslonden de bètacaroteenrijke algen en brachten ze in de voedselketen, zodat mensen er voldoende van binnenkregen omdat ze van nature alle beschikbare hulpbronnen gebruikten. Dat teeltsysteem levert niet zo'n hoge rijstproductie op als een monocultuur, maar de traditionele rijstcultuur genereert meer voedingsstoffen, biedt voedselzekerheid en verbetert zelfs de noodzakelijke afweer tegen moderne ziekten als blindheid. Dit landbouwsysteem levert meer beschikbaar inkomen op, omdat plaatselijk in alle basisbehoeften wordt voorzien. Zo krijgen mensen meer geld in hun zak om onderwijs te betalen. Exportgewassen staan erom bekend dat ze meer opbrengst leveren, en een inkomen dat schommelt met de wereldmarktprijzen.

Onze moderne manier van rijstbouw, gericht op een zo hoog mogelijke opbrengst, heeft bètacaroteen (en nog veel meer) uit de productieketen verdrongen! In ons streven de opbrengst van één bestanddeel – rijst – te verhogen, verminderden we de natuurlijke teelt van alle essentiële aminozuren en micronutriënten die rijst alleen niet kan leveren. Hoe kunnen we accepteren dat de oplossing voor blindheid ligt in genetische manipulatie?

Als we blindheid echt willen bestrijden, als dat ons werkelijke doel is, dan moeten we rijst telen, schuim op het water laten ontstaan en eenden, schaaldieren en vissen daarvan laten eten. Dan krijgen we een evenwichtige inname van eiwit en tegelijkertijd ook (weer) een goede voorraad bètacaroteen, terwijl de rijstvelden op een natuurlijke manier worden bemest. Zoals ons onderzoek aantoonst produceert een geïntegreerd landbouwsysteem meer voedingsstoffen dan ooit mogelijk is met intensieve rijstlandbouw. We vervangen honger niet

door blindheid, zoals sommige voorstanders van genetische modificatie ons willen doen geloven.

Gouden rijst is niet de beste oplossing voor blindheid. Genetisch gemodificeerde organismen betekenen eerder voortzetting van een niet-duurzame landbouw, zowel aan de kant van de productie (uitputting van de bovenste bodemlaag) als aan de kant van de consumptie (te veel van het verkeerde eten).

Hoe is het mogelijk dat de Zwitserse onderneming die het beheer heeft over gouden rijst, het exclusieve patent had (tot 2012) en flinke winst maakte op de verkoop van de 'rijst tegen blindheid'? Als het erom gaat geld te verdienen en aandeelhouders zo veel mogelijk rendement uit te keren, dan moet dat er bij de campagne om blindheid uit te bannen toch bij worden gezegd.

We gaan niet zeggen dat zakendoen slecht is. We moeten onszelf voortdurend afvragen: is er een betere manier? En in dit geval is het antwoord: er is inderdaad een veel betere manier. Die betere manier pakt onze tekortkomingen aan zonder de wereld honger te laten lijden. Het wordt tijd om te stoppen met het verhelpen van onze problemen door snelle oplossingen en te beginnen met het toepassen van blijvende oplossingen die in de loop van de tijd altijd verder ontwikkeld kunnen worden.

In Brazilië hebben we berekend dat de hoeveelheid bètacaroteen die jaarlijks per hectare op een natuurlijke manier kan worden geproduceerd door het ecosysteem dat rijst zo concurrerend maakte, veertig keer hoger is dan wat er ooit door genetische modificatie in de rijst gebracht kan worden. En dat is mogelijk tegen lagere kosten.

Dus we kunnen niet tegen ggo of tegen gouden rijst zijn. Ik ben altijd geneigd te vragen: hoe kun je een doel het beste bereiken? Als dat doel is het bestrijden van blindheid als gevolg van een tekort aan bètacaroteen, dan is gouden rijst een povere oplossing. Sterker nog, het is een dure en tamelijk ineffectieve methode vergeleken bij de geïntegreerde-landbouwtechnieken die aantoonbaar werken. We moeten ons de volgende vraag stellen: verdienen boeren meer geld door blindheid uit te roeien? Of kost deze rijst meer, louter om de winst van de leverancier te verhogen?

De onderneming die gouden rijst ontwikkelde vroeg daarbij al snel steun van de Verenigde Naties en verzocht regeringen haar met een exclusieve vergunning aan het werk te gaan. Is het ethisch dat een onderneming een exclusief patent gebruikt om te profiteren van het uitroeien van blindheid, vooral als ze subsidies en belastingvoordeel aanvraagt om een minimumrendement te garanderen?

Als de VN betaalt of regeringen het verschil compenseren, dan wordt de rekening betaald met belastinggeld! Ik ben er fundamenteel tegen de overdracht van de verdiensten van burgers om een winstmarge te garanderen, en tegen het subsidiëren van onderzoeksprogramma's die geen enkel fundamenteel pro-

bleem oplossen, maar de uitdagingen van onze tijd slechts aanpakken met lapwerk.

Tot nu toe heb ik voor elk probleem dat me is voorgelegd om ggo te rechtvaardigen veel betere oplossingen gevonden, die leiden tot meer opbrengst in het algemeen (niet voor één gewas), een bijdrage leveren aan de gezondheid en bestaansmiddelen van iedereen en honger voorgoed uitbannen. En wat blijkt? Die oplossingen zijn ook nog concurrerender.

**HET GLAS IS NOOIT
HALFVOL OF HALFLEEG.
HET IS ALTIJD VOL
MET WATER EN LUCHT.**

G.P.

CHINA ZAL ZICHZELF VOEDEN

Als er één land is dat weet hoe het zichzelf moet voeden, dan is het China. Maar door een belangrijke verschuiving in het voedingspatroon, de toegenomen consumptie van vlees, tarwe, melk en maïs, samen met een massale verstedelijking, kan het mondiale voedselbevoorradingssysteem in zijn voegen gaan kraken. Meer dan twintig jaar geleden stelde professor Lester Brown al terecht de vraag: ‘Wie zal China voeden?’, en onlangs: ‘Kunnen de Verenigde Staten China voeden?’ Zoals Brown aan de hand van een overweldigende stroom feiten helder uitlegt, vertegenwoordigt de Chinese middenklasse een nieuwe generatie die opgroeit met hamburgers, milkshakes en broodjes. Dit heeft tot zo’n verschuiving in eetvoorkeuren geleid dat het nieuwe Chinese voedingspatroon, en het productievermogen van de Chinese landbouw, de prijzen van alle internationaal verhandelde voedingsartikelen beslist sterk onder druk zal zetten. Dat zien we nu al.

Als uitgever van enkele Europese edities van het gezaghebbende jaarverslag ‘De toestand van de wereld’, opgesteld door Lester Brown en zijn team van het World Watch Institute, had ik het voorrecht getuige te zijn van hoe de nieuwe gegevens over tarwe-import gelijk opgaan met een enorme import van water. Wijzigingen van het voedingspatroon samen met hydrologische veranderingen leiden de Chinezen te dwingen tot een importstrategie die de productiecapaciteit van de aarde al snel onder druk zou kunnen zetten. Hoewel de door Brown opgeworpen vragen aanvankelijk tot opschudding leidden, werden de trends in de loop van de tijd door historische cijfers bevestigd en begint iedereen zich zorgen te maken over de legitieme vraag die hij in 1995 al stelde.

China heeft zichzelf de hele geschiedenis door kunnen voeden en is een be-

langrijke innovator op agrarisch gebied. De mensen in de Centrale Laagvlakte hebben landbouw geïntroduceerd in nauwe relatie met waterbeheer. Circa 250 jaar voor onze jaartelling bouwden ze in Sichuan het eerste irrigatiesysteem van Duijiangyan, dat op de Werelderfgoedlijst staat. In 486 voor onze jaartelling begon men het Groot Kanaal te graven, dat eeuwen later werd voltooid tijdens de Sui-dynastie (581-618). Met dit gigantische infrastructurele werk verbond men tijdens de Yuan-dynastie over een totale lengte van 1794 kilometer de vijf voornaamste afwateringsrivieren van China, de Hai, de Gele Rivier, de Huai, de Yangtze en de Qiantang, met een reeks meren ten behoeve van de scheepvaart, irrigatie en hoogwater- en afwateringsbeheer.

In de Centrale Laagvlakte verbouwde men granen als rijst, twee soorten gierst en tarwe, plus bonen. Men hield huisdieren en vee (paarden, rundvee, schapen, varkens, honden en kippen), produceerde zijde, kweekte groenten en oliehoudende gewassen, er werd brandhout gesprokkeld, gevestigd en er werden bijproducten verwerkt. De nadruk op zowel landbouw als zijdecultuur was het voornaamste kenmerk van de traditionele kleinschalige boereneconomie in het oude China, waarbij de bovenste bodemlaag voortdurend werd aangevuld. Daardoor had China vroeger een zelfvoorzienende economie. Tegenwoordig heeft het land 1,3 miljard inwoners en de prognose voor 2030 is 1,5 miljard. Op grond van het huidige gemiddelde cijfer van 400 kilo graan per hoofd van de bevolking per jaar, zou de jaarlijkse behoefte aan graan dan om en nabij de 600 miljard ton liggen (1,5 miljard x 400 kilo). Tegenwoordig kan China jaarlijks 500 miljard ton granen produceren. Waar moeten die extra 100 miljard ton in de toekomst vandaan komen?

Die uitdaging is nog groter geworden doordat de vruchtbaarheid van het akkerland is teruggelopen. Na dertig jaar intensieve landbouw is het organisch materiaal in de bodem gemiddeld nog maar 1 procent. Men gaat ervan uit dat de bovengrens voor toepassing van chemische meststoffen ligt op 225 kilo per hectare, maar het Chinese gebruik was bijna tweemaal zo hoog. De bodem verhardde en werd ondoorlaatbaar. Het opbrengsteffect van het extra gebruik van meststoffen neemt af. Tegelijkertijd produceert de intensieve veehouderij 2,7 miljard ton dierlijke mest per jaar, waarvan slechts 30 tot 40 procent wordt gebruikt. Door de komst van westerse landbouwtechnieken zijn akkerbouw en veeteelt gescheiden en nu vervuult die ongebruikte 60 tot 70 procent de bodem en het grondwater. De traditionele Chinese landbouw is vervangen door 'petrochemische landbouw', met agrochemische stoffen, kunstmest, bestrijdingsmiddelen, toevoegingsmiddelen en mulch-afdekking. Door het verwestersen van de voedselproductie zijn de fundamenteën van de Chinese landbouw in het algemeen en de voedselzekerheid in het bijzonder aangetast.

Voortbouwen op de traditie of de VS nadoen

Hoewel China vrij is om zelf te bepalen welke keuzes het maakt om te voorzien in alle basisbehoeften aan water, voedsel, huisvesting en energie, geeft een portefeuille aan innovaties inzicht in de mogelijkheden die het land heeft om te voorzien in alle noodzakelijke voedingsstoffen. Daar moet meteen bij worden gezegd dat het onmogelijk is om aan de vraag te voldoen als de Chinezen de ongezonde en niet-duurzame levensstijl van de westerse wereld overnemen. Zoals Lester Brown uitvoerig heeft beschreven, is het gewoonweg onmogelijk om tegemoet te komen aan de basisbehoeften van iedereen op deze wereld, te beginnen met de Chinezen, als de voedingsgewoonten en consumptiepatronen van het Westen, met name die van de VS, worden overgenomen. Als China afwijkt van het westerse model en vertrouwt op innovatieve benaderingen die vaak berusten op de traditionele Chinese praktijk, kan het zichzelf voeden.

Als het land echter het westerse productie- en consumptiemodel overneemt, dan is de enige mogelijke manier om in de behoeften aan water en voedsel te voorzien de grootscheepse introductie van genetisch gemodificeerde granen, fruit, groente en zelfs dieren voor de consumptie. Dan moet het land vertrouwen op beheersingsmechanismen als hormonen, enzymen en antibiotica om voorspelbare resultaten te garanderen. Als biologische processen voorspelbare resultaten moeten hebben, is dat alleen mogelijk door het beheersen van het groei-proces met chemie in het algemeen en biochemie in het bijzonder. Tenslotte volgt de steeds veranderende wisselwerking van de vijf rijken van de natuur (*monera*, *protista*, *fungi*, *plantae* en *animalia*) haar evolutionaire weg en onttrekt ze zich aan voorspelbare resultaten. Aangezien natuurlijke systemen zich altijd zullen aanpassen aan nieuwe omstandigheden en evolueren in samenhang met de onophoudelijke wijzigingen in milieucondities, zijn de resultaten van voedselproductie nooit te garanderen. De enige manier om met deze vertechniseerde voedselproductie die opbrengstdoelen te bereiken is door tegen hoge kosten de schommelingen in milieuomstandigheden en de voortdurende mutaties van het proces te beheersen.

Nieuwe wetenschap

Hoewel het definitieve woord over ggo (genetisch gemodificeerde organismen) nog niet is gesproken, is het duidelijk dat tegen de evolutionaire weg van de natuur ingaan een van de beste recepten voor mislukking is. Dat komt niet zozeer doordat hormonen en antibiotica in combinatie met genetische modificatie niet effectief zijn, maar door de hoge kosten van deze aanpak en het gehanteerde bedrijfsmodel. Misschien is het het zakelijk gezien wel zinvol om strikt te berekenen hoeveel voordeel het oplevert om minder bestrijdingsmiddelen te gebruiken door een aardappel genetisch zo te modificeren dat hij resistent is voor een insect of schimmel. Welke kosten en risico's deze nieuwe variëteiten

op de lange termijn met zich meebrengen voor het ecosysteem is echter beslist nog onduidelijk. Wanneer die risico's werkelijkheid worden, zal het te laat zijn om in te grijpen. We zouden ggo op dezelfde manier moeten benaderen als defensie. Kun je van bewapening en burgerbescherming afzien omdat er geen wetenschappelijk bewijs is dat de vijand zal aanvallen? Juist omdat er geen bewijs is, moet je voorbereid zijn. Als je wacht totdat er bewijs is, is er geen tijd meer om te reageren als dat er eenmaal is. Daarom heb ik altijd voorgesteld om te werken met wat we hebben en gezamenlijk deze evolutionaire weg in te slaan om baanbrekende resultaten te bereiken in harmonie met de natuur. In plaats van tegen alle krachten van de natuur in onze eigen golfslag (ggo) te creëren, moeten we ons op de golven laten meevoeren door van de natuur te profiteren.

Ondernemingen die genetische modificatie als oplossing voorstellen voeren deze technologische ontwikkelingen alleen uit op basis van eigen knowhow en verbieden boeren en concurrenten de toegang tot hun gepatenteerde oplossingen. De logica van deze ondernemingen bestaat erin de verkoop van zaden te beheersen en een gegarandeerd hoge winstmarge te maken om de investeringen in het moeizame proces om vergunningen te krijgen te rechtvaardigen, meestal tegen de wil van de meerderheid van de bevolking in. De enige manier om deze aanpak te betalen is door te kiezen voor schaalvoordelen. Maar dat zou zelfondermijnend zijn. Naarmate monoculturen zich over de hele wereld uitbreiden, stimuleren aanpassingen in de ecosystemen rondom deze stereotiepe teelten alle andere levende wezens om zich aan te passen en te veranderen, met name de micro-organismen die zichzelf naar believen genetisch kunnen modifieren. Die veranderingen zullen de baanbrekende oplossingen op basis van genetische modificatie ondermijnen en vereisen beslist extra genensplitsing om de aardappels en spinazie tegen weer een andere ziekte te beschermen. En wanneer die ziekte is overwonnen, duikt er weer een andere op. Dat is het fundamentele verschil van een oorzaak-en-gevolgbenadering, waarbij de mensheid (inclusief de ondernemingen die dit model propageren) de controle wil houden en wil profiteren van de voordelen die het creëren van een nieuwe variëteit heeft, en het menselijk verstand weet hoe het de inherente krachten van het leven op aarde moet intomen.

Hoewel ondernemingen met gevestigde belangen en pas opgeleide biotechnologen zullen betogen dat deze 'command and control-aanpak' de enige manier voorwaarts is om de wereld van honger te redden, houdt deze benadering geen rekening met de logica en economie van een andere werkelijkheid tegenover voedselzekerheid. Uiteraard zullen degenen die het meest te winnen hebben bij het streven naar command and control van de biologie het tegenovergestelde beweren en analyses zoals hieronder in twijfel trekken. Het oordeel komt pas over tientallen jaren. Kunnen China, India, Brazilië, Indonesië en Zuid-Afrika dat risico nemen en tot 2040 wachten om te zien of de gekozen weg van

ggo zoals boven beschreven de beste is? En zelfs als ggo-landbouw erin zou sla-
gen in de directe toekomst meer voedsel te produceren, dan zal dat duur zijn en
onbereikbaar voor de meerderheid van de wereldbevolking.

Eerlijken biologisch

Moet de wereld kiezen tussen eerlijke handel en zorgvuldig, op exclusieve
stukjes over de hele wereld verbouwd biologisch voedsel, of genetisch gemodi-
ficeerde, massaal geproduceerde, gestandaardiseerde zaden, die de patenthou-
ders en zaadhandelaren rijker maken dan de boeren? De eerste optie staat be-
kend als de groene economie en de tweede is een essentieel onderdeel van de
groene revolutie 2.0 die wereldwijd aan een groot charmeoffensief is begonnen,
aangezien de winsten voor de voorstanders als gevolg van een wettelijk mono-
polie op basis van patenten simpelweg niet te weerstaan zijn. In plaats van het
debat tussen de groene economie en ggo voort te zetten willen wij als voor-
naamste uitdaging de vraag naar voren brengen hoe we moeten omgaan met de
tegenstelling tussen het gebruiken van land en het behouden van de vrucht-
baarheid daarvan.

Een derde weg

Ik wil aangeven dat het geen kwestie is van of/of, maar eerder een kans om
de regels van het spel te veranderen, ingegeven door de manier waarop de blau-
we economie werkt. We moeten bedenken dat de blauwe economie wil werken
met wat we hebben, in de eerste plaats lokaal, en dat omvat ook lokale biodiver-
siteit. Václav Havel, de Tsjechische toneelschrijver en dissident die later presi-
dent van zijn land werd, verklaarde dat leren het zien is van verbanden die we
niet eerder hebben gezien. Geïnspireerd door die visie stel ik voor dat we ons
concentreren op de basis en beter moeten gaan begrijpen hoe we kunnen rea-
geren op de uitdaging de wereld in het algemeen te voeden en China in het bij-
zonder.

De voornaamste sleutel tot succes op lange termijn in de landbouw en bij
het voeden van een bevolking is de voortdurende vernieuwing van een bovenste
bodemlaag die rijk is aan organisch materiaal. Als een samenleving nalaat haar
bouwland aan te vullen met voedingsstoffen, zullen armoede en voedselonze-
kerheid gaan overheersen. China was de eerste cultuur ter wereld die zich doel-
bewust is gaan bezighouden met het aanvullen van de bodem, beter nog, met
het creëren van een bovenste bodemlaag in gebieden waar die dunne laag le-
venscheppende materie, die een voorwaarde is voor een permanente voedsel-
voorziening, ontbreekt.

Zijde was ontstaan in de tijd van Huang Di (de Gele Keizer), een legendari-
sche heerser en een van de voorvaderen van de Chinese natie, circa vierduizend
jaar geleden. Leizu, de eerste echtgenote van Huangdi, was keizerin. Zij leerde

de mensen hoe ze op droge grond moerbeibomen moesten aanplanten en zich met zijdecultuur gaan bezighouden, om zijde van de cocons af te winden, te spinnen en te weven. Binnen tien jaar leidde dat tot het ontstaan van een dun laagje grond. De uitwerpselen van de zijderupsen die ongeveer de helft van de moerbeibladeren aten werkten als een katalysator op het herstelproces van de bodem, die nu steeds beter beschermd was tegen de zon. Toen er jaren na het begin van dit herstelproces fruit en groente onder de moerbeibomen geplant konden worden, was het duidelijk dat dit een manier van leven zou worden, en die wordt tot op de dag van vandaag nog aangetroffen.

Hoewel zijde bij consumenten nooit uit de gratie is geraakt, konden synthetische vezels als nylon, rayon en polyamide naar believen uit petrochemische stoffen worden vervaardigd. Als gevolg van de lage prijs en betrekkelijke doelmatigheid hiervan is de aanplant van moerbeibomen en de zijdecultuur afgenomen, met name in de delta van de Parelrivier en de Yangtze. De zijdeteelt trekt naar de minder ontwikkelde gebieden in Noord-China. Maar zodra we beseffen dat het mogelijk is om titanium in medische toepassingen te vervangen door rauwe zijde, waardoor deze een waarde vertegenwoordigt die een veelvoud is van die van het gebruik voor kleding, is er een nieuwe logica die ons motiveert om herbebossing met moerbeibomen te overwegen. Miljoenen hectares land zouden kunnen worden gered van woestijnvorming – niet alleen met bomen om kooldioxide op te slaan – met als doel de bovenste bodemlaag te vormen of aan te vullen.

Dat vereist een zorgvuldige keuze van drie soorten die dieren, paddenstoelen, microalgen en bacteriën aantrekken om zich in het gebied te vestigen teneinde die vruchtbare grondlagen waar het leven van afhangt te creëren. Sommige variëteiten moerbeibomen overleven in hun jeugd met weinig water en zijn uiterst gulle bewoners van het ecosysteem. Om woestijnvorming te voorkomen heeft China meer bomen aangeplant dan enig ander land op de wereld, met name in de drie noordelijke delen van het land. China kiest de soorten die passen bij het lokale klimaat en de bodemomstandigheden: de woestijnpopulier (*Populus diversifolia*) in de autonomie regio Xinjiang, de *Paulownia fortunei* langs de Gele Rivier in de provincie Henan, de gingko (*Ginkgo biloba*) langs de noordoever van de Yangtze en de *Taxus chinensis* vanwege zijn grote medische waarde langs de zuidoever. Hoewel ik me kan voorstellen dat China minstens 1 miljoen vierkante kilometer (100 miljoen hectare) met moerbeiachtige bomen gaat herbebossen om de gezondheid van landbouwgrond op lange termijn te behouden, ontstaat er elders een tweede mogelijkheid: de steden.

Herstel van de bovenste bodemlaag

Als we in het oog houden dat voedselzekerheid in de allereerste plaats berust op het herstel van de bovenste bodemlaag als voorwaarde voor 'de capaciteit

om de wereld te voeden', dan is het nodig alle voedingsstoffen uit de stad te herwinnen. Hoewel in de landbouwcultuur van China voedingsstoffen duizenden jaren lang gerecycled zijn door middel van een verfijnde combinatie van anaerobe vergisters, algenteelt in de biomassa, meervoudige oogsten, combinatieteelt, wormenteelt, paddenstoelencultuur en viskwekerijen met veel variaties op hetzelfde thema afhankelijk van de lokaal voorhanden grondstoffen, is deze benadering door de voortgaande verstedelijking op een zijspoor terechtgekomen. De Chinezen beoefenden al honderden jaren voordat dat begrip in westerse samenlevingen zelfs maar bestond permacultuur (ecolandbouw). De vraag die China moet oplossen is hoe het kan voorkomen dat het in de val van de moderniteit trapt, waarbij al die waardevolle grondstoffen veranderen in problemen, van kostbare systemen voor de zuivering van afvalwater, tot grondwatervervuiling en stinkende stortplaatsen die enorme hoeveelheden methaangas uitstoten, met oplossingen die alleen geld kosten.

China is een van de landen in de wereld die al vroeg in hun geschiedenis gebruikmaakten van biogastechnologie. Tegen het einde van de negentiende eeuw stonden er al simpele biogasvergisters in de kuststreken van Zuid-China. In 1920 bedacht en bouwde Luo Guorui een biogastank van 8 m³ en zette hij de Santou Guorui Biogas Lamp Company op. Hij verplaatste het bedrijf naar Sjanghai en vestigde een heleboel filialen langs de Yangtze en in de zuidelijke provincies. In 1935 verscheen *Chinese Guorui Biogas Digester Practical Lecture Notes*, de eerste verhandeling over biogas in China en de rest van de wereld. Eind 2006 had China in landelijke gebieden 18,7 miljoen vergisters gebouwd, 140.000 afvalwatervergisters en meer dan 2000 technische installaties voor de productie van biogas uit afvalwater van vee, gevogelte en de industrie, met een jaarlijkse productie van 9 miljard m³, die biogas van hoge kwaliteit leveren aan 80 miljoen mensen. Naar verwachting zal de jaarlijkse productie van biogas in 2020 25 miljard m³ bedragen. Een Engelse landbouwkundige zei ooit dat als Chinese boeren alle verteerde organische stof aan de bodem teruggeven, China voor het eind van de jaren zeventig van de twintigste eeuw een grote plattelandsbevolking kon onderhouden en tegelijkertijd de bodemvruchtbaarheid op peil kon houden.

Behalve dierlijk afval zijn er in elke samenleving nog twee andere belangrijke stromen voedingsstoffen voor de bodem: menselijke mest en voedselafval. De westerse oplossingen voor menselijke mest zijn septische tanks die zijn aangesloten op de riolering en waterzuiveringsinstallaties, en stortplaatsen of verbrandingsinstallaties voor de tweede afvalstroom van voedselresten. Als China deze twee mogelijkheden, die door onder meer de Wereldbank sterk worden aanbevolen, omarmt als een manier om tot de moderne wereld toe te treden, komt het herstel van de bovenste bodemlaag in gevaar. Het gaat niet alleen om traditie of technologie, het gaat erom de Chinese economie te veranderen in een economie die vele malen efficiënter is dan ooit in de westerse cultuur mogelijk

is geweest. Hoewel Leonardo da Vinci ooit steden ontwierp waarin de stroom van menselijke uitscheidingsproducten en voedselresten zorgvuldig de stadscentra uit werd geleid om de gezondheid van de burgers te beschermen en een bron te vormen voor verdere productie, is dat logische inzicht nooit door westerse samenlevingen overgenomen. Het hergebruik van organisch afval is een kwestie van slimme economie, het weerspiegelt het bewustzijn dat het van strategisch belang is om voedingsstoffen permanent te hergebruiken en te garanderen dat de natuurlijke kringlopen ononderbroken doorgaan. Daarbij kun je energie produceren, met name biogas, kooldioxidegas dat nodig is voor industrieel gebruik, en meststoffen die de bovenste bodemlaag herstellen en in sommige omstandigheden zelfs die bovengrond creëren.

Menselijke mest, oftewel beer, die van oudsher een positieve waarde had, wordt in de westerse samenleving als een probleem gezien. Dat is hij alleen wanneer urine en feces worden gemengd met water, waarbij niet alleen de voedingswaarde verloren gaat, maar ook de meest waardevolle grondstof wordt verspild die voor voedselzekerheid nodig is: water! Chinese boeren zijn altijd gericht geweest op waterbehoud. De eerste irrigatiekanalen ter wereld werden aangelegd in China, waar in de Chengdu- en Guanzhong-vlakte een watertekort bestond. In de delen van China waar te veel water was, werden dijksystemen ontwikkeld om het water te bewaren in vijvers die bovendien mogelijkheden voor eiwitproductie boden. In beide omstandigheden zette China het probleem van ofwel te weinig ofwel te veel water om in mogelijkheden om voedsel te produceren. Het is belangrijk om erop te wijzen dat regenwater geen voedingsstoffen bevat en daarom moet worden verrijkt om noodzakelijke energieleveranciers naar de wortels te leiden, die anders nooit zouden uitlopen.

Terugwinning van water

Stedelijke samenlevingen hebben een generatie de tijd om een aangepast model te bedenken van hun plattelandsgebruiken ten aanzien van voedselkringlopen. Als we de bestaande infrastructuur in pas bebouwde stedelijke gebieden bekijken, ziet het er naar uit dat het in China tijd wordt voor een eenentwintigste-eeuwse editie van de dijken en vijvers. De Chinese regering heeft al veel geld geïnvesteerd in nieuwe gemeentelijke afvalwaterzuiveringsinstallaties. Tegelijkertijd hebben huishoudens in de steden geen middelen om in hun flat organisch afval te composteren, zodat dit terecht komt op stortplaatsen en steeds vaker naar fabrieken gaat waar het wordt omgezet in energie. China kan het zich niet permitteren die voedingsstoffen te verspillen of op een lineaire manier te verbranden. Het moet alles gaan terugwinnen, alles wat bestaat uit water en voedingsstoffen. De kwestie is: hoewel er belastingen worden geheven om riolering, waterzuivering en stortplaatsen te betalen, bestaat er geen mechanisme om het herstel van de bovenste bodemlaag te betalen, een proces dat

altijd als iets gemeenschappelijks beschouwd is. Ook watervoorziening was tot voor kort gemeenschappelijk, maar steden verspillen deze waardevolle grondstof, zodat er schaarste ontstaat en de enige mogelijkheid waar de moderne samenleving mee gekomen is, is de commercialisering en privatisering van de watervoorziening.

De blauwe economie zou het terugwinnen van de bovenste bodemlaag en water met alle beschikbare middelen aanpakken. De bestaande waterzuiveringssystemen produceren slib. Sommige installaties doen een poging om tegen hoge kosten en met matig succes biogas te produceren. Maar door het slib te combineren met de biologische bestanddelen van vast stedelijk afval kan de gasproductie verrassend toenemen. De stad Ulsan in Korea deed dit als eerste met behulp van de beste kennis uit de hele wereld en bouwde bij het gemeentelijk waterzuiveringsbedrijf een vergister van 14.000 m³, die dagelijks 30.000 m³ gas oplevert. Als dat ook in Seoul zou gebeuren, alleen bij de vier grootste waterzuiveringsinstallaties, zou de totale productie van biogas naar schatting jaarlijks 400 miljoen m³ bedragen. Als deze logica naar metropolen als Sjanghai zou worden uitgebreid wordt het verbijsterende cijfer van 1 miljard m³ biogas per jaar haalbaar. Slib uit de vergister is een bijproduct met 60 tot 70 procent gemineraliseerde stof: een ideale aanvulling voor landbouwgrond. De productie van biogas met een rendement van meer dan 20 procent, levert bovendien 1 miljoen ton voedingsstoffen op (1 ton voor elke 1000 m³). In plaats van geld te kosten, levert deze benadering voldoende inkomen op om de investeringen te financieren, en levert ze grond op voor de gemeenschap.

Dit voorbeeld laat zien dat alle oplossingen met elkaar samenhangen. In onze zoektocht naar meer grond vonden we meer energie en meer water tegen lagere kosten. Deze innovatieve aanpak is niet alleen goedkoper, maar levert ook meer inkomsten op en vermindert de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. In plaats dat burgers belasting moeten betalen om vervuild water te reinigen en nog eens om hun afval kwijt te raken, zorgt een slimme investeringsstrategie voor een lagere stadsbegroting en meer inkomsten, en verzekert deze de band tussen de stad en het omringende platteland, dat afhankelijk is van de voedselkringloop om zijn capaciteit om voedsel te produceren op peil te houden of misschien te versterken. Dat zou zelfs kunnen leiden tot belastingverlaging, wat kiezers en beleidsmakers altijd op prijs stellen. Bovendien vermindert de impact op het klimaat.

De grotere vraag naar water wordt maar deels opgelost. Maar er is steeds meer water nodig. Steden gebruiken kostbaar water om wc's door te spoelen in plaats van voor irrigatie. Door een uiterst efficiënte toiletspoeling die maar anderhalve liter water per keer gebruikt en een nieuw toilet zonder water te installeren, is het mogelijk te besparen op water en elementen die bijdragen tot het herstel van voedingsstoffen in de bodem. Helaas leggen te weinig strategische

denkers het verband tussen voedingsstoffen, menselijke mest, stortplaatsen en energie en water. Toch zullen juist deze geïntegreerde benaderingen de basis leggen voor een strategie die garandeert dat China zichzelf kan voeden.

Geïntegreerde landbouwsystemen

Nu de basis voor een kringloop van voedingsstoffen en water is gelegd, zijn de twee belangrijkste voorwaarden gewaarborgd. Er is nog een tweede innovatie nodig, namelijk de herontdekking van geïntegreerde landbouwsystemen. China is altijd erg goed geweest in het hergebruiken van voedingsstoffen en energie, wat in de tegenwoordige tijd is omgedoopt tot het cradle-to-cradle-principe. Ik herinner me nog goed mijn eerste bezoek aan het Asian-Pacific Regional Research and Training Centre for Integrated Fish Farming in Wuxi. Dat systeem genereert zo veel voedingsstoffen dat er *aquaponics* (drijvende tuinen) in de vijvers moeten komen om dit biologische materiaal om te zetten in voedsel dat de wortels die in het water hangen makkelijk kunnen opnemen, hetgeen ideaal extra voedsel is voor vissen en de opname van voedingsstoffen in het systeem verder bevordert.

Professor George Chan, geboren op Mauritius, heeft na een verblijf van vijf jaar in het huis van zijn Chinese voorouders erg veel ervaring met geïntegreerde landbouw. Vlak na de Tweede Wereldoorlog studeerde hij sanitaire techniek aan Imperial College in Londen. De logica om varkens te voeren met voedselafval is niets nieuws en bestaat al eeuwen. Vergisting van mest is ook algemeen bekend en wordt veel toegepast. Door het slib van biogasproductie om te zetten in een basisvoedingsstof voor microalgen, het belangrijkste voedsel van planktoneters en bodemorganismen, wordt het mogelijk plankton etende vissen te kweken zonder kunstmatig voer. In China vindt polycultuur altijd plaats met zeven vissoorten in dezelfde vijver, waaronder plankton etende soorten en herbivore, omnivore en carnivore soorten. Feitelijk is het een nabootsing van aquatische ecosystemen in de natuur met vele soorten die verschillende ecologische niches kunnen bezetten.

Overvloed!

Dit systeem genereert zo veel voedingsstoffen dat er waterplanten moeten worden toegevoegd om dit biologische materiaal in voedsel om te zetten (waarvoor het makkelijk is op te nemen door in het water hangende wortels), een ideale extra voedingsbron voor herbivore vissen die de opname van voedingsstoffen in het systeem verder verbetert. Je moet wel onder de indruk zijn van zo'n efficiënt systeem, dat elk ander ooit bedacht of toegepast landbouwsysteem overtreft. Met weinig onderhoud, een hoge opbrengst en weinig arbeid wordt ingespeeld op de behoeften van de moderne Chinese samenleving, die de komende twintig jaar te maken krijgt met een vergrijzende bevolking en daarom

de productiviteit daarom moet aanpakken op een manier die elke bestaande norm overtreft.

De initiatieven die worden ontplooid krijgen te maken met het stijgende zeeniveau en de 1,2 miljoen hectare vlak land langs de kust dat waarschijnlijk te kampen krijgt met verzilting en alkalisering als gevolg van klimaatverandering. In 2015 was in Jakarta het 9de wereldcongres over zero-emissie en blauwe economie, georganiseerd door de Indonesische Blue Economy Foundation. Ik reisde toen langs de kust van het Indonesische eiland Java, en het werd me duidelijk dat China, Indonesië en vele andere kustlanden de teelt van zeerijst moeten omarmen of te maken krijgen met de tegenspoed van klimaatverandering.

Professor Li Kangmin, al vanaf het begin in 1994 lid van het ZERI-netwerk van wetenschappers en een 'leerling' van professor George Chan, heeft veel over geïntegreerde aquacultuur geschreven. Twee van zijn artikelen, 'Extending Integrated Aquaculture to Mariculture in China – New Trends in Fish Farming' en 'New Ideas and Approaches to Sustainable Seafood Products', weerspiegelen zijn ervaring en visie. Li Kangmin vertelde ons over een grote doorbraak in China. Dertig jaar geleden ontdekte Chen Rishen, student aan Zhanjiang Agricultural College (Guangdong), tijdens een onderzoek met zijn docent, professor Luo Wenlie, een bloeiende wilde plant die wel wat weg had van rijst. In 1987 begon Chen Rishen die zeerijst te testen en 28 jaar later had hij al een gebied van 133 hectare. Hij zette in Beijing de International Sea-Rice Biotechnology Company Ltd op met tachtig onderzoeksmedewerkers. Het Chinese ministerie van Landbouw voerde proeven uit op alkalische en zouthoudende bodem in Lingshui in Hainan, Zhanjiang in Guangdong en Panjin in Liaoning. Die proeven toonden aan dat de rijst kan groeien in een bodem met een pH van 9,3, waar geen enkele boom het volhoudt. De zeerijst kan tegen natte grond en heeft er geen problemen mee als hij bijvloed drie tot vier⁴ uur in zeewater staat. Omdat zeerijst geen zoet water nodig heeft, bespaart de teelt zo'n 1000 m³ zoet water per ton rijst, en kunstmest is niet nodig.

China heeft naar schatting 100 miljoen hectare zouthoudende, alkalische bodem, Indonesië naar schatting 150 miljoen hectare in zijn kuststreken, die de langste zijn ter wereld. Als beide landen rijst op zouthoudende grond zouden kunnen telen, met een opbrengst van 2250 kilo per hectare, dan is in China een extra productie te verwachten van 225 miljoen ton en in Indonesië 337 miljoen ton. De conclusie van dit baanbrekende productiviteitsniveau is dat zowel China als Indonesië zichzelf kunnen voeden. Maar als we daar de hier beschreven clusters aan toevoegen en ook de paddenstoelenteelt op rijststro, en daarbij het substraat na de oogst van de paddenstoelen omzetten in diervoeding, dan beseffen we pas dat deze wereld kan zorgen voor overvloed waar de meeste mensen schaarste zien. We zien miljoenen nieuwe banen waar anderen zich zorgen maken over het terrorisme en het extremisme als gevolg van hoge jeugdwerkloos-

heidscijfers, waarvoor het traditionele economische globaliseringsmodel op basis van alle statistische analyses geen oplossing ziet. Daarom weigeren we statistieken als de werkelijkheid te beschouwen. We beseffen heel goed dat we een nieuwe werkelijkheid moeten creëren.

Niemand kan beweren dat China zichzelf kan voeden met een paar bladzijden informatie, maar het is duidelijk dat het land alle basiskennis en de traditie en cultuur heeft om dit doel te verwezenlijken. In plaats van haastig ggo en chemische bestrijding te omarmen, moeten we meer tijd nemen om uiterst efficiënte vormen van geïntegreerde landbouw toe te passen, waarmee Chinese boeren in de afgelopen achtduizend jaar zo succesvol de hele bevolking hebben kunnen voeden. De grootste uitdaging is misschien wel om China te moderniseren en tegelijkertijd de methoden te omarmen en te versterken die in de loop van de Chinese geschiedenis het fundament vormden van zijn grootheid. Deze holistische aanpak – een netwerkgerichte manier van denken en zorgvuldige collectieve planning met een opmerkelijk vermogen om natuurlijke processen te observeren en na te bootsen – is niet alleen nodig om te garanderen dat China zijn burgers kan voeden. Zo'n aanpak is ook nodig om te verzekeren dat de hele wereld een productie- en consumptiesysteem kan gaan toepassen dat tegemoetkomt aan de behoeften van ieder, waarin wat noodzakelijk en voordelig is voor mensen en de natuur goedkoop is en de onontbeerlijke gemeenschappelijke eigendommen gratis zijn.

De Belgische Nobelprijswinnaar Ilya Prigogine heeft erop gewezen dat in de traditionele Chinese filosofie nadruk ligt op het bestuderen van harmonie en coördinatie, en op holisme en spontaniteit. De ontwikkeling van de moderne wetenschap sluit meer aan bij Chinese filosofische denkbeelden. Als de westerse wetenschap inzicht krijgt in de volledigheid en harmonie van de Chinese cultuur, zal dat leiden tot een nieuwe natuurfilosofie en nieuwe opvattingen over de natuur. Een systeem dat inderdaad kan garanderen dat China zichzelf kan voeden, zoals het al achtduizend jaar doet.

**HET IS BELANGRIJK TE WETEN
WAAR WE HEEN GAAN
MET EEN KLARE KIJK OP HET DOEL.**

Chinees gezegde

VOOR DE NEDERLANDSE EDITIE EEN NIEUW CONCURRENTIEMODEL VOOR DE LAGE LANDEN

In de vijftiende en zestiende eeuw vormden de zuidelijke en noordelijke Lage Landen een politiek losse, maar handelseconomisch sterke regio, die concurreerde met de grootmachten van die tijd. In de loop van de Tachtigjarige Oorlog werd deze macht echter gebroken; na de val van Antwerpen kwamen de zuidelijke provincies onder het katholieke, Spaanse juk, terwijl in het noorden de Republiek der Zeven Provinciën vorm kreeg. Van het rijke en intellectueel ontwikkelde leven in de Vlaamse steden bleef niet veel over. Wie ook maar iets betekende, vluchtte dan ook de Schelde over. Terwijl 'Nederland' zich in de zeventiende eeuw ontpopte tot een wereldhandelsmacht bleven de Vlamingen doorboeren. In 1815 moest Frankrijk, na de definitieve val van Napoleon, de zuidelijke Lage Landen afstaan aan het Koninkrijk der Nederlanden van Willem I. Het verenigen van noord en zuid was echter van meet af aan een moeizame onderneming en in 1830 scheidden de zuidelijken zich af en was België geboren.

Na de Tweede Wereldoorlog ten slotte herleefde weer iets van de cultuurgemeenschap, en het gevoel van economische verbondenheid, toen België, Nederland en Luxemburg de Benelux vormden, een levend laboratorium voor een douane-unie, die decennialang de Europese Unie inspireerde.

Nederland bouwde zijn multinationals uit die vandaag nog altijd trots zijn op hun onafhankelijkheid. Vlaanderen legde zich meer toe op de uitbouw van kleinere familieondernemingen, die het tezamen uitstekend doen als exportregio. Toen Europa vervolgens uitgroeide tot een unie van 27 naties veranderde de concurrentiekracht van alle bedrijven in deze nieuwe geglobaliseerde markt. Hoe kunnen we als klein land op wereldschaal competitief blijven wanneer de

loonkosten duidelijk hoger liggen en er lokaal nauwelijks grondstoffen voorhanden zijn? Hoe kunnen onderzoek en ontwikkeling zich oriënteren op nieuwe toekomstsectoren? Wat moet de overheid nu verder aanzwengelen? En wie inspireert de volgende generatie ondernemers?

De blauwe economie begint een toekomstgerichte analyse – een scan – op basis van wat er lokaal beschikbaar is. Het is daarom de vraag of gesloten steenkolenmijnen in Vlaams- of Nederlands-Limburg, afgeschreven glasfabrieken voor lampen van Philips, tradities in fruit- en groenteteelt, en dure waterzuiveringsstations nog iets kunnen betekenen voor de volgende generaties. De bloembollen die ooit de pracht en praal van begonia's en tulpen economisch vertaalden, laten lege velden en kassen achter sinds de bloementelers van Colombia, Kenia en Thailand hun zon met harde chemie omzetten in cash, tegen prijzen waar onze bloembollenkwekers niet tegenop kunnen. Wat kunt u dan wel doen zodat er werk is voor jongeren en meerwaarde gegenereerd wordt voor iedereen, om gezondheidszorg te kunnen bieden en zelfs een pensioen op misschien dan toch wat latere leeftijd? Wie heeft de creativiteit en het doorzettingsvermogen om dat nieuwe op te bouwen, wetend dat de overheid budgettair zeer beperkte bewegingsvrijheid heeft? De budgettaire laksheid waarmee subsidies, pensioenen en gezondheidszorg werden gefinancierd is niet meer haalbaar, en een industrieel beleid gebaseerd op staatsingrijpen moet allemaal met belastinggeld gefinancierd worden, geld dat de volgende twee generaties nog moeten verdienen.

Een kringloop die begint in Zonhoven (Vlaams-Limburg)

Toen Mario Fleurinck, de CEO van matrijzenbouwer Melotte, voor het eerst contact met mij zocht met de boodschap dat hij een businessmodel had gecreëerd dat aansloot bij de principes van de blauwe economie, moest ik toch eens een kijkje gaan nemen. Het voerde me terug naar mijn geboorteland België en meer bepaald naar Limburg, waar het bedrijf gevestigd is. Onze ontmoeting was vanaf de eerste minuut wederzijds inspirerend. Mario's businessmodel gebaseerd op 'materiaalaangroei' (*additive manufacturing*, ook wel 3D printing genoemd) was bijzonder op vele vlakken. Hij slaagt er namelijk in om met minimaal energie- en materiaalverbruik, en zonder water metalen onderdelen als het ware te laten 'groeien'. Hij maakt metalen voorwerpen met een verbetering van materiaalefficiëntie met een factor 12. Materiaalaangroei vertrekt vanuit een concrete vorm en enkel wat binnen en buiten het object geometrisch noodzakelijk is wordt opgebouwd. Dat is een groot verschil met subtractieve methoden waar men begint met een stuk metaal dat steeds verder verwerkt, geschaafd, gepolijst en verkleind wordt om uiteindelijk de gewenste vorm over te houden. Dankzij opbouwen in plaats van wegnemen verbruikt materiaalaangroei zeven

keer minder energie. Ronduit indrukwekkend dus en volledig in lijn met de noodzaak om de druk op het milieu te verminderen.

Mario wordt best getypeerd als een out-of-the-box-ondernemer met sterke interesse in ecosystemen als inspiratie voor business en de ontwikkeling van duurzame businessmodellen waar mens en lokale cultuur centraal staan. Als hyperactieve rebel groeide hij op in een ondernemend gezin. Mario's vader introduceerde hem in de boeiende wereld van technologisch ondernemen. Zijn eerste contact met materiaal aangroei bij Boeing en de Sandia National Laboratories in de VS in 1996 bepaalde vroeg zijn loopbaan. Al gauw zag hij dat materiaal aangroei de industriële productie fundamenteel zal veranderen. Doordat Mario geen diepgaande wetenschappelijke opleiding kreeg, durfde hij radicaal vernieuwend te denken. Ik kon hem goed volgen. Ik was in staat om innovatief een zeepfabriek te leiden aangezien ik er geen ervaring mee had. Verder had Mario het karakter om zijn visie door te voeren, en zo is Direct Digital Manufacturing in Limburg geboren.

Sinds 2008 ontwikkelt en produceert Melotte onder meer metalen draagstructuren voor uitneembare gebitsprothesen, kronen en bruggen. Het analoge en arbeidsintensieve proces werd onder druk van kostenbesparingen uitbesteed in Azië. In zeer korte tijd werd China's werelds leverancier van gebitsprothesen. China heeft de macht van kennis versterkt met een quasimonopolie in strategische grondstoffen, waaronder kobalt, chroom en titanium. Dit, gecombineerd met een groot tekort aan lokale tandtechnici en een constant groeiende vraag in Europa, de VS en Japan, leidt tot een explosieve mix. Daarenboven stijgt de vraag naar grondstoffen wereldwijd en aangezien er een mogelijke schaarste wordt verwacht, schommelt de prijs erg. Wat zal China doen wanneer de schaarste toeneemt? Zal de bevoorrading van de interne markt voorrang krijgen, of zal het zakelijk en financieel belang van de export prioriteit hebben? Het lijkt alsof er geen uitweg meer is en dat zoals in veel andere sectoren een nieuw businessmodel zich opdringt – als wij in de Lage Landen tenminste nog tegen betaalbare prijzen mondhygiëne en levenskwaliteit wensen aan te bieden. Een gebitsprothese, met een negatieve invloed op het milieu wegens de afhankelijkheid van mijnbouw, energie voor ontginning, verwerken en transport, legt de vinger op de wonde van de eenzijdige economische globalisering waar winst kortzichtig alles bepaalt.

Dit businessmodel heeft gewoon geen toekomst meer, erger: het biedt niet de zekerheid dat wij in staat zijn aan de basisbehoeften van de bevolking te voldoen. Daarom heeft het team van Mario bij Melotte het volledige proces gedigitaliseerd. Het toevoegen van waarde werd herleid tot drie stappen. Eerst het digitaal scannen van tanden en kiezen, mond en kaakbeen, dan het digitaal ontwerpen van de prothese en ten slotte de productie door middel van materi-

aalaangroei en de levering. Dat is alles. Een patiënt die vandaag gescand wordt, heeft binnen 48 uur een nieuwe, perfect aansluitende prothese in de mond, 100 procent lokaal geproduceerd. Bovendien is alle toegevoegde waarde lokaal, en dat doet de economie tikken. Dat is heel wat beter dan de minimum twee weken wachttijd voor protheses uit China. Een levenscyclusanalyse (bekend onder de Engelse afkorting LCA van Life Cycle Assessment) leert dat de milieubelasting van deze digitale methode acht keer minder is dan de traditionele matrijzenbouw. De kosten bij Melotte zijn zo laag dat de Chinezen hier nooit tegen op kunnen. Zij staan gewoon buiten concurrentie. Door de directe productie daalt de productietijd met 80 procent en verdwijnen alle toxische componenten, water en chemie uit de procesketen. Daarom is de prothese goedkoper dan een analoog model dat in China wordt gemaakt. De materiaalketen sluit, er zijn geen voorraden meer, behalve diegene die in de mond zitten. Dat maakt heel wat geld vrij, ook voor de sociale zekerheid.

De verregaande invloed van Direct Digital Manufacturing herdefinieert het concept van de fabriek in de welvarende landen en bevordert de concurrentiekracht in sectoren die veel bedrijfsleiders, academici en politici al hadden opgegeven. Nu wordt het duidelijk dat een nieuw businessmodel in de maak is, en het lijkt er sterk op dat Mario Fleurinck hierin het voortouw heeft genomen. De ommezwaai van een tekort aan lokale tandtechnici – die nu onder druk staan van de globalisering en weinig toekomst meer zien – leidt naar een sterke toename van de vraag naar programmeurs en ontwerpers die overweg kunnen met de nieuwe technologie. Dit creëert kansen voor een jonge generatie die opgegroeid is in een wereld van Game Boy, Xbox 360, PlayStation en Wii. Zij kunnen meer toepassingen van materiaalaangroei mogelijk maken en de invoering ervan versnellen. Wanneer een kleine onderneming in Zonhoven in staat is om met enkele productiesystemen – die evenveel energie verbruiken als een strijkijzer thuis – China weg te concurreren, en zelfs de restwarmte hergebruikt om er de kantoren mee te verwarmen, dan kunt u zich afvragen wat de impact zou zijn wanneer dit businessmodel op grotere schaal zou worden toegepast.

En dit is nog maar het begin. *Urban mining*, het bovengronds recyclen van grondstoffen, zal duurzaam grondstofbeheer echt een kans geven, en afval omzetten in waardevolle onderdelen met een economisch toegevoegde waarde. De technologie die eerder werd beschreven (Appendix 2, casus 28) stelt ons in staat om kostbare metalen lokaal terug te winnen, bij een lage temperatuur, zonder hoge druk of mechanische processen. De mix van gebruikte waardevolle materialen krijgt ter plekke een nieuwe functie tegen kosten en een milieubelasting die maar een fractie zijn van wat gebruikelijk is. Het zakenidee om recyclingbedrijven te laten betalen om toegang te krijgen tot deze gegarandeerde vloed van afvalstoffen, maakt het plan van urban mining voor de samenleving nog interessanter. Lokale afvalstoffenverwerking creëert nu in één keer inkomsten voor

de gemeente, waardoor de belastingdruk kan afnemen. Dit verhoogt de betrokkenheid van de lokale bevolking, er circuleert lokaal meer geld, en zo neemt de schaarste af.

Van tandheelkunde tot wasmiddelen

De tandheelkunde is een eerste sector waar het bewijs dat het anders kan werd geleverd. Maar er zijn heel wat andere markten die deze transformatie ook kunnen doorzetten. Denken wij aan botvervangende implantaatoplossingen. Korte levertermijnen maken voor een patiënt met een zware schedelbreuk vaak het verschil tussen leven en dood. Urgente levering en nauwkeurige productie zijn twee basisvoorwaarden voor succesvolle implantaten. Hierbij kan Direct Digital Manufacturing een sleutelrol spelen. Kijken wij naar een ander voorbeeld van de rampzalige invloed van de globalisatie op tandheelkunde. Er zijn slechts zes basismodellen in titaniumuitvoering en als het kaakbeen niet voldoende sterk, breed of diep is, dan zal een chirurg een laagje scheenbeen in de mond plaatsen. Waar een optimaal gebruik van de exacte ruimte in de mond veel te duur is als de traditionele techniek wordt toegepast, kan Direct Digital Manufacturing een op maat gemaakt stuk leveren voor de prijs van een standaardmodel. Dat zijn nieuwe voordelen die een startend bedrijf ruimte geven.

Deze doorbraak biedt verder bijvoorbeeld ook inzichten op het gebied van waterbehandeling door middel van vortextoepassingen. Het reconstrueren van natuurfenomenen brengt ons bij de productie van organische vormen, zoals de vortex. Dit zou de markt van wasmiddelen weleens radicaal kunnen veranderen. Een vloeibaar wasmiddel bevat naast chemische en organische bestanddelen vooral water. Een oppervlakte-actieve stof, ook wel tenside, wasactieve stof of surfactant (van *surface active agent*) genoemd, is een stof die de oppervlaktespanning van een vloeistof kan verlagen. Deze mag je niet te sterk concentreren wanneer je oplossingen zoekt in koud water. Te lage dosering vermindert de reinigingskracht van het wasmiddel. Stel je voor dat elke wasmachine uitgerust wordt met een kleine vortexgenerator, gemaakt uit gerecycled roestvrij staal. Het water vloeit onder normale leidingdruk in de vortexgenerator, de wervelbeweging verhoogt de druk en wijzigt de mineraalstructuur – concreet: het onthardt water. Dus, in plaats van een chemische reactie op te zetten wordt in de vortex de druk verhoogd zodat er een chemische transformatie plaatsvindt met eenzelfde effect. De mineralen zijn er nog wel maar zetten zich niet meer vast op het textiel. Tot 40 procent van een wasmiddel bestaat uit chemicaliën om de mineralen in het water te neutraliseren. Die zijn nu niet meer nodig. Dankzij de vortex vermindert het wasmiddelverbruik, dalen de kosten en vermindert de vervuiling door het elimineren van ontharders zoals zeolieten of fosfaten, beide uit mijnbouw. De blauwe economie stelt voor ‘iets te vervangen door niets’, en toch hetzelfde doel te bereiken.

Dat is nog maar een begin. Stop een tweede vortex in de wasmachine en voeg in dat apparaatje geconcentreerde wasmiddelen toe. De werveling vermengt het reinigingsconcentraat perfect in koud water, waardoor de efficiëntie toeneemt. Hier ontstaat opnieuw een volledig nieuw businessmodel, de vraag naar reinigingschemie op basis van palmolie daalt. Ontbossing voor het verbouwen van plantaardige oliën vermindert. Hoteleigenaars vragen altijd om gebruikte handdoeken op de grond te gooien en de andere netjes op te hangen voor hergebruik. Dankzij de vortextoepassing kun je het energie- en wasmiddelenverbruik minstens tot eenderde terugbrengen. Veel minder waterverbruik, dalende transportkosten en lagere operationele kosten. Als bonus is het nog goed voor het milieu en voor andere nieuwe initiatieven, dankzij een slimme keuze van basisgrondstoffen voor het concentraat. Wij stellen voor dat D-limoneen, een extract van de afvalschillen van citrusvruchten, het meest natuurlijke is. Zo zie je naast elke sinaasappelfabriek een zeepfabriekje opstarten. Het zet de bestaande principes op zijn kop.

Radicaal innoveren is gemakkelijker in de periferie dan in het centrum. De doorbraak die Mario Fleurinck realiseert met de digitalisering van dentaaltechniek en de levering van 30.000 maatoplossingen met een doorlooptijd van 48 uur, tegen een competitieve prijs, verliep vrij geruisloos. Nu wordt het duidelijk dat dit misschien het einde inluidt van de traditionele matrijzenbouwers, maar lokale productie leidt tot lokale toegevoegde waarde en hierop worden lokaal belastingen geheven. Deze productietechnologie maakt het mogelijk om productie opnieuw in het centrum van onze steden te positioneren. Toen de industrie grootschalig en vervuilend op zoek naar schaalvoordelen altijd maar meer water en energie verbruikte, moesten de bedrijven het centrum van de stad verlaten. Alle energie-, grondstoffen-, en transportintensieve activiteiten werden in industriezones gestopt. Maar wanneer er geen vervuiling meer is, de grondstoffen lokaal teruggewonnen en verwerkt worden, er geen water verbruikt wordt, en kleinschalige eenheden werken zoals een fotograaf of een slager, waarom zou dan het stadsbeeld niet nog eens grondig veranderen? Zo kan de mobiliteit opnieuw realistisch worden. Het einde van de files begint dan met het herdefiniëren van productie, en die gaat daarheen waar de meeste vraag is: in de stad.

De volgende industriële en economische omwenteling zal design en productie lokaal verankeren. Dat leidt misschien tot minder omzet, maar ook tot hogere meerwaarden die in de lokale economie circuleren. Beter nog, deze modellen zetten de natuur terug op haar evolutiepatroon. De lokale vraag naar gebitsprothesen en wasmiddelen zijn slechts twee eenvoudige voorbeelden. Wij beginnen niet gewoon met wat we hebben, wij beginnen met wat we lokaal nodig hebben en brengen een netwerk van doorbraken en radicale innovaties samen. De sleutel tot succes is het verminderen van mijnbouw en transport, niet omdat wij er tegen zijn, maar omdat het beter, gezonder en efficiënter kan. Daarbovenop vertalen we

lokale productie in een hogere bewustwording en betrokkenheid van het individu, en in lokale meerwaarden. Zo kunnen inkomsten welvaart opbouwen. Ja, er ligt een mooie toekomst in het verschieft in de Lage Landen.

Een overvloed aan water

De Lage Landen hebben een uniek probleem: te veel water. De hele wereld lijdt onder een tekort, hier is er te veel. Maar de overvloed is niet automatisch een voordeel. De waterkwaliteit haalt volgens de Europese Unie niet altijd het minimumniveau dat van drinkbaar water verwacht wordt. Het beperken van de bodem- en rivierwatervervuiling en het reinigen van vervuild water zijn een belangrijke kostenpost, wat dan weer een zekere en langetermijn-inkomstenbron biedt aan de bedrijven die zich hierin specialiseren. Het verminderen van het verbruik van waterverzachters, dat zojuist werd besproken, is een eerste kleine stap in de juiste richting. Maar er is veel meer nodig, vooral in samenwerking met de industrie, landbouw en veeteelt, om drinkwater van kwaliteit in overvloed te hebben. Hier kunnen innovaties een zinvolle ontwikkeling mogelijk maken die het voor de steden en de regio's goedkoper maakt. In plaats van altijd maar te kijken naar de goedkopere oplossing zou het beter zijn een keer te zoeken naar de innovaties die meerwaarde en -inkomsten bieden. En dat is een instelling die de bestaande bedrijven met hun verzekerde cashflow voor tien en zelfs twintig jaar zeker niet zullen appreciëren, maar het zal zonder twijfel populair zijn bij de burgers die zuiver water zonder gezondheidsrisico's wensen, wat tegelijkertijd lagere belasting mogelijk maakt.

Als ergens veel water is, dan blijkt de eerste reactie van experts meer gewassen en planten te telen. Ja, elk land met water kan irrigeren, en dan geeft de exportwaarde van de oogst hoge inkomsten en dus een hoge voedingswaarde. Maar zoals Lester Brown, oprichter van het WorldWatch Institute in Washington dc (vs), duidelijk maakte in zijn State of the World Reports: voor de productie van elke kilo voedsel is een veelvoud aan liters water verbruikt. Wanneer China besluit om granen en fruit te importeren is dat in de eerste plaats omdat het land niet over voldoende schoon water beschikt om het zelf te telen op het beschikbare landbouwareaal. Het verbaast altijd dat wij snel op zoek gaan naar voeding in het planten- en dierenrijk, en zelden nagaan hoeveel eiwitten en voedingswaarde er gewonnen kunnen worden door het telen van zoetwateralgen. Het Braziliaanse team van de blauwe economie (ZERI Brasil, gevestigd in Porto Alegre, in de staat Rio Grande do Sul) bouwde een nieuwe sector op rond afgeleide producten van algen. Het begon met de vraag van de overheid om honger uit de wereld te helpen in het kader van het programma Fome Zero of 'Nul Honger'. Het werd de wetenschappers duidelijk dat een hogere productie van rijst, aardappels en vlees de toenemende bevolking nooit snel genoeg voedselzekerheid zou kunnen bieden. De gezondste en de snelst te ontwikkelen bron van ei-

witten waren algen (zie hoofdstuk 12, algenkweek in lagunes en bij energiecentrales, door Jorge Alberto Vieira Costa) en die hebben water en koolstofdioxide nodig. Dat heeft onze moderne maatschappij in de Lage Landen dan wel in overvloed.

Een overvloed aan water biedt nog een kans: centraal water verwarmen. Op verschillende plaatsen in Scandinavië zijn in de afgelopen decennia systemen voor regionale waterverwarming opgezet. In plaats dat elke familie een eigen gas- of elektrisch waterverwarmingstoestel heeft wordt het water per woonblok, buurt of regio centraal op temperatuur gebracht en zo sparen de gezinnen niet alleen de individuele investeringen uit, maar blijft ook het onderhoud goedkoop, drukt het de totale energiekosten en vermindert de CO₂-uitstoot. Wij zijn er ons nauwelijks van bewust dat tot eenderde van de energiekosten van een huishouden opgaat aan het verwarmen van water met aardgas of elektriciteit. Erger nog: het water is altijd te warm en daarom hebben bedrijven zoals Grohe uit Duitsland een hele reeks van slimme kranen uitgevonden die het warme water met het koude vermengen, en zo verkwaselen wij dan heel wat energie. Hier ligt alweer een kans om innovaties door te voeren. Het heeft geen zin water te verwarmen en het dan weer te koelen, om vervolgens langs de goot water en warmte te laten wegvloeien. Zelfs het warme douche- en badwater kan nog gebruikt worden om energie te winnen. Anders Nyquist (zie onder andere hoofdstuk 3) heeft zo al een paar gebouwen in het noorden van Zweden verwerkelijkt die precies dat doen.

Het rendement van de meeste zonnecellen zakt in naarmate ze warmer worden. Bovendien nemen ze vaak dakoppervlak in beslag dat ook of zelfs beter kan worden benut voor thermische zonnecollectors. Stefan Larsson, die vijftien jaar lang als onderzoeker werkte bij Vattenvall, een van de grootste energiebedrijven van Europa, heeft er een eenvoudige oplossing voor uitgewerkt. Hij maakte een reeks holle spiegels die zonlicht concentreert op de onderkant van een warmtecollector. Water voert de warmte af naar een boiler, zodat de zonnecellen op de bovenzijde van de collector relatief koel blijven en beter presteren. Het lijkt zo eenvoudig dat het stoort dat zoiets niet wordt doorgevoerd. Terwijl onderzoekers zich toeleggen op het uitvinden van meer efficiënte siliciumpanelen, of een veel dunner dekglas, brengt Larsson een oplossing die snel en efficiënt werkt. De eerste installatie voor 2400 families in Zweden is sinds twee jaar operationeel en dat geeft ons de mogelijkheid zonne-energie op een andere manier te bekijken. Als het in Zweden werkt, waar in de wereld zou het dan niet functioneren?

Larsson heeft een heel eenvoudige productiestrategie: zodra er een vraag is voor 40 megawatt aan panelen, kan er lokaal onder licentie een fabriek opgezet worden om de zonnepanelen te maken. Vandaag is heel de strategie erop gericht om centraal alles te laten produceren, tegen de laagste prijs, met het minste per-

soneel en een maximum aan automatisering, gesteund door een wereldwijd transport- en distributienetwerk. Maar in een container passen slechts 80 gemonteerde installatiepakketten, terwijl er voor bijna 300 installatie-eenheden losse onderdelen in kunnen worden vervoerd. Dat leidt tot een snelle berekening: lokale productie en/of assemblage is goedkoper. Hoe komt het dat die mogelijkheid niet altijd als een logica wordt aanvaard? Waarom zouden wij ons toeleggen op het aanmaken van een klein onderdeel van de zonne-energiesector en proberen een toeleverancier te worden in een sterk geglobaliseerde markt? Of erger nog, waarom moeten wij dan accepteren dat de Lage Landen gewoon geen concurrentiekracht hebben op dit vlak in vergelijking met de 'Lage Lonen Landen'? Wij moeten de regels van het spel veranderen zodat een regio die CO₂-neutraal wil zijn in haar eigen vraag kan voorzien met innovatieve businessmodellen. Solarus, het Zweedse pioniersbedrijf van Larsson, biedt dan ook een productielicentie aan.

Water kennen wij thuis in drie hoedanigheden: drinkwater, warm water (dat ook drinkbaar zou moeten zijn) en afvalwater, en alle kosten geld. Het zuiveren van water is een dringende noodzaak. Hoewel er overvloed aan water is, blijft het te vuil en terwijl er een hele inspanning wordt geleverd is het een uitdaging die meer en meer fondsen van de overheid opslokt. Dit eist een belangrijk deel van de belastinggelden op. Wat nu als wij het businessmodel volledig veranderen? In plaats van internationale bedrijven langetermijncontracten aan te bieden om water voor een bepaalde prijs te zuiveren, kan een slim gebruik van de chemie een heel andere kans aanbieden: het mengen van vervuild water met vast organisch afval van de huishoudens dat niet eetbaar is, leidt tot een hoge concentratie van methaangas. Er kan zo veel gas gegenereerd worden dat het geen zin heeft de bedrijven te betalen voor het afvoeren van water- en solide afval. Deze ondernemingen zouden moeten betalen om het recht te krijgen dankzij ons afval hernieuwbare energie op te wekken. Dan wordt het eindelijk echt interessant. Hier gaat het duidelijk niet om minder kosten en besparen, maar het gaat over zo veel meer verdienen dat het geen zin meer heeft bedrijven voor die dienstverlening te betalen. De overheden moeten besparen, en de burgers staan altijd maar onder grotere druk om voor basisdiensten te betalen. De volgende generatie kan dat fundamenteel veranderen door alle waterzuivering en alle vuilstort om te vormen tot een inkomstencentrum. Dat maakt innoveren zo stimulerend. Het gaat niet alleen over het vervangen van de ene soort zuiveringsinstallatie door een andere, en het beter gebruiken van wat er aan infrastructuur bestaat, maar het voorstel is om meer inkomsten (en banen) te genereren, die dan toelaten de belastingdruk te verlagen en de gemeenschap op een duurzaam energiepad te zetten. Nu wordt het toch wel interessant, of niet?

Eris toekomst voor steenkool

Het drielandenpunt van België, Nederland en Duitsland heeft de geschiedenis van de steenkolenmijnen gemeen. De oude mijnen in deze regio maakten een zware economische en sociale crisis door toen duidelijk werd dat de steenkoolwinning het moest afleggen tegen die uit goedkopere en zwavelarme mijnen in Polen en Colombia. De globalisering maakte het onmogelijk de delving te blijven subsidiëren. Hoewel zeker 80 procent van de reserves nog in de grond zit, moesten deze symbolen van de eerste industrialisatie sluiten. Als wij de logica toepassen van 'werk met wat je hebt' dan is het toch tijd om een keer verder te denken dan steenkool naar boven te halen en te verbranden. De meerderheid van de schachten liep vol met water, en dat is niet zomaar water, dat is warm water. De stad Heerlen heeft als eerste in Europa beslist om daar gebruik van te maken. Sinds 2008 worden 350 huizen en kantoren voorzien van warm water, verwarming in de winter en koeling in de zomer dankzij een warmtewisselaar. Hetzelfde water dat naar boven komt wordt terug naar beneden gepompt. Dat is een uitstekende eerste stap. Nu dat het technisch bewezen is hoeft het alleen maar elders herhaald te worden.

Een mijn in Zuid-Afrika haalt op 4000 meter diepte een temperatuur van 50 graden. In de Limburgse mijnen is het al zo warm op 800 meter. Aangezien warmte altijd stijgt, is er een echte kans om deze wetmatigheid van de natuurkunde te benutten met weinig extra energie. De rijkdom van deze oude mijnen is niet alleen het warme water, maar bovendien de grote hoeveelheid fossiele brandstof. Er zou een reserve van niet minder dan 25 miljard kubieke meter methaangas onder de voeten van de burgers van de drie landen opgeborgen zitten. Dat is niet veel in vergelijking met de Russische reserves (geschat op 1 triljoen kubieke meter), maar zeker voldoende om aan de lokale energievraag te kunnen voldoen en de afhankelijkheid van de toeleveringen van een wispelturige oosterbuur af te bouwen. De ervaring op het Spaanse eiland El Hierro, een van de Canarische Eilanden, waar 10.500 inwoners energie onafhankelijk werden in 2011, leidt tot een permanente injectie van 8 miljoen euro per jaar in de lokale economie. Dat is toch 762 euro extra geld per persoon dat voor lokale ontwikkeling ter beschikking staat. Hier ontpopt zich een katalysator in de lokale economie die de wetenschappers nauwkeurig kunnen berekenen. Geld dat gedurende decennia uit de handen en de zakken van de burgers vloeide naar de olieproducenten blijft nu in de eigen streek. Het zijn deze initiatieven die het mogelijk maken een toekomst in te beelden met wat lokaal beschikbaar is. Zelfs al is het per kilowattuur duurder, het geld dat in de regio blijft, genereert meer inkomsten en verzekert een economische ontwikkeling die anders niet mogelijk was.

Alleen hopen wij dat de beschikbaarheid van methaangas (CH⁴) niet op dezelfde wijze verkwanseld wordt als aardolie: de minste meerwaarde genereer je door het gewoon te verbranden. Hier komen dan de laatste ontwikkelingen van

de vortextechnologie als optie naar voren. Dr. Phil Risby, die zijn carrière begon als een onderzoeker omtrent microgolven op het Britse ministerie van Defensie, ontpopte zich als een ondernemer en uitvinder. Hij slaagde er onlangs in een plasmareactor te ontwikkelen waarin methaangas efficiënt wordt gesplitst in koolstof en waterstofgas. Dat is interessant. Dit koolstof is van een uiterst zuivere kwaliteit zoals noodzakelijk is voor de toekomstige productie van grafeen, het nieuwe materiaal voor microprocessoren. Grafeen is erg geleidend, beter dan koper. Nu zien wij een positief verband tussen die gesloten kolenmijnen en de nieuwste materialen met een zeer hoge toegevoegde waarde. Aangezien grafeen gemaakt met koolstof vandaag de dag nog heel duur is, groeit de behoefte naar een pionier om er wat van te maken. De wetenschap is echter baanbrekend en internationaal erkend: Konstantin Novoselov (Rus) en André Geim (Nederlander) kregen in 2010 de Nobelprijs voor de Natuurkunde voor hun innovatief werk met grafeen. Is het mogelijk hier een andere toekomst uit te bouwen, te beginnen bij de gesloten kolenmijnen?

In afwachting van nieuwe doorbraken die wij in de markt van micro-elektronica en sensoren de komende decennia kunnen verwachten, kunnen onderzoekscentra zoals VITO in Vlaanderen, en TNO in Nederland een sleutelrol vervullen om dit versneld in concrete producten en processen te vertalen. Intussen kan nu overigens al het zuivere waterstof een groeiende vloot van *hydrogen cars* en bijvoorbeeld de eerste waterstof-rondvaartboot in Amsterdam, de Nemo H₂, aandrijven. Het aantrekkelijke van de optie om deze energiebron te halen uit methaan, gewonnen uit de gesloten kolenmijnen, is dat er geen speciale voorzorgsmaatregelen genomen hoeven te worden voor de veiligheid voor het transport en de opslag van waterstof. Terwijl waterstof een heel explosief gas is, waar uitzonderlijke veiligheidsvoorschriften voor gelden, is de wettelijke reglementering voor methaangas standaard – eenvoudig en dus goedkoop. Wanneer het mogelijk is snel en eenvoudig methaangas om te vormen in waterstof dan heb je geen opslag nodig. *On demand* hydrogen kan een nieuwe maatstaf worden, die mobiliteit herdefinieert en dat biedt ons de kans duurzaamheid op een heel andere manier te beleven. Het hertekenen van de stad krijgt weer een nieuwe dimensie.

Glasen bouwen

Het is echter een realiteit dat wij niet beginnen met een schone lei. Wij beginnen met een voorgeschiedenis die wij niet kunnen veranderen. Nemen wij bijvoorbeeld de oude fabrieken van Philips. De overstap van de traditionele gloeilamp naar ledverlichting zet een hele reeks van oude en bestaande fabrieken buiten spel. Die productie-eenheden kun je niet eenvoudig van de productie van tl- en spaarlampen (die al vijf keer efficiënter zijn dan gloeilampen, maar afhankelijk zijn van kwik) omvormen tot een ledlampenfabriek. Philips vestigde verschillende van haar fabricage-eenheden naast een zandgroeve, zodat het

een geïntegreerd productiesysteem kon zeker stellen. Dat gaf die lampen met een levensduur van wel 100.000 uur een heel sterk concurrentieel voordeel. Maar deze tl-buislampen en spaarlampen die meer dan tien jaar licht geven, kunnen qua gezondheid en verbruik niet op tegen de ledinnovatie die nog maar in de kinderschoenen staat. De vraag is: wat doe je dan met zo'n oude installatie? Laat je die gewoon als industriële archeologie klasseren en verloederen achter een hoge muur, of kan men daar nieuw leven in brengen?

Om een bedrijf om te vormen tot een succesvolle producent die beantwoordt aan de basisbehoeften van de lokale bevolking, zijn wel creativiteit en verbondenheid met de regio nodig. Het gaat verder dan het sluiten van fabrieken die geen geld meer opbrengen, of bij wet verboden worden (bijvoorbeeld wegens het gebruik van kwik). Het komt erop neer dat wat als negatief ervaren wordt om te vormen in de basis voor iets wat een positieve bijdrage kan leveren. Dat vereist een andere cultuur van ondernemen. Bedrijfsleiders zijn altijd verplicht over de jaren heen herstructureringen door te voeren, maar weinige slagen daar zo goed in zoals Kari Kairamo, de visionair die Nokia omvormde van een bosbouwbedrijf tot een toonaangevende telecommunicatiegroep. DSM, tot voor kort nog een traditioneel chemisch bedrijf in Heerlen, heeft onder de sterke leiding van Feike Sijbesma een traditionele groep kunnen herpositioneren met de blik op de toekomst, net zoals Frank Coenen, de algemeen directeur van Tessenderlo Chemie (België), voorstelt duurzaamheid niet alleen in het vaandel te voeren, maar ook als strategische optie scherp te stellen. Philips, een centraal geleid bedrijf, voert een traditioneel portefeuillebeleid dat jaar in jaar uit activiteiten afstoot. Dat is niets nieuws. Het wordt door investeerders – die niet beter weten – ook gewaardeerd, of misschien zelfs als voorwaarde gesteld om het aandeel aan te houden. De tl- en spaarlampenfabrieken moeten er dan ook aan geloven.

Wat doe je met een glasbuis wanneer je er geen argongas en fluorescentie-chemie meer in kan opsluiten? De methodologie van de blauwe economie, die door de ZERI Foundation al in 1994 vanuit de Universiteit van de Verenigde Naties werd uitgewerkt nadat die eerst op het bedrijfje Ecover werd getoetst, stelt voor dat afval van een proces altijd de input moet worden voor een andere productie. Toen in november 1992 William McDonough en Michael Braungart bij Ecover op bezoek kwamen, nadat CNN *Prime Time News* veel aandacht besteedde aan de opening van die eerste ecologische fabriek, kreeg het debat over *cradle to cradle* een heel nieuwe inhoud. Tot in de vroege uren praatten wij over het chemisch recycleren van afval. Ik voerde aan dat we de natuur als inspiratie moeten nemen. Een blad van een boom dat in de herfst op de bodem valt kun je niet bewaren om het in de lente terug aan de boom te hechten. Dat heeft geen zin. En als je er toch in zou slagen dan is het duur en niet efficiënt. De boom laat alles over aan micro-organismen, paddenstoelen, planten, en dieren die uiteindelijk van

het afval een wonderbaarlijk humus maken die de bomen een rijke voedingsbodem biedt om elk jaar opnieuw dik loof te laten groeien. En zo moeten wij doorgronden hoe wij altijd opnieuw een nieuw leven vinden voor wat voor een ander niet meer nuttig is.

De basis van een lampen-glasbuizenfabriek is een zandgroeve, en de lokale verwerking in glasovens. Als wij dan de politieke prioriteiten van de Lage Landen in het algemeen, en die van de provincie Vlaams-Limburg in het bijzonder in detail analyseren dan blijkt dat die klimaatneutraal wil zijn. Een van de sleutelinitiatieven is het introduceren van een veel betere isolatie in de bouw. Dat kan! Maar welk materiaal komt hiervoor in aanmerking? Ongeveer 90 procent van alle isolatiemateriaal is gemaakt van glasvezel, zoals Rockwool®, een mengeling van natuurlijke en industriële metaaloxides en mineralen, of van polyurethaan dat volgens de Milieu Advies Winkel slecht scoort door het aantasten van de ozonlaag, en bijdraagt tot het broeikaseffect. Verder zijn beide materialen niet recyclebaar. Dus op lange termijn hopen zich op in onze ecosystemen, en dat is niet duurzaam – erger nog, het is giftig. Dus klimaatverandering omkeren door producten te gebruiken die bijdragen aan de problematiek die de overheid wenst op te lossen, lijkt een onderdeel te zijn van de morele keuze tussen ‘minder stelen’ of ‘veel beter doen’. Wij moeten eenvoudig producten vinden die het veel beter doen, en niet gewoon minder slecht.

Terwijl er verschillende duurzame isolatiestoffen zijn zoals wol en oud papier, biedt glasschuim een interessant alternatief businessmodel aan. De techniek is sinds 1930 bekend, maar de slimme marketing van internationale bedrijven heeft de optie om zand of glas voor recycling op te warmen, te injecteren met CO₂ en er een schuim van te maken, van de markt gedreven. Maar als het mogelijk is om een bestaande groeve die reeds aangeboord werd, en een functionerende oven die werkt, om te vormen tot een nieuw fabricageproces dan zijn de opstartkosten laag, en de productie- en levertijd kort. Dat betekent dat er snel een positieve cashflow gehaald wordt, en zo dalen de risico's en voelen meer investeerders zich aangesproken om hieraan mee te werken.

Glas is 100 procent en altijd herbruikbaar. Er komt gewoon geen einde aan en niet één glasscherf zou ooit op de stort mogen belanden. Het is niet alleen het vervangen van één isolatiemateriaal door een ander dat glasschuim zo aantrekkelijk maakt, het is tegelijkertijd multifunctioneel. Dat betekent dat je met één product verschillende doelstellingen bereikt. Glasschuim is een structureel bouw materiaal, dus het kan de druk en het gewicht van een constructie weerstaan, onder andere als fundering voor een gebouw dat tegelijkertijd de groei van zwammen voorkomt. Het kan als isolatie- én als bouw materiaal dienst doen. Het brandt niet, en dat is een plus voor de veiligheid en voor de gezondheid, want daardoor zijn er ook geen brandwerende chemische stoffen nodig. Het blijft in perfecte staat, ook in een zure of zoute bodem. Er groeit nooit een

schimmel op en het heeft nog de beste isolatiefactor op de koop toe. De bouwer kan het op maat snijden. Dat is de reden dat de extravagante Amerikaanse architect Frank Gehry het gebruikte in het dak van het Guggenheim Museum in Bilbao. Iedereen kent de uitzonderlijke vorm van het dak, maar weinigen namen de tijd zich af te vragen hoe je op een goedkope manier isolatie onder zo'n titaniumstructuur stopt!

Er staat al een glasschuimfabriek van Pittsburgh Corning in Tessenderlo (België) en die recyclet vooral autoglas met een veiligheidslaag polycarbonaten. Het afval wordt vergruizeld, en door een trillende schokbeweging gescheiden, zodat na enige tijd alle plastic bovenaan ligt, en het zwaardere glas beneden. De ervaring van Earth Stone in Santa Fe en Albuquerque, New Mexico (vs) toont aan dat een fabriek al concurrentie aankan in prijs en kwaliteit met een gegarandeerde toelevering van een goede 5 miljoen te recyclen flessen. Iedereen weet dat een fles omvormen tot een fles een dure zaak is. Volgens de levenscyclusanalyse kan glas het zelfs nooit winnen van plastic. Maar als die flessen na een twintigtal keer lokaal gebruikt te zijn eindelijk hun weg naar een glasschuimfabriek vinden om zo een hogere meerwaarde te genereren die de oude lampenfabriek nieuw leven biedt, en bovendien Limburg de kans geeft haar klimaatdoelstellingen sneller te halen tegen lagere kosten, met meer lokale werkgelegenheid en meer inkomsten voor afvalglas, dan is het een kans die men niet kan of mag laten liggen. Deze doorbraak kan doorgevoerd worden met Pittsburgh Corning of met een groep van lokale ondernemers in samenwerking met de Limburgse Reconversie Maatschappij, en/of de steun van Earth Stone. Wat men ook doet, dit soort initiatief leidt tot een herdefiniëring van de LCA.

Glas verdrijft plastic

LCA (de levenscyclusanalyse) stelt ons in staat om van het begin tot het einde de kosten en de bijdragen van een product te doorgronden. Het gaat niet alleen over de concurrentiekracht, maar het analyseert onder andere de invloed op het milieu door een nauwkeurige berekening van het verbruik aan grondstoffen en energie, alsook de kosten voor het verwerken van afval. De heersende wijsheid van de LCA zegt ons dat plastic flessen beter zijn voor het milieu dan glazen verpakking. Een vereenvoudigde logica stelt dat glas zwaarder is, meer energie vereist voor transport, en dat het reinigingsproces heel wat heet water en chemicaliën verbruikt. De drankindustrie heeft daarom zeer gedetailleerde verslagen voorgelegd om aan te tonen dat plastic de betere optie is voor het milieu. Terwijl velen het intuïtief niet als correct aanvoelen was het moeilijk de harde cijfers te weerleggen in het analytisch model dat toch ruim wordt gehanteerd. De grootste tekortkoming die de LCA kenmerkt is dat die geen rekening houdt met de substitutiewaarde bij een volgend hergebruik met een meerwaarde. Het schuimglas als isolatiemateriaal, of als groeibodem voor hydrologische

groenten- en fruitteelt vervangt in beide gevallen synthetische stoffen die nooit hergebruikt kunnen worden. Als bouw materiaal vervangt schuimglas niet alleen het andere isolatieproduct, het elimineert de chemische brandvertragers, de schimmelwerende stoffen, en er is zelfs minder verf en cement nodig. Als je dat in de berekening opneemt, dan heeft het wellicht geen zin meer om nog plastic flessen te gebruiken. Aangezien entrepreneurs voor elke 5 miljoen flessen een lokale fabriek kunnen opzetten wordt de straal waarin de flessen succesvol herwonnen kunnen worden door meer gebruik van glas ter vervanging van plastic kleiner. Zo komt er minder afval op de stort, importeert men minder aardolie om plastic maar één keer als fles te gebruiken. Zo komt er een nieuw businessmodel voor bouw en verpakking in de Lage Landen. Ja, natuurlijk leidt dit tot minder verkoop van petflessen en minder export voor de polyurethaan-fabrikanten of glaswolmakers. Maar concurrentie is toch dat er meer en beter voor een lagere prijs wordt aangeboden, of niet?

Groenten, fruit en paddenstoelen

Glasschuim brengt ons bij voedsel, want het is ook een uitstekend groeimedium. De Lage Landen kunnen trots terugblikken op de kwaliteit van eigen groenten, fruit, zuivel en bloemen. Witloof en asperges, druiven, appels en peren, kaas, bier, tulpen en begonia's zijn eigenlijk niet uit ons dagelijkse leven weg te denken. Nu de slowfoodbeweging van Carlo Petrini uit Piemonte (Italië) bewezen heeft dat een regio in staat is in twintig jaar met lokale en seizoensgebonden landbouw meer inkomsten, banen en genot bij te dragen aan de lokale economie dan de auto-, luchtvaart- en telecommunicatie-industrie tezamen heeft het zin om dit ook elders mogelijk te maken waar een echte landbouwcultuur heerst. Het is altijd goed de kleinschalige productie van gespecialiseerde voeding en drank te ondersteunen, en vooral te vermijden – zoals slowfood aantoonde – om gestandaardiseerde producten tegen de laagst mogelijke prijs op de wereldmarkt te verkopen. Je kunt dat proberen als kleine boer en tuinder, maar het lukt gewoon niet – zelfs niet met de subsidies van de Europese Unie.

Er zijn de laatste decennia heel wat nieuwe landbouwconcepten opgekomen zoals de biodynamische en biologische landbouw en permacultuur. Er is verder nog een vreemd geloof dat genetisch gemanipuleerde planten en dieren, die op een gestandaardiseerde manier worden geproduceerd, ook een toekomst kunnen hebben. Dat is echter alleen weggelegd voor de groten, die minstens 10.000 hectare land bewerken, en dat vindt je nergens in de Lage Landen. Zouden wij dan de landbouwtraditie eens en voor altijd moeten opgeven? Wat de blauwe economie voorstelt is een kringloop van voeding, materie, energie en afval, geïnspireerd op de vijf levensvormen uit de natuur: planten, dieren, algen, bacteriën en paddenstoelen. Buiten bier en zuurkool maakt de industriële verwerking weinig gebruik van bacteriën, schimmels, zwammen en fungi. Het

zou er heel anders kunnen uitzien als wij dat wel deden. Toen Robi Valkhoff, die twintig jaar geleden een eigen pr-bureau opzette in Amsterdam, vernam dat in Colombia en in Zimbabwe jonge vrouwen afval van koffie verwerken in een substraat om er paddenstoelen op te telen dacht zij: dat kan hier ook. Als dat in Afrika en Latijns-Amerika kan, waarom dan ook niet in Nederland? Het duurde niet lang of La Place, de keten van restaurants met biologische voeding in zijn assortiment, besliste op het aanbod van GRO Mushroom in te gaan. GRO staat voor Green Recycled Organics, en is het initiatief van Jan Willem Bosman Jansen. Die besliste het ook in Nederland te doen na een ontmoeting met Chido Govero, en na een analyse van de eerste paddenstoelen-stadsonderneming in San Francisco (vs). Hij is de echtgenoot van Robi, en geeft zijn bestaande filmdistributiebedrijf nu minder aandacht om deze nieuwe loopbaan vorm te geven in de landbouw van het blauwe economie-type.

De restaurants van La Place verzamelen koffiedik in afsluitbare emmers die de logistieke partner van de keten aflevert bij een voormalige bollenschuur in Egmond-Binnen. Daar wordt het omgewerkt tot een substraat of groenmedium. Na twee tot vier weken incubatie groeien er oesterzwammen, of na tien tot twaalf weken shiitakes, hoogwaardige paddenstoelen die vers wel 20 euro per kilo opbrengen, en zelfs meer. Dezelfde transporteur die het substraat ophaalde en afleverde, levert de verse paddenstoelen aan de restaurants en haalt dan weer koffiedik op. Nederland verloor in de loop der jaren de concurrentiekracht in de champignons omdat de vraag meer en meer evolueerde naar de tropische en meer voedzame variëteiten, en de gestandaardiseerde witte zwammen goedkoper in Azië geteeld worden dan in Nederland. Dit leidde tot een massale import uit China, een land dat zich ondertussen ontpopte als de wereldleverancier van kwaliteitspaddenstoelen, snel op de hielen gezeten door Indonesië, Japan en Korea. Maar daar hangt ook een prijskaartje aan. Paddenstoelen groeien het best op hardhout en daarom worden er heel wat eiken omgehakt om als substraat dienst te doen. Maar het hout van koffieplanten en appel- en perenbomen is ook hardhout.

Het initiatief van La Place en GRO laat zien hoe je een hele industrie kan uitbouwen die voortdurend meerwaarden aanmaakt. Terwijl de oesterzwammen en shiitake al een goede marge bieden, motiveerden het vroege succes en een goed werkend partnership met La Place Jan Willem Bosman Jansen contact op te nemen met Eric Swaghoven, de Michelinster meesterkok van restaurant Valuas in Venlo, om een kroket van oesterzwammen te maken. Zo komt een duurzame snack op de markt, met een ambachtelijke uitstraling en een zuivere smaak, die ook nog gezond is. Het is dan ook geen verrassing dat dit initiatief twee jaar op rij de nominatie kreeg voor de duurzaamheidsprijs van de Nederlandse horeca. Het voorbeeld van de wortelen in Zweden (zie hoofdstuk 3), komt nu opnieuw tot leven in de gezonde kroketten van GRO Holland. En het afval van

de paddenstoelen? Wel, dat is rijk aan essentiële aminozuren, dus het is een uitstekend voeder voor kippen. En als je geen kippen houdt, dan zal je hond of kat het ook wel graag eten.

Overschulden en ethiek

Een reeks van gesprekken en voordrachten over de laatste twee jaar in de Lage Landen leidde tot heel wat discussie over de kans om in deze geglobaliseerde markt toch niches te vinden die werkgelegenheid garanderen. De overheden bouwden zo'n grote schuld op dat het noodzakelijk is om meerwaarden te genereren, waarvan een deel gebruikt moet worden om de bestaande schuldenlast af te bouwen. Er is dan verder heel wat te doen om klimaatverandering en energieverbruik op een duurzaam pad te zetten. Een van de meest funeste invloeden van de Europese Unie is misschien het financiële wanbeleid dat toeliet landen boven hun terugbetaalcapaciteit geld te lenen, en zo boven ieder zijn stand te leven door veel meer uit te geven dan de bedrijven en de burgers ooit aan belastinggeld kunnen opbrengen. Het valt nog mee dat de Vlaamse en Nederlandse bedrijven niet tot over hun oren in de schulden zitten – en dat de consumenten niet over tien creditcards beschikken met de onmogelijkheid de uitgaven ooit te kunnen terugbetalen – zoals dat in de vs het geval is. Daarom moet de zoektocht naar nieuwe bronnen van toekomstige activiteiten door heel de bevolking gedragen worden. Er is grote behoefte aan een nieuwe generatie van ondernemers die zich zouden moeten voorstellen dat er weer een naoorlogse periode is, alleen is het dit keer niet de vijand die alle schade aanrichtte, maar ons gebrek aan inzicht en kennis, waardoor wij niet begrepen dat wij zo veel onvoorziene schade aan onze gezondheid en het milieu toebrachten en nog steeds toebrengen. Nu wij ons dat wel realiseren, moeten wij onze benadering van leven, werk en economie grondig veranderen. Als rechtsstaat kunnen wij ons nooit verlagen om bewust pijn en vernietiging te veroorzaken.

Dat is een heel moeilijke ethische keuze die niet gemakkelijk te maken is. Uiteindelijk zijn de Lage Landen opgegroeid in een sterk christelijke cultuur waar stelen een zonde is – en minder stelen ook nog altijd een zonde blijft. Wanneer een bedrijf minder vervuult, dan vervuult het nog altijd. Hoe is het mogelijk dat minder slecht milieugedrag voldoende is om een milieuprijs te krijgen? Het is deze dubbele moraal die dringend de wereld uit geholpen moet worden. De nieuwe ondernemers zoeken dan niet alleen naar een kans om energie te sparen, en de vervuiling terug te dringen, deze nieuwe generatie van entrepreneurs wensen gewoon meer goed te doen, en niet alleen maar minder slecht te doen. Na decennia van kosten besparen en ontslagen is de tijd gekomen om zich toe te leggen op meer inkomsten, meerwaarden en een productiviteitsverbetering die extra banen in toekomstsectoren aanbiedt. Het is een klasse van ondernemers die niet van de beste businessopleidingen van Vlaanderen en Nederland afstu-

deren, het is een familie van pioniers die vertrouwd zijn met het werken in chaos en verandering. Terwijl er hier en daar wel cradle to cradle onderwezen wordt, is het de vraag of deze regio's erin slagen binnen de volgende generatie het businessmodel zo om te vormen dat alles wat gezond is voor de mens en goed is voor het milieu, ook goedkoper is. Hoe is het mogelijk dat wij een commercieel systeem opbouwden op basis van de vrijhandel, waarin alles wat slecht is voor de gezondheid én het milieu het goedkoopst is? Dat kan niet de basis zijn om onze kinderen voor te bereiden op een betere toekomst!

PROJECTEN IN BEELD



1

Uitzicht op het herstel van het regenwoud door Las Gaviotas, met de resterende biodiversiteit langs de rivieren en de savanne.



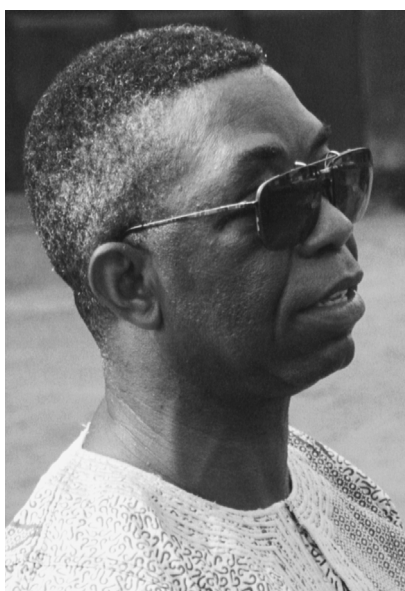
2

Kweekruimte voor soldaatvlieg in het onderzoekscentrum van AgriProtein, Franschhoek (Zuid-Afrika), vlak voor de madenoogst.



3

Het tappen van bomen bij Las Gaviotas.



5

Pater Nzamujo, oprichter van het Songhaï Center in Porto Novo (Benin).



4

Paolo Lugari met mycorrhizaschimmels bij het herbebossingsproject in Vichada (Colombia).



6

Maden van het bedrijf AgriProtein, gekweekt in het
onderzoekscentrum Elsenburg (Zuid-Afrika).



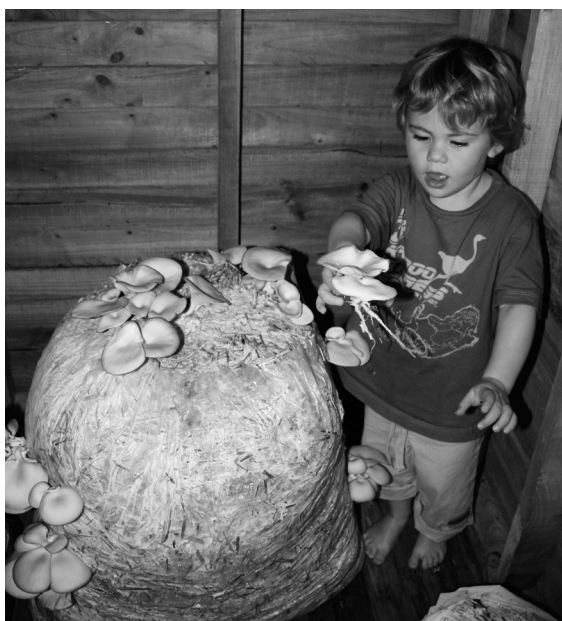
7

Paddenstoelenkweek in Manizales (Colombia) op koffiedik.



8

Chido Govera in Obuasi (Ghana). Wanneer vrouwen oplossingen voor voedselzekerheid leren, wordt er gezongen en gedanst.



9

Zelfs kinderen kunnen paddenstoelen oogsten.
Philipp-Emmanuel op driejarige leeftijd.



10

Een rijke oogst aan oesterzwammen op koffiedrab.



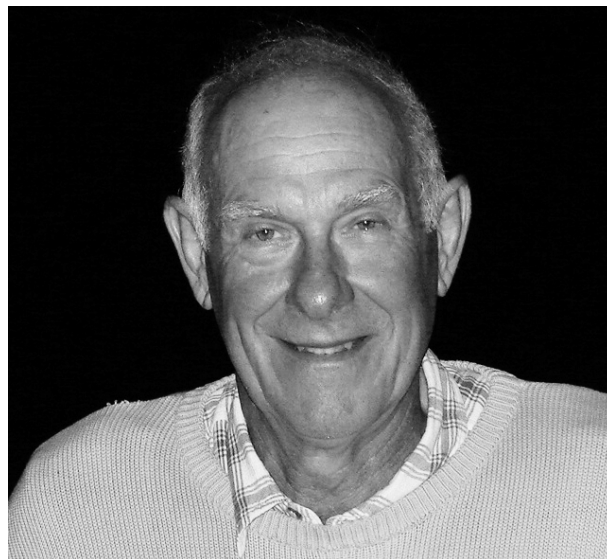
11

Nikhil Arora, Chido Govera en Alejandro Velez zetten BTTR Ventures op in de San Francisco Bay Area.



12

Vrouwen en kinderen wonen een training van Chido Govera bij in Obuasi (Ghana).



13

Architect Anders Nyquist, die onder meer wordt genoemd in hoofdstuk 4.



14

De door Anders Nyquist ontworpen Laggarbergschool in Timrå (Zweden), met een op termietenheuvels geïnspireerd ventilatiesysteem.



15

Het landschap op El Hierro voor installatie van de energie- en watersystemen.



16

Het bestuur van El Hierro (Canarische Eilanden) wil zelfvoorzienend zijn op het gebied van water en energie.



17

Bioitalia: Novamont bouwt een oude chemische fabriek om tot een bioraffinaderij.



18

De chemische fabriek eni in Porto Torres op Sardinië voor de ombouw tot bioraffinaderij.

**I SEE SKIES OF BLUE,
AND CLOUDS OF WHITE,
THE BRIGHT BLESSED DAY,
THE DARK SACRED NIGHT.
AND I THINK TO MYSELF...
WHAT A WONDERFUL WORLD.**

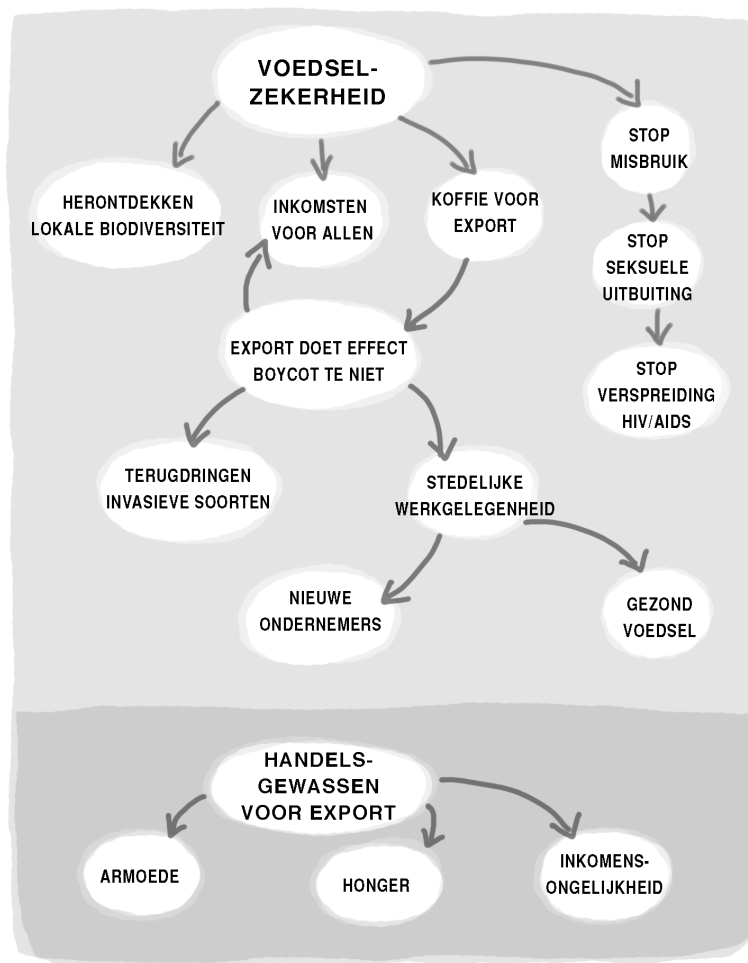
Louis Armstrong
(gecomponeerd door Robert Thiele en George David Weiss)

EPILOOG

HET VERWEZENLIJKEN VAN EEN DROOM

In 1994 kwam het Zero Emissions Research and Initiatives (ZERI) als eerste met een voorstel om pulpafval van koffieplantages tot eiwitten om te vormen door er paddenstoelen voor menselijke consumptie op te gaan kweken en daarna het gebruikte substraat als diervoeder te benutten. Er was bijna tien jaar onderzoek voor nodig eer het hele traject, van de productieplaats tot de consument, gecertificeerd was. Twintig wetenschappelijke publicaties vormen de ruggegraat van het Pulp to Protein-programma. In Colombia werken meer dan tienduizend mensen met kweekpaddenstoelen, en in Zimbabwe verdienen tientallen dorpingen hun geld met deze eenvoudige, duurzame methoden. Bovendien hebben dorpen in India de techniek aangewend om na jaren van ondervoeding en honger volledig in hun eigen voedselbehoefte te kunnen voorzien. Alleen al in 2008 maakten boeren in Tanzania, Congo, Zuid-Afrika, Kameroen, Mozambique en de VS kennis met deze methode.

‘Pulpafval van koffieplantages is een geweldige voedingsbodem voor kweekpaddenstoelen, en is rijk aan vezels en cafeïne,’ zo legt Emilio Echeverri, de voormalige vicepresident van de Colombiaanse koffiefederatie uit. Hij steunde het Pulp to Protein-programma van meet af aan en werd later gekozen tot gouverneur van het departement Caldas (dat met de departementen Quindío en Risaralda bekendstaat als de Koffie Driehoek). In een cafeïnerijk groeimedium rijpen oesterzwammen en shiitakes drie keer sneller dan wanneer ze op eikenhout worden geteeld. Hierdoor kunnen eikenbossen in China en elders worden gespaard.



Carmenza Jaramillo verrichtte in 1978 onderzoek naar de teelt van de witte champignon (*Agaricus bisporus*). Na zes jaar van onderzoek en het publiceren van artikelen in gerenommeerde Engelse en Spaanse tijdschriften was ze geheel overtuigd van de doelen van het initiatief. Ze begon haar eigen champignonkwekerij in Manizales, Colombia, en leidde veel anderen op. Inmiddels zijn haar studenten, zoals Francenid Perdomo, de deskundigen die graag anderen opleiden zodat de kennis wordt overgedragen waarmee voedselzekerheid ook voor veel anderen haalbaar wordt.

Een ander voorbeeld is Chido Govero, een Zimbabwaans weesmeisje dat jarenlang wist te overleven op één kopje pinda's per dag. Op twaalfjarige leeftijd maakte ze zich deze methode van paddenstoelenkweken eigen. Binnen enkele maanden maakte armoede plaats voor bestaanszekerheid. Chido kreeg de unieke

ke kans om twee jaar door te brengen aan de Africa University in Mutare, Zimbabwe. Onder leiding van Margaret Tagwira perfectioneerde ze in het plantkundig laboratorium aldaar haar kennis omtrent de weefselkweek van eetbare paddenstoelen. Het is duidelijk dat Chido gezegend is met de spreekwoordelijke 'groene vingers'. Wat zij aanraakt wordt voedsel.

Paul Katzeff is een maatschappelijk ondernemer die in Mendocino, Californië, de koffiebranderij Thanksgiving Coffee opzette. Zijn bedrijf was het eerste in de VS dat koffie met een fair trade-certificaat verkocht. Door emissies te compenseren met de aanplant van 75.000 bomen in Ethiopië werd het bedrijf als eerste in Californië CO₂-neutraal, en had het een primeur met een wagenpark dat geheel op biodiesel reed. Katzeff liet al zijn collega's van de Specialty Coffee Association of America (SCAA) kennismaken met het Pulp to Protein-concept zoals ontwikkeld door ZERI. Katzeff: 'We hebben altijd klem gezeten tussen marktgewassen en plaatselijke ontwikkeling. Maar nu garandeert het afval van marktgewassen voedselzekerheid. Dit is het economisch model dat navolging verdient.'

Bescheiden succes in Californië

Na de economische crisis van 2008 stelde de ZERI Foundation het kweken van paddenstoelen op koffiedik voor als een snelle en pragmatische reactie. Het idee werd enthousiast omarmd door Makini Hassan, hoofd van de Marin City Community Development Corporation. Haar reactie was luid en duidelijk: 'We gaan het doen!' riep ze uit na zich over de details te hebben ingelicht. 'Met een werkloosheidscijfer van 11 procent in Californië moeten we banen scheppen, en wel nu!'

Tijdens de conferentie van de SCAA in Atlanta, april 2009, waar de ZERI Foundation de duurzaamheidsprijs in ontvangst mocht nemen, hielden Chido Govero en Carmenza Jaramillo een toespraak. Daarna reisden ze naar San Francisco om te laten zien hoe koffiedik van plaatselijke koffiebars tot een perfect groeimedium voor paddenstoelen kan worden gemaakt. Ze brachten hun expertise mee naar Marin County, een stadsgebied tussen Sausalito en Mill Valley. Mevrouw Makini Hassan reageerde uitbundig. 'Een kans als deze, om een maatschappelijke onderneming op te zetten die de jeugd en jongvolwassenen een creatieve en betekenisvolle manier biedt om een inkomen te genereren, aan een levensvatbare marktvraag te voldoen en van Chido Govero, een praktijkgerichte ondernemer, te leren met wat voor briljante methode duurzame producten kunnen worden gekweekt, doet zich maar zelden voor.'

Ook hielpen Chido en Carmenza twee topstudenten aan de Haas School of Business van de University of Berkeley, Nikhil Arora en Alex Velez, om de eerste 250 kilo koffiedik met sporen van paddenstoelen 'in te zaaien', en hun Back To The Roots (BTTR) Ventures te lanceren, een ondernemerspoging om uit duurma-

me praktijken een duurzaam inkomen te genereren. 'Als het in Zimbabwe en in Colombia werkt, waar de omstandigheden zwaar zijn, dan moet het hier zeker lukken,' concludeerde Arora, die een goedbetaalde baan opzegde om samen met Velez dit businessmodel in de Bay Area van de grond te krijgen. 'Het mooie is dat koffiedik slechts in contact is geweest met heet water en stoom. Daardoor is het substraat gesteriliseerd en wordt 80 procent van de energie die anders nodig zou zijn voor het prepareren van het groeimedium voor paddenstoelen overbodig,' legde Velez uit.

De grondstoffen zijn gratis, het proces verbruikt weinig energie en de vraag naar het product is enorm. Dankzij deze factoren kunnen jonge ondernemers dure kweekpaddenstoelen onder de huidige marktprijs aanbieden en daarmee een groter marktaandeel verwerven. Bovendien maakt de cafeïne dat de paddenstoelen sneller volgroeid zijn. Dat zorgt voor een betere cashflow en een hogere opbrengst dan die van de concurrentie. Het substraat dat na de oogst overblijft is rijk aan proteïnen en is prima als kunstmest te gebruiken of als voer voor kippen, geiten en zelfs bizens, zoals een proef in Picuris Pueblo, New Mexico, heeft uitgewezen. In de Bay Area van San Francisco, waar weinig vee is, zal het waarschijnlijk meer toekomst hebben als compost voor stadstuinen.

Koffie, invasieve soorten en lokale biodiversiteit

Een derde mogelijkheid diende zich vervolgens aan. Ik ontmoette Charles Higgins, hoogste baas van Slide Ranch, een biologische boerderij gevestigd binnen het Golden Gate Recreational Park langs de kust van Marin County. Bijna onmiddellijk sloegen we de handen ineen om het Pulp to Protein-project naar het strand toe uit te breiden. Een van de doelstellingen van het park is om uitheemse, zich verspreidende soorten uit te roeien. Een dergelijke onderneming vergt veel tijd en geld. Maar als deze exoten worden vermengd met koffiedik, met dank aan Equator Estate Coffees & Teas in het nabijgelegen San Rafael, kunnen ze omgezet worden in eetbare paddenstoelen. Chido, die erin slaagde om kweekpaddenstoelen op een voedingsbodem van gemaaid gras, takjes, maïskolven en fijngehakte waterhyacint te telen, bekeek deze invasieve soorten en concludeerde: 'Alsof je in de zevende hemel bent. In Zimbabwe hadden we nooit zo'n rijke biomassa.'

Drie draaiende proefkwekerijen in slechts twee weken tijd; het laat zien hoe levensvatbaar het Pulp to Protein-model is. Volgens Arora 'volstaan acht tot tien koffiebars om een productie-eenheid te voorzien, waarvan elk ongeveer tien banen kan opleveren'. Gezien het feit dat de Bay Area ongeveer 8 miljoen inwoners telt, is het potentieel groot genoeg om paddenstoelen als eiwitbron net zo algemeen te maken als kip. Tegelijkertijd garanderen ze een goed inkomen, duizenden banen en is het goedkoop voedsel van hoge kwaliteit. BTTR Ventures streeft naar het scheppen van 250 banen. The sky is the limit, maar sommige schattin-

gen lijken erop te wijzen dat koffiedik, alleen al in Amerika, 50.000 banen kan opleveren. Waarom nog langer getreuzeld?

Arora en Velez werden in 2009 door *Newsweek* opgenomen in de top-25 van beste ondernemers jonger dan 25 jaar, en vervolgens in 2012 in de Forbes-lijst van de beste 30 ondernemers onder de 30. Hun bedrijf was toen een van de honderd snelst groeiende ondernemingen in de regio de San Francisco Bay Area en liet veel internet-start-ups achter zich. Ze werden als runners-up geselecteerd voor de BBC World Challenge, een wereldwijde competitie gericht op het lokaliseren van projecten of kleine bedrijfjes over de hele wereld, die ondernemerschap en innovatie op gemeenschapsniveau hebben getoond. Dit bedrijfsmodel spreekt duidelijk aan. Jan Willem Bosman Jansen, die samen met de restaurantketen La Place een vergelijkbaar bedrijf opzette in Nederland, werd tweemaal verkozen tot duurzaam ondernemer. Terwijl Nikhil en Alex zich richtten op thuiskweekpakketten voor paddenstoelen, zette Jan Willem zijn overvloedige opbrengst om in kroketten, die langzaam maar zeker stegen in de waardeketen en een nieuwe bestemming gaven aan de afgedankte kassen waar het boerenland bij het Noord-Hollandse Egmond mee bezaaid is. Cédric Péchard uit Frankrijk begon midden in Parijs in containers champignons te kweken. Wat een uitdaging om een vergunning te krijgen om de plaats van een geparkeerde auto te kunnen innemen.

Wilde paddenstoelen, een exclusief seizoensproduct waarvoor tot 50 dollar per kilo moet worden betaald, zouden binnenkort weleens het hele jaar door verkrijgbaar kunnen zijn, dankzij de combinatie van koffiedik en invasieve soorten, en de bedrijfsmatige aanpak van Velez en Arora. Die aanpak produceert minder afval, vermindert de uitstoot van methaan en maakt de consument meer bewust van het feit dat het realiseren van duurzaamheid in de eigen achtertuin begint.

Toen ik een tijdje in Mill Valley woonde, bezocht ik vaak het Muir Woods National Park. Ik raakte niet uitgekeken op de rijke biodiversiteit, alleen al in de verscheidenheid aan schimmels die ik er zag. De zoektocht naar inheemse paddenstoelen in lokale bosgebieden is voor de ZERI Foundation niet nieuw. Ze heeft dit al eerder gedaan in New Mexico, wat resulteerde in de oprichting van de allereerste State Mushroom Spore Bank van de Verenigde Staten. Deze sporenbank werd op poten gezet door Lynda Taylor, een van mijn eerste studenten in Amerika. In een tijd waarin Amerikanen zich steeds meer bewust worden van de noodzaak van gezond voedsel, vormen kweekpaddenstoelen, rijk aan eiwitten en belangrijke aminozuren maar arm aan cholesterol en verzadigde vetzuren, een prima alternatief. Dit productiesysteem, dat zich elders al heeft bewezen en op dit moment wordt getest door BTTR Ventures in de Bay Area, zal de basis vormen voor landelijke productie.

Een boycot overwonnen

Na hun bijdrage aan banenscheppende programma's in Amerika keerden Chido en Carmenza ieder terug naar hun geboorteland. Toen Chido tijdens haar verblijf in Marin City een plaatselijke kerkdienst bijwoonde, vroeg een van de parochianen haar: 'Vind je Amerika aangenaam?' Daarop antwoordde ze bevestigend, maar voegde eraan toe dat ze in Zimbabwe een missie te voltooien had en dus graag terug wilde keren. Ze heeft zichzelf voorgenomen de weesmeisjes een helpende hand te bieden en hun te leren om met de natuur als hulp in hun eigen voedselbehoeften te voorzien en bestaanszekerheid op te bouwen. Tijdens haar laatste dag in de vs maakte ze kennis met Helen Russell en Brooke McDonnell, de medeoprichters van Equator Estate Coffees & Teas, de door vrouwen geleide koffiegroothandel in San Rafael, Californië. Zo ontstond het idee om een Chido's Blend te creëren, en voor het eerst in wellicht tien jaar tijd koffie van topkwaliteit uit Zimbabwe naar de vs te importeren. Na een jarenlange boycot zouden de boeren van Zimbabwe de kans krijgen hun uitstekende koffie aan de Amerikaanse consument te kunnen aanbieden.

Chido hoopt dat ze de komende tien jaar duizenden meisjes in heel Afrika kan bereiken. Ze heeft gezworen niet te rusten zolang er nog steeds weeskinderen worden misbruikt. Ze snakken naar een drinkwaterput, een lemen hut en een klein lapje grond voor een groentetuintje om zelf van te kunnen eten. De prijs die ze daarvoor betalen behelst meestal toe te geven aan misbruik, vaak door hun eigen familieleden. Omdat weesmeisjes geen vader of moeder hebben die een bruidsschat kan betalen, zullen maar weinigen van hen ooit trouwen. Maar deze meisjes beschikken over vaardigheden die hen in staat stellen hun familie te voeden, waarmee de behoefte aan een bruidsschat teniet wordt gedaan. Chido verzamelde al haar spaargeld en mobiliseerde giften van particulieren en de Rotary Clubs van België, Duitsland en Zimbabwe om in 2015 vlak bij Harare het Future of Hope Center op te zetten en de meisjes een voor een te redden. Het geld dat zij had verdiend met gemeenschappen te leren op agro-afval champignons te kweken doet nu dienst om een netwerk aan positieve verandering op te bouwen op de plaats waar dat nodig is: in de plaatselijke gemeenschap.

Deze ervaringen doen ons beseffen dat de wereld van onderlinge verbanden aan elkaar hangt. In ecologische systemen staat alles met elkaar in verbinding. We zien in dat we in onze moderne samenleving een link kunnen vormen tussen het overwinnen van een handelsboycot en de export van marktgewassen, tussen afval en voedselzekerheid, en waarmee zowel in Afrika als in de binnensteden van Amerika banen kunnen worden geschapen. Voedselzekerheid vormt de sleutel tot onafhankelijkheid en voorzien in eigen levensonderhoud. Uitbannen van afhankelijkheid kan leiden tot het wegnemen van de omstandigheden die misbruik in de hand werken, en daarmee de voorwaarden creëren voor gezondheid en voorspoed. In Amerika kunnen koffiegenieters die Chido's

Blend kopen van Equator Estate Coffees & Teas, dit alles mogelijk maken. Het is een indringend voorbeeld van de manier waarop wij als consument via onze eigen keuzes de economie in ver gelegen gebieden diepgaand kunnen beïnvloeden. Op dezelfde wijze is ook het voorbeeld van Chido's werk als mentor voor Zimbabwaanse weeskinderen en voor ecologisch ingestelde ondernemers een prachtig voorbeeld van hoe één persoon het leven van velen kan veranderen.

We zouden dan ook graag willen dat deze kleine successen anderen tot grotere daden zullen inspireren en dat burgers over de hele wereld het belang en de waarde van een bijdrage aan een blauwe economie in hun eigen leven zullen inzien. Een blauwe economie omarmt ieders bijdrage. Een blauwe economie vormt een eindeloze kringloop van innovatie en ontwikkeling, waarbij elke bijdrage wordt benut en waar alle participanten baat bij hebben.

Van 'ZERI' naar honderd

In 1994 richtte ik de stichting Zero Emissions Research and Initiatives (ZERI) op, met als doel strategische ontwikkelingshefbomen te bedenken en onderzoeken, om daarmee echte duurzaamheid te stimuleren. Ik houd me bezig met het begeleiden van mensen, bedrijven en zelfs landen bij het bewustwordingsproces ten aanzien van de perfectie die in de natuur wordt bereikt, en het inzicht dat een blauwe economie zal leiden tot een energierijk en duurzaam succes voor de mensen en hun omgeving op deze planeet. Mijn huidige werk in kleinere gemeenschappen, zoals het Canarische eiland El Hierro (Spanje), Nusa Penida (op het Indonesische eiland Bali), La Colosa en Gramalote (Colombia), West-Kaap (Zuid-Afrika), en zelfs grotere gebieden als Bhutan of de stad Johannesburg (Zuid-Afrika) stelt mij in staat aldaar de economische ontwikkeling met inclusieve groei te begeleiden. We zoeken naar mogelijkheden, proberen consensus op te bouwen over projecten waar iedereen het over eens is en richten ons vervolgens op het uitvoeren daarvan. Met de uitdijende catalogus aan milieuvriendelijke innovaties kunnen ontwikkelingslanden de fouten van ontwikkelde landen met één hink-stap-sprong vermijden en daarmee de verspreiding van armoede, vervuiling en ziekten tegengaan.

Het is fascinerend dat wanneer kleine gemeenschappen over de blauwe economie horen er meteen een drang ontstaat om te gaan zingen en dansen om de nieuwe visie te vieren. Als je het in de economische centra, of het nu gaat om de hoofdstad van een land, een multinationale onderneming of een investeringsbank, over deze innovatieve portefeuille hebt, dan moet je eerst een haalbaarheidsstudie presenteren, gevolgd door een onafhankelijke technologische audit, om slechts een klein budget te verkrijgen voor een proefproject. Uiteraard is niemand in het machtscentrum bereid ook maar een volgende stap te overwegen, tenzij er een papieren verslag op tafel ligt. Nooit passeren projecten deze test en daarom houden we ons liever niet meer met deze logica bezig. Met harts-

tocht en wetenschap, navigerend tussen fantasie en werkelijkheid, kunnen we een overtuigende strategie inzetten, simpelweg door plannen uit te voeren die de samenleving in de richting van duurzaamheid sturen. Terwijl de nieuwe versie van dit boek naar de drukker gaat, zijn er bijna tweehonderd projecten geïmplementeerd, die vrijwel elke sector van de economie en elke maatschappelijke behoefte bestrijken. Dit vermogen van een netwerk van mensen om hun dromen en zelfs meer in vervulling te laten gaan geeft mij de motivatie om vasthoudend door te gaan.

Verandering begint in de periferie

De eilandbevolking van El Hierro heeft voorstellen afgewezen voor de bouw van een lanceerplatform voor kleine satellieten en ook voor een militair radarstation. Men heeft gezocht naar alternatieven die aan de belangrijkste criteria voldoen: een duurzame toekomst die komende generaties tal van kansen biedt. Ze heeft gekozen voor in dit boek beschreven innovaties en nog een paar andere bedacht die ongetwijfeld in een ander boek aan de orde zullen komen. Zowel de publieke als de private sector heeft het geld bijeengebracht om het gehele eiland vanaf medio 2014 voor wat betreft water en energie zelfvoorzienend te maken. De boeren zijn overeengekomen om de gehele landbouw binnen zeven jaar om te vormen naar de teelt van biologisch duurzame gewassen.

Landbouwafval zal worden gebruikt voor het cultiveren van eetbare paddestoelen. Verbruikt substraat zal tot compost of diervoeder worden verwerkt. Ivanka Milenkovic heeft zich voor dit doel ingezet. Bovendien zijn ze van plan om binnen tien jaar elke auto op het eiland op elektriciteit of op perslucht van de overvloedige wind te laten rijden. Voor de oorspronkelijke investeringen was meer dan 100 miljoen dollar nodig. Hoe kon een kleine gemeenschap van 10.500 inwoners ooit zo veel kapitaal opbrengen? Het zoeken naar fondsen begon bij de miljoenen die het eiland jaarlijks verlaten om aardolie te kunnen kopen. De netto contante waarde, correct berekend door een MBA (meester in briljante aanpassing) met een MBA bedrijfskunde, vormde de eerste financiering om de start te kunnen betalen.

De energiezekerheid en de overvloed aan water stimuleren de plaatselijke economie. Nu draait het slachthuis op het eiland, waardoor de waarde van veehouderij voor plaatselijke boeren is toegenomen. De kaas- en yoghurtfabriek verwerkt geiten- en schapenmelk tot heerlijkheden die worden gemengd met kruiden en vruchten, waardoor de plaatselijke coöperatie haar leden voor hun leveringen een veelvoud kan betalen vergeleken bij de traditionele verkoop aan een tussenpersoon die het aan de distributiekanaalen van supermarkten zou slijten. De fruittelers diversifiëren naar bananen en ananassen en de kwaliteitsdruiven worden verwerkt tot lokale wijnen. De eilandbewoners van El Hierro hebben er nooit van gedroomd in een geglobaliseerde economie te kunnen con-

curren. Ze hadden in de eerste plaats het behoud van hun gemeenschap, traditie en ecosysteem voor ogen, die regelmatig onder druk staan als gevolg van aardbevingen en vulkaanuitbarstingen onder water. Dankzij leidende eilanders van het kaliber van Javier Morales heeft El Hierro zijn sporen verdiend als het eerste eiland in de geïndustrialiseerde wereld dat in zijn eigen water- en energiebehoefte voorziet en tegelijkertijd banen genereert in een tijd dat de werkloosheid in Spanje een recordhoogte bereikt.

Bij een bezoek aan El Hierro bood Roald Marth, de expert op het gebied van hernieuwbare energie uit Los Angeles die er ooit van droomde het hele eiland Hawaï van de aardolie af te halen, te investeren in de energievoorziening en dat bekend te maken. De Herreños, die hun gemeenschap wilden beschermen, merken nu dat de hele wereld belangstelling heeft voor hun technologieën waarbij afwisselend wind en water wordt gebruikt zonder noodstroomstelsel. En dat terwijl Juan Manuel Quintero, directeur van het elektriciteits- en waterbedrijf Gorona del Viento, alleen maar goed werk wilde doen. Wanneer gewone mensen verder kijken dan hun neus lang is en hun kans grijpen, zijn ze in staat door gewoon hard te werken iets buitengewoons te bereiken.

Boekweit in Bhutan

Een eiland dat bij Europa hoort maar voor de kust van Afrika ligt lijkt wel wat op Bhutan, dat ingeklemd ligt tussen China en India en niets anders ambiëert dan geluk te verspreiden. Toen het koninkrijk in de Himalaya zijn grenzen opende, kreeg het al snel het advies om deel te gaan uitmaken van de wereld economie, totdat duidelijk werd dat boekweit uit Oekraïne een concurrerende prijs haalt van 200 dollar per ton, terwijl de kostprijs in Bhutan dicht bij 2000 dollar ligt. Met hun wens deel te gaan uitmaken van de global village zien de Bhutanezen, die hun bitterzoete boekweit misschien al wel drieduizend jaar verbouwen, hun oeroude tradities in een paar jaar in rook opgaan. Tegelijkertijd wordt er goedkope en genetisch gemodificeerde rijst geïmporteerd uit Thailand en worden de plaatselijke markten overstroomd met groente en fruit die rijk zijn aan chemicaliën. Boekweit lijkt geen toekomst meer te hebben en boeren vragen zich af wie hun product nog zal kopen.

Hoewel handelsdeskundigen al snel wijzen op het gebrek aan efficiëntie en productiviteit en het nut van handel op basis van comparatieve voordelen, en ze erop aandringen dat Bhutan zich aansluit bij de Wereldhandelsorganisatie (WTO), beseffen de meeste burgers wel dat vrijhandel op basis van de wereldwijde aan- en verkoop van goederen tegen de laagste kosten Bhutan geen toekomst biedt! Een nieuw bedrijfsmodel dringt zich op. Vanuit de algemeen gedeelde wens om banen te genereren voor goed opgeleide jongeren, de cultuur en traditie te behouden en tegelijkertijd de ontwikkeling van kwetsbare ecosystemen in de bergen te beschermen ontstond een portefeuille van kansen en kreeg

het ene na het andere initiatief enthousiast en met grote betrokkenheid vaste vorm.

Zijne excellentie Jigme Yoser Thinley, de eerste democratisch gekozen premier van Bhutan, stelde voor onderzoek te doen naar de productie van een alcoholvrij bier. Dat was het begin van een nieuw bedrijvencluster. Jim Lueders, oprichter van de Wildwood Brewery in Montana (vs), stelde voor bier te vergisten met het moutextract van boekweit. Dat betekent dat 92 procent van de boekweit veevoer is en 8 procent wordt gebruikt voor het maken van bier. Nooit eerder waren dieren op de juiste wijze gevoed. Vervolgens startte er een programma om wilde gist uit de Himalaya te oogsten om bier te maken op de manier zoals het altijd gebeurd is. Nu zijn dat moutextract en die wilde gist, niet meer dan een paar flessen, de belangrijkste elementen van een licentiecontract, waardoor kleinschalige, kwalitatief hoogwaardige brouwerijen overal ter wereld het mengsel uit Bhutan kunnen produceren. Kinley Tshering, hoofd bosbeheer in Bhutan, die is afgestudeerd in de Amerikaanse staat Montana, leerde als student bierbrouwen. Met de technische steun van Jim zorgt hij ervoor dat het project van droom werkelijkheid wordt. De boekweiteconomie verandert van de ene op de andere dag. Bhutaanse boekweit kan nooit concurrerend zijn. Maar de combinatie van moutextract en wilde gist met een licentieovereenkomst die voorziet in 5 procent royaltybetaling op de eindprijs aan de consument, houdt in dat elke ton boekweit nu een waarde heeft van ongeveer 4000 dollar per ton. Nu heeft Bhutan een toekomst voor zijn duizenden jaren oude landbouwtraditie en blijven de meeste voedingsstoffen in het land. Bij het proces is biodiversiteit (wilde gist) een belangrijk element geworden van het succesverhaal. Zou Oekraïne ooit in staat zijn om dit idee te evenaren? We zijn ervan overtuigd dat dit een van de projecten is dat een concurrerende positie op de wereldmarkt kan garanderen voor Bhutanees bier, terwijl de plaatselijke bevolking ook dit gezonde brouwsel zonder de alcohol geserveerd krijgt.

Herstel van het zeebos

De Caribische eilanden hebben het zwaar. Het milieu heeft het zwaar en de mensen hebben het zwaar. De werkloosheid is hoog, de invoer van fossiele brandstoffen is onverzadigbaar en de koralen staan onder druk. De stranden liggen bezaaid met plastic. De klimaatverandering is ook al niet bevorderlijk. Terwijl de schoonheid van deze eilanden buiten kijf staat, is de concrete situatie moeilijk. Hoe kan het paradijs worden herwonnen? Het Nederlandse Bonaire, met een bevolking van slechts 17.500 inwoners, is een van de duizenden eilanden dat op zoek is naar bestaansmiddelen, waarbij een portefeuille van initiatieven ontstaat die ons licht aan het eind van de tunnel laat zien.

Zoals systeemexpert en auteur Fritjof Capra zo fraai beschreef bestaat er niet zomaar leven maar een levensweb. Koralen vormen daarop geen uitzonde-

ring. De schade aan de koraalriffen wordt veroorzaakt door een overpopulatie van geiten. Naar schatting 30.000 geiten eten alle struiken die ze kunnen vinden, wat bodemerosie veroorzaakt, en de aanhoudende stofstormen maken het water troebel en houden het zonlicht op het koraal tegen. Het herstel van het ecosysteem van de riffen is afhankelijk van het beheer van deze geiten. De oplossingen voor bodemerosie zijn afhankelijk van de voedselvoorziening, die in toenemende mate uit de zee zou moeten komen, en het raakvlak tussen de zee en de kust.

Mangrovebossen langs de kustlijn beschermen de kust. Het knippen van mangroves stimuleert de groei van het wortelstelsel en vergroot de koolstofopslag en veerkracht van het plaatselijke ecosysteem dat sterk afhankelijk is van deze plantensoort, die voorziet in het levensonderhoud van garnalen, bijen en bloemen. Een mengsel van mangrovetakjes en -blaadjes met *salicornia*, een zouttolerante zeekraalsoort die langs het strand en tussen de mangroves groeit, vormt het ideale geitenvoer, dat wordt geproduceerd met plaatselijk voorhanden middelen. Als de geiten zich te goed kunnen doen aan makkelijk verkrijgbaar voer, kan het plantenleven zich herstellen.

Als de geiten worden ingetoomd, lopen de koralen geen verdere schade op. Dat is uiteraard goed nieuws, maar het is niet genoeg om tevreden te zijn met alleen het afwenden van verdere vernietiging. De belangrijkste vraag die gesteld moet worden is: zijn de fouten uit het verleden te herstellen? Koralen worden wel beschreven als langzaam groeiend, maar er is steeds meer wetenschappelijk bewijs dat de groei ervan gestimuleerd kan worden. Uitgaande van de ervaring van Las Gaviotas, het herstel van het Colombiaanse regenwoud op land dat meer dan twee eeuwen geleden werd ontbost, heeft een kleine, maar groeiende groep wetenschappers ervaring verzameld met de aanplant van pioniersoorten die kunnen zorgen voor het herstel van de biodiversiteit. De 8000 hectare regenwoud in Las Gaviotas begon met een simpele pijnboom en tegenwoordig gedijen er meer dan 250 soorten naast elkaar. Naar verwachting zullen vogels, bijen en de wind nog honderden meer soorten meebrengen uit het Orinocobekken, waar biodiversiteit nog steeds aanwezig is.

Las Gaviotas werd 'onmogelijk' genoemd, een 'monocultuur' en zelfs 'een veranderd ecosysteem'. Tegenwoordig is het geslaagde herstel van zowel het ecosysteem als de gemeenschap – waarin volledige werkgelegenheid bestaat en die zelfvoorzienend is voor water, voedsel en energie – een bron van inspiratie voor de koralen. Als het mogelijk was op land de bossen terug te brengen, waarom zouden de bossen van de zee dan niet ook hersteld kunnen worden? Op kleine schaal heeft de wetenschap laten zien dat dit haalbaar is bij eilandgewei- en hertshoornkoralen. Kun je riffen herstellen door te beginnen met deze groeizame soorten? Net als bij de start van Las Gaviotas 25 jaar geleden is de kritiek hevig. Maar de enige manier om over deze mogelijkheid te praten is door een nieuwe werkelijkheid te scheppen.

Martien van der Valk en Paul Coolen, toeristische ondernemers met tientallen jaren ervaring, zagen de kansen. Op basis van de voorhanden wetenschap richtten zij de Coral Restoration Foundation Bonaire op en begonnen experimenten uit te voeren om te kijken of het mogelijk was koralen aan te planten. Dat bleek al snel inderdaad zo te zijn, wat de tweede vraag opwierp, namelijk hoe de plaatselijke koraalkwekerij beheerd moest worden. Zonder grondige kennis van de plaatselijke situatie van het land en de zee, kun je je bijna niet voorstellen dat die locatie de beste plaats zou zijn. Bovendien moeten de plaatselijke omstandigheden worden aangepast om een platform te creëren dat grote hoeveelheden koraal levert. Las Gaviotas stond voor hetzelfde probleem om jaarlijks 1 miljoen boomscheuten te krijgen die de negen lange droge zomermaanden en de drie heftige regenmaanden konden weerstaan. De oplossing kwam er pas na het aanbrengen van de mycorrhizaschimmel.

Het innovatieve ontwerp van de koraalkwekerij bleek een stel kunststofbuizen te zijn, maar het zouden ooit ook oude televisieantennes kunnen zijn. Door koralen te verbinden met een stroom van voedingsstoffen is groei niet alleen gegarandeerd, maar ook overvloedig. Drie jaar ervaring met kweken en aanplanten werd samengevat in een gids die de grondslag werd van een duikerscursus die werd goedgekeurd door de Professional Association of Diving Instructors (PADI). Het vertrouwen groeit, en zoals gewoonlijk moet er worden uitgebreid en daarvoor is kapitaal nodig. Als alle riffen op Bonaire in hun oorspronkelijke pracht hersteld zouden worden, waren er misschien wel 100 miljoen koralen à 5 dollar nodig. Een snelle rekensom maakt duidelijk dat de totale investering zo gigantisch is dat weinigen die op zich willen nemen. Hoe kunnen we dit overwinnen?

Paul Coolen en zijn team van BuddyDive zien maar één mogelijkheid en dat is een voor een aanplanten. Zorg dat de koraalkwekerijen groeien, motiveer de toeristen om te komen, leer ze hoe ze moeten aanplanten en inspireer gezinnen tot een vakantie met een doel: herstel van de bossen van de zee. Tenslotte bestaat 70 procent van het aardoppervlak uit water en met 5 dollar per koraal zijn er maar een paar reisbureaus nodig om de stroom van toeristen op gang te krijgen die allemaal willen terugkomen om te zien wat ze hebben bereikt met hun passie om de aarde op een meer duurzame koers te krijgen.

Het is nog maar net begonnen

Hoewel deze successen en avonturen bescheiden lijken, zou een wereldwijde inspanning in tien jaar tijd grote veranderingen teweeg kunnen brengen. Het lijkt geen twijfel dat steeds meer landen en regio's steeds meer oog krijgen voor verstandige oplossingen en innovaties, en deze omarmen om de bevolking te stimuleren en gemeenschappen te schragen. Terwijl initiatieven zich aandienen en samenwerkende partijen hun successen delen, zullen velen van hen met

vertrouwen de volgende stap zetten. Net als Chido Govera in Zimbabwe, Paolo Lugari in Colombia, Godfrey Nzamujo in Benin, Javier Morales in Spanje en Kinley Tshering in Bhutan willen inspelen op nieuwe ideeën om deze uiteindelijk te kunnen realiseren, zullen ook duizenden anderen met een soortgelijke visie en vastberadenheid de stap voorwaarts zetten. Laten we hopen dat deze niet-aflatende inspanningen anderen tot nog grotere daden zullen inspireren en dat mensen overal ter wereld zullen beseffen hoe belangrijk het is om in hun eigen leven te kunnen bijdragen aan een blauwe economie: de omarming van een kringloop van innovatie en ontwikkeling, waarbij elke bijdrage wordt benut.

Economische principes zijn maatschappelijke principes, en maatschappelijke principes zijn de principes van ecosystemen. Het welslagen van onze economieën en onze samenlevingen en het koesteren van onze aardse habitat hangen af van een gezamenlijke inspanning om de overvloed die een blauwe economie ons biedt te onderkennen en waar te maken.

Ik moet toegeven dat het me zo veel moeite kost om beleidsmakers en leiders uit het bedrijfsleven te overtuigen dat ik het bijna heb opgegeven. Daarom besteed ik nu meer dan de helft van mijn energie en tijd anders: elk succesvol project dat uitgaat van een visie, wetenschappelijk wordt aangestuurd en een evenwichtig risico aangaat, vertaal ik in een fabel van drie minuten. Op het moment dat ik deze epiloog afsluit heb ik 204 fabels geschreven en toegezegd er 365 te maken zodat ik kinderen over de hele wereld kan laten zien welke unieke kansen er zijn om deze wereld vorm te geven met inclusieve groei. Werken met kinderen vormt een nieuwe frisse benadering van het leven, omdat zij nooit onderscheid maken tussen fantasie en werkelijkheid: alles is werkelijkheid.

LITERATUUR EN AANVULLENDE INFORMATIE

Boeken en tijdschriften

- Alexandersson, Olaf, *Living Water: Viktor Schauberger and the Secrets of Natural Energy*, Warrington, vK: Newleaf Books, 2002.
- Appelhof, Mary, *Worms Eat my Garbage: How to Set Up and maintain a Vermicomposting System*, Kalamazoo, MI: Flower Press.
- Ayensu, Edward S., *Ashanti Gold, African Legacy of the World's Most Precious Metal*, London: Marshall Editions, 1998.
- Barksdale, Jelks, *Encyclopedia of the Chemical Elements, 'Titanium'*, New York: Reinhold Book Corporation, 1968.
- Bartholomew, Alick en David Bellamy, *Hidden Nature: The Startling Insights of Viktor Schauberger*, Kempton, IL: Adventures Unlimited Press, 2005.
- Benyus, Janine, *Biomimicry: Innovation Inspired By Nature*, New York: Harper Perennial, 2002.
- Biswas, Asit K., T.N. Khoshoo en Ashok Khosla, *Environmental Modelling for Developing Countries*, Dublin: Tycooly Intl, 1990.
- Brown, Lester R., *Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization*, New York: W.W. Norton, 2009.
- Buswell, John, 'Development of the World Mushroom Industry: Applied Mushroom Biology and International Mushroom organizations', *International Journal of Medicinal Mushrooms* x, Redding, CT, Begell House, 2008.
- Capra, Fritjof, *The Science of Leonardo: Inside the Mind of the Great Genius of the Renaissance*, New York: Anchor Books, 2008.
- , *Steering Business towards Sustainability*, Tokio: United Nations University Press, 1995.
- , *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems*, Boston, MA: Shambhala Books, 1997.
- Chang, S.T. en John Buswell, 'Development of the World Mushroom Industry: Applied

- Mushroom Biology and International Mushroom Organizations', *International Journal of Medicinal Mushrooms*, Redding, CT: Begell House, 2000-2009.
- Donachie, Matthew J., *Titanium: A Technical Guide*, Metals Park, OH: ASM International, 1988.
- Fleischmann, Wimm, Martin Grassberger en Ronald Sherman, *Maggot Therapy: A Handbook of Maggot-Assisted Wound Healing*, New York: Thieme Publications, 2004.
- Fredriksson, Marianne en Bengt Warne, *På akacians villkor. Att Bygga Och Bo I Samklang Med Naturen* (On the Conditions of the Acacia, to Build and Live in Harmony with Nature), Göteborg: Warne förlag AB, 1993.
- Gabriel, Julie, *Green Beauty Guide: Your Essential Resource to Organic and Natural Skin Care, Hair Care, Makeup, and Fragrances*, Deerfield Beach, FL: HCI Press, 2008.
- Govero, Chido, *The Future of Hope*, Tokio: ZERI Foundation, 2009.
- Gravitis, Janis, 'Biomaterials and Bioenergy from Photosynthesis, within Zero Emissions Framework', in Frano Barbir en Sergio Ulgiati (red.), *Sustainable Energy Production and Consumption: Benefits, Strategies and Environmental Costing*, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, New York: Springer Verlag, 2008.
- Greatbatch, Wilson, *The Making of the Pacemaker: Celebrating a Lifesaving Invention*, Amherst, NY: Prometheus Books, 2000.
- Ishida, Emile, *Nature Technology: Channeling the Forces of Nature* (in het Japans), Tokio: Kagaku Doujin, 2009.
- Kamm, Birgit, Patrick R. Gruber en Michael Kamm, *Biorefineries – Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions* (2 banden) (band 1), Weinheim, Duitsland: Wiley-VCH, 2006.
- Lovins, Amory, Paul Hawken en L. Hunter Lovins, *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*, Boston, MA: Back Bay Books, 2008.
- Margulis, Lynn, *Five Kingdoms, An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, New York: W.H. Freeman & Company, 1998.
- Margulis, Lynn en Dorion Sagan, *Acquiring Genomes: The Theory of the Origins of the Species*, New York: Basic Books, 2003.
- , *What Is Life?*, Berkeley, CA: University of California Press, 2000.
- Margulis, Lynn en Karlene Schwarz, *Five Kingdoms: A Multimedia Guide to the Phyla of Life on Earth*, W.H. Freeman Company, 2003.
- McDonough, Bill en Michael Braungart, *Cradle to Cradle*, San Francisco, CA: North Point Press, 2002.
- , *The Upcycle: Beyond Sustainability: Designing for Abundance*, New York: MacMillan, 2013.
- Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jorgen Randers en William W. Behrens III, *Limits to Growth, Report to the Club of Rome*, New York: Universe Books, 1972.
- Miles, Philip G. en Shu-Ting Chang, *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*, Boca Raton, FL: CRC Press, 2004.
- Molisson, Bill en Reny Mia Slay, *Permaculture: A Designers' Manual*, Tasmania, Australia: Tagari Publications, 1988.

- Panati, Charles, *Extraordinary Origins of Everyday Things*, New York, Harper Collins, 1989.
- Parker, Andrew, *In the Blink of an Eye: How Vision Sparked the Big Bang of Evolution*, New York: Basic Books, 2004.
- Pikkety, Thomas, *Le Capital au XXI^e siècle*, Parijs: Seuil, 2012.
- Posamentier, Alfred and Ingmar Lehmann, *The (Fabulous) Fibonacci Numbers*, Amherst, NY: Prometheus Books, 2007.
- Pralhad, C.K. en Stuart L. Hart, *The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty through Profits*, Philadelphia, PA: Wharton School of Business, 2005.
- Priya, Shashank en Daniel Inman, *Energy Harvesting Technologies*, New York: Springer Verlag, 2008.
- Rangers, Jorgen en Dennis Meadows, *Limits to Growth: The 30-Year Update*, White River Junction, VT: Chelsea Green, 2004.
- Rau, Thomas en Susan Wyler, *Swiss Secret to Optimal Health: Dr. Rau's Diet for Whole Body Healing*, New York: Berkley Books, 2009.
- , *Biological Medicine: The Future of Natural Healing*, Marion, MA: Biological Medicine Network, 2003.
- Rodríguez Lledó, Camilo, *Bioconstrucción* (Spaanse editie), Madrid: Ediciones Literarias Mandala, 2009.
- Rozema, Jelte, Yiannis Manetas en Lars Olof Björn, *Responses of Plant to UV-B Radiation (Advances in Vegetation Science)*, New York: Springer Verlag, 2001.
- Rubio Luna, Germán, *Arte y Mañas de la Guadua, Una guía sobre el uso productivo de un bambú gigante*, (Art and Skill of the Bamboo: Guide to the Productive Use of Giant Bamboo), Bogotá: Ino Arte, 2007.
- Schauberger, Viktor, *Nature As Teacher: How I Discovered New Principles in the Working of Nature* (Eco-Technology Series), Dublin: Gateway (Gill & MacMillan), 1999.
- Schauberger, Viktor en Callum Coats, *Water Wizard: The Extraordinary Properties of Natural Water*, Dublin: Gateway (Gill & MacMillan), 1998.
- Shirai, Yoshihito, Kenji Sakai, Masayuki Taniguchi, Shigenobu Miura, Hitomi Ohara en Toru Matsumoto, 'Making Plastics from Garbage: A Novel Process of Poly-L-Lactate Production from Municipal Food Waste', *The Journal of Industrial Ecology* 7(3-4), 64-74 (zomer/najaar 2003).
- Stern, Lord Nicholas, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- Tanner, Michael D., 'War on Poverty at 50: Despite Trillions Spent, War Won', Foxnews.com, 8 januari 2014.
- Todd, Nancy Jack en John Todd, *From Eco-Cities to Living Machines: Principles of Ecological Design*, Berkeley, CA: North Atlantic Press, 1994.
- van Dieren, Wouter, *Taking Nature into Account: A Report to the Club of Rome*, New York: Springer Verlag, 1995.
- Vegesack, Mette Kries von, Jean Dethier, Klaus Steffens en het Vitra Design Museum, *Grow Your Own House, Simon Velez and Bamboo Architecture* (Engelse en Duitse editie),

- Weil am Rhein, Duitsland: VITRA Design Museum, 2000.
- Vieira Costa, J. Alberto, Luciane Maria Colla en Paulo Fernando Duarte Filho, 'Improving *Spirulina platensis* Biomass Yield Using a Fed-Batch Process', *Bioresource Technology* 92(3), 237-241, St. Louis, MO: Elsevier, 2004.
- Vollrath, Fritz, *Spiders Weird and Wonderful*, Londen, Hodder Children's Books 1992.
- Weisman, Alan, *Gaviotas: A Village to Reinvent the World*, White River Junction, VT: Chelsea Green, 2008.
- Weiszäcker, Ernst von en Amory Lovins, *Factor Four: Doubling Wealth*, Londen: Earthscan Ltd, 1998.
- Weiszäcker, Ernst von, Charlie Hargroves, Michael H. Smith, Cheryl Desha en Peter Stasinopoulos, *Factor Five: The Promise of Resource Productivity*, Londen: Earthscan, 2010.
- White, Richard E. en Gloria Eugenia Gonzalez Marion, *Las Gaviotas: Sustainability in the Tropics*, Worldwatch Institute, juni 2007.
- Wiesel, Elie, *Night*, New York: Bantam Books, 1982.
- Wijkman, Anders, *Unmitigated Disasters: the Victims of Man-made Catastrophes*, Bourton on Dunsmore, VK: Practical Action Publishing, 2008.
- Wilkes, John, *Flowforms: The Rhythmic Power of Water*, Edinburgh, VK: Floris Books, 2003.
- Winans, Stephen C. en Bonnie Bassler, *Chemical Communication among Bacteria*, Haddon, VK: ASM Press, 2008.
- Worldwatch Institute, *State of the World 2008: Toward a Sustainable Global Economy*, Washington, DC: The Worldwatch Institute, 2008.
- Worldwatch Institute, *State of the World*, Washington, DC: Worldwatch Institute, 2009.
- Yang, Jiashi, *Analysis of Piezoelectric Devices*, Hackensack, NJ: World Scientific Publishers, 2006.

Anderwerk van Gunter Pauli

- Pauli, Gunter, *Crusader for the Future: A Portrait of Aurelio Peccei, Founder of the Club of Rome*, Oxfordshire, VK: Pergamon Press, 1987.
- , *Breakthroughs*, Hanslemere, VK: Epsilon Press, 1995.
- , *Upsizing: The Road to Zero Emissions, More Jobs, More Income and No Pollution*, Sheffield, VK: Greenleaf Publishing, 2000.
- , *Gunter's Fables*, Hogares Juveniles Campesinos, Bogotá, Colombia, en ZERI (2006).
- , *Out of the Box: Zeri Management Stories*, Kaapstad, Zuid-Afrika: Future Managers, 2007.

Lijst van fabels door Gunter Pauli

A Fair Price	Don't Eat Me Alive! (No Me Comas Vivo!)
A Healthy Diet	Don't Leave me Alone (¡No me Dejes Solo!)
A Shaky Earth	Dragons Everywhere
A Soup of Bacteria	Dressed up in Algae
A Throne for All	Dress-up Party
A Tooth Fairy	Drink it – Wear it
A Vegetable Chemical	Ducklings' Breakfast
African Farms	Edelweiss in the Sun
Animal Medicine (Medicina Animal)	Edible Forests
Are you Prepared?	Farmers Background
Are you Scared?	Farmers of the Sea
Attention is Energy	Farming in the City
Bacteria on the Run	Faster than Light
Bamboo Hangers	Fast Relief
Bamboo Miracles	Fishing without Nets
Beautiful Schools	Floating in the Air
Bees at Home	Floating in the Soup
Better or Cheaper	Flour Bombs
Big Ears	Fluttering Flags
Biological Batteries	Forest Drinking Water (Aqua Potable del Bosque)
Blowing in the Wind	Forgive to Forget
Bread with Seeds	Free of Filters
Breakfast in America	Fresh Air for Free
Building a Cathedral	Fuel from the Trees
Can Apples Fly? (Manzanas Voladoras?)	Fungi Tea with Music
Cakes with Wind	Generous Geraniums
Can Plants Sing?	Getting More
Carbon Pencils	Going Against the Current (Contra la Corriente)
Chimps on Pension	Grandma Bison's Garden (El Jardin de la Abuela Bisonte)
Cold Feet (Pies Frios)	Green Hair and Four Eyes (Cuatro Ojos, Pelo Verde)
Colombian Mushrooms (Champiñones Colombianos)	Goats for Dinner
Color without Paint	Going Round in Circles
Computing with Light	Grow a House (Cultiva una Casa)
Coral Care	Himalayan Buckwheat
Cozy Condors	Holidays for the Body
Crabs for Dinner	House Sitting
Cutting Wood while Growing Forests	
Crystal Palace	
Dams in the Desert	

How Much is Enough?	Please Play with Me (¡Por Favor Juega Conmigo!)
How Smart are You?	Power Forever
How to Say Goodbye	Power from a Waterhose
How to Swing it Together!	Rabbit Fuel
How to Take it Apart (Como des Baratarlo)	Rare on Earth
Hunting Yeast	Ready to take the Risk
Insect Grass	Red Rice (Arroces Rojos)
I love to Move it – Move it	Sailing with the Sun
Jewelry from Rice	Salt Water to Farm
Learning to Share	Scratch my Back (Rasca mi Espalda)
Learning to Teach	Shake to Charge
Let us Sleep	Shifting Gears
Light and Abundant	Shiitake Love Caffeine (Los Shiitake Aman la Caffeine)
Light my Fire	Shoes from Silk
Life Cycles	Shooting with Air
Living with Lice	Slow Food
Looking in the same Direction	Smart Monkeys
Males Only (Solo Machos)	Solar on both Sides
Maggots' Spit	Solar Power at Night
Making Money on Money	Speed of Light
Master Copycat	Spinach in the Sun
Masters and Grand Masters	Spinning like a Spider
Math for Beginners	Stinging Nettles
Metals without Mining	Strong as Silk
Metals without Moulds	Super Food
Milk or Cheese	Surviving the Cold
Mine Water	Talking Water
Mite Farm	The Ant Farmer (La Hormiga Agricultura)
Mosquito Bites	The Bear and the Fox (El Oso y el Zorro)
More than one Earth	The Bearded Dragon
Noses and Ears to See (Narices y Oidos que Ven)	The Body's Oil
Only Healthy Food Please	The Buzz of Silence
Oranges from Soap (Jabon de Naranjas)	The Cactus Home
Oranges against Fire	The Desert Witch (La Bruja del Disierto)
Palm Oil	The Devil in the Detail
Paper from Stone	The Five Kingdoms of Nature (Los 5 Reinos De La Naturaleza)
Planting Forests in the Sea	The Goddess of the Tropics
Plastics from Straw	The Happy Robot
Plastics in my Tommy	

The Hippo Beauty Parlor (Salon de Belleza del Hipopotamos)	Touching the World
The Incredible Fly	Tree Candy (Dulce del Arbol)
The Intestines of the Earth	Turn off the Lights
The Kelp Dance	Unlimited Gas
The King of Hearts (El Ray del Corazones)	Vitamin Factory
The Magic of Chili	Walking on Water (Caminando Sobre El Agua)
The Magic Hat (Sombrero Majico)	Walking on Hair
The Math of Honey	Water and Stones
The Mountain Goat (La Cabra Montanera)	We can Swim
The Skin of the Earth	We Love Salt
The Smart Grid	Whatever comes down goes up
The Smart Mushroom (El Hondo Sabiondo)	Where did the Lamb go?
The Solar Blue Dragon	Where is Home? (Donde Esta Mi Casa?)
The Solar Tree	Who Is the Sweetest?
The Strongest Tree (Arbol Mas Fuerte)	Who is the Most Beautiful? (Qien es el mas Bello?)
The Tallest Tree	Who Needs You?
The Tree we Forgot	Why Can't I Steal Less? (Por Que no Puedo Robar Menos?)
The Zebra Aircon (Ventilador de las Cebras)	Why Don't They Like Me? (Porque no me Qiere?)
Ticks for Life	
Tomatoes and Apples for Clean Water	

REGISTER

- aardbevingen 256-257, 259
aardolie 16, 17, 37-38, 40, 112, 126, 142, 144,
146, 158, 163, 185, 189, 194, 196, 210, 245,
332, 337, 358, 359
abalonen (zeeoren) 111, 196, 248
Abengoa 178
acacia, Australische 226
ademhalingsaandoeningen 71, 238, 242-
243, 255, 302
Advanced Gel Technologies (AGT) 165-166
afbreekbaarheid, biologische 41, 106, 183,
280-281, 282
-, reinigingsmiddelen 28, 41, 100, 119, 299-
300
Africa University 353
AgriProtein 62, 169, 283, 343
Ahlsten, Hakan 58, 63-64
aids/hiv 131, 164, 218
Aizenberg, Joanna 22
algen 40, 61, 76, 126, 207-211, 304, 315, 329-
330, 337
-, micro- 61, 79, 161, 179, 242, 304, 314, 318
-, voor biodiesel 208-209, 296
alkalische pH 234, 243, 255
allergieën 71, 109, 183, 238
aluminium 52, 198, 277
Álvarez Mejía, Luis Miguel 259
amputaties 62, 164, 166
Andersson, Yngve 64
anaerobe vergisting 61, 282, 315
AngloGold Ashanti 218
antibiotica 160, 162, 163, 165-166, 173, 246,
311
antihistaminica 170
antioxidanten 180, 185
antivries 196
apothekersskink 251
appelboomgaarden, snoeisel uit 137
appelperskoek 188
arbeidsmarkt 48
argongas 146, 334
armoede 49, 88, 263-288, 302
Arora, Nikhil 133, 345, 353-355
Arup 74
asbest 81, 101, 227
Asia Pacific Regional Training Center for
Integrated Fish Farming 21, 318
astma 71
Ayensu, Edward 198
Back To The Roots (BTTR) Ventures 133,
345, 353-355
bacteriedoders 78-79, 160-164, 170, 197, 246
bacteriën 160-164, 239, 245-246, 337

- , anaerobe 61, 282, 315
- , antibiotica-resistente 165-166
- , biofilms 122, 161-164, 171, 238, 249
- , zuurminnende bacteriën 173-174
- bagasse 66-67
- bamboe 150-151, 199, 238, 247, 259-260
- , als bouw materiaal 252, 255-258, 259-260
- Ban, Shigeru 256
- BASF 95
- Bastioli, Catia 188-189
- beerdiertje (mosbeertje) 95, 158-159
- Benin 18, 24, 58, 61-62, 113, 167-168, 283, 342, 363
- benzeen 183
- benzofenon-3 179
- berberis, antibiotica uit 173
- bergduivel 247
- bètacaroteen 180, 303-304, 305
- beweging, energie uit 156, 205-206, 252
- Bhutan 359-360
- bierbrouwerijen 38, 65, 360
- bijen 99
- bioafval 130, 185, 279
- biobatterijen 205
- biobrandstoffen 68, 100, 211-212, 341
- , duurzame bronnen voor 208, 209, 226, 296
- , zie ook biodiesel; biogas
- biocompatibiliteit 145, 146-147, 149-150
- biodiesel 208-209, 210, 226, 353
- biofilms 122, 161-164, 171, 238, 249
- biogas 18, 282, 315, 316, 317, 318
- Biomonde 165
- bioraffinaderijen 24, 42, 187-190, 210-211, 229, 296, 348
- Biosignal 101, 112, 164
- Biostability 95
- bizons 66, 137, 354
- black liquor 41
- blauwe waterjuffer (*Enallagma civile*) 181
- blindheid 303-305
- bloedcirculatie 154-157, 193-194, 205-206, 245
- bodemerrosie 33, 137, 142, 143, 361
- boekweit 359-360
- Bonaire 360-362
- bos zie eikenbossen; regenwoud
- Bosch, Robert 203
- Bosman Jansen, Jan Willem 133, 338, 355
- brand- en vlamvertragers 75, 81-82, 95-96, 101, 109-110, 237, 238, 239, 273, 337
- brandstofinjectie 170-171, 203
- British Petroleum 163
- Britland, Stephen 165-166
- broeikasgassen 38, 80, 129, 130, 143, 144, 159, 210, 221, 226, 296; zie ook CO₂; dikstikstofoxide; methaan
- broom 81, 95, 101, 237
- Brown, Lester R., 27, 309, 311, 329
- Brusch da Fraga, Lucio 209
- cactusdoornen 247
- calciumcarbonaat 111, 187, 243
- Capra, Fritjof 29, 107, 236-237, 360
- Caribische den 59
- Carothers, Wallace 144
- cashflow 96-97, 130, 186, 231, 245
- cellulose 38, 40, 41-42, 66-67, 95, 99, 128-129, 182, 187, 241, 255
- cement 256, 302
- , productie en CO₂-uitstoot 211, 252, 256
- CENICAPE 130
- Center for Ecoliteracy 253
- Centre Pompidou 84
- cfk-gassen 170, 179
- champignons 126, 338, 352, 355, 356
- Chan, George 61, 143, 318, 319
- Chang, Shuting 21, 126, 129, 130
- chelatie 196, 215, 223, 227-229, 255
- chemie, in de natuur 83
- Chen, Rishen 319
- Cheng, Jason 138-139
- Chido's Blend (koffie) 356-367
- China 21
- , bamboe 150
- , paddenstoelenteelt 21, 100, 125-126, 128, 136, 351
- , steenpapier 24, 42, 219-220
- , voedselzekerheid 126, 141-142, 309-320
- , zijde 141-142, 150, 310, 313-314

–, zonnepanelen 52-53
 chloor 134, 146, 163
 –, in water 93, 163, 178, 237, 245
 chroom-IV 228
 Clark, Kimberley 259
 Club van Rome 21, 23, 28, 39, 46, 187, 194
 CO₂ (koolstofdioxide) 61, 130, 143, 146, 182, 207-211, 221, 243, 295-296, 335
 –, -afvang 143-144, 148
 –, -binding 146, 296
 –, emissierechten 221-222, 225, 226
 –, -opslag in oceanen 211, 296
 –, -uitstoot 148, 178, 193, 194, 207, 209, 211, 252, 256, 295-296, 330
 –, -voetafdruk 256
Collema cristatum (soort korstmos) 179
 Colombiaanse Federatie van Koffietelers 130, 351
 Columbia Forest Products 78
 compostering, ondergrondse 241
 Coolen, Paul 362
 Coral Restoration Foundation 362
 cosmetica 148-149, 150, 163, 182-183, 184, 185-186, 188, 209
 Costa, Lúcio 253
 covalent, niet- 293
 Cox, Siemen 133
 Crocket, David 285
 cultuur 286
 Curitiba (Brazilië) 192, 212
 Cutifani, Mark 218
Cyclorana maini (soort boomkikker) 247
Cyphochilus-kever 181
 cystische fibrose zie taaislijmziekte

 D-limoneen 41, 300, 328
 Daiwa House 75, 95
 dauwpunt 60, 76, 77, 84
 Deflamo AB 82
Delisea pulchra (soort wier) 161
 diabetes 62, 136, 166, 170
 diervoeder 18, 41, 52, 53, 60, 64, 66, 100, 107, 127, 129, 130, 131, 132, 137, 167-168, 186, 187, 189, 279, 300, 318, 319, 339, 351, 354, 358

Dillingham, Gay 244
 dissipatieve structuren 293
 distels 88, 189
 distikstofoxide (N₂O) 144, 194, 195
 dolfinen 121, 155
 –, tuimelaar 195, 251
 draaikolken 78-81, 93-94, 107, 112, 197, 203, 247, 293; zie ook vortex
 Drew, David 61, 168
 Drew, Jason 62, 168
 drijfgassen 170-172, 179
 Drucker, Peter 115
 druivenpulp 82, 188
 DSM 334
 dynamiet 76

E. coli 245
 Earthstone 244
 Eastgate Shopping and Office Centre 74
 Ebara Corporation 41
 Echeverri, Emilio 351
 echolocatie 202
 ecologische voetafdruk 39, 110, 113
 Ecover 28, 334
 eczeem 71, 238
 edelweiss 179, 238
 Edison, Thomas 199
 eendenmossel, larven van 99
 eikenbossen 100, 119, 128, 351
 eikhaas 125
 Eisner, Tom 171
 El Hierro 58, 67-68, 121, 247, 248, 332, 347, 357, 358-359
 elektrische vissen 199
 elektronica, micro- 163, 333
 Elsenburg, onderzoekscentrum 62, 168, 343
 energiezuinigheid 18, 57, 72, 79-81, 96, 97, 129, 134, 194, 195-196, 206-207, 218, 224, 251
 –, gebouwen 72, 73, 75, 84, 235, 236, 239-240, 244, 249, 252
 –, lampen 101, 333-334
 ENI 189, 190
 enzymen 62, 165, 166, 172, 200, 311

- Equator Estate Coffees & Teas 354, 356-357
 ESKOM 217, 221, 225
 ethanol 209, 226
 ethiek 101, 119-122, 339-340
- Factor Vier* (Weizsäcker) 23
 fair trade 134-135, 353
 FAO (Voedsel- en Landbouw-organisatie van de VN) 187
 FDA (Food and Drug Administration) 149, 156
 feeder-transport 285-286
 fibroblastcellen 62
 Fiji Water Company 223
 Fleming, Alexander 165
 fluweelpootje 125
 formaldehyde, 78, 237
 fossiele brandstoffen 18, 143, 194, 196, 211, 233, 296, 332
 fotonische technologie 184
 fotosynthese 19, 76, 160, 179, 206, 207, 296
 fotovoltaische cellen (PV-cellen) 52-53, 193, 195, 197-198
 Fraunhofer Instituut 201, 206, 252
 Fujimura, Hiroyuki 41
 furanonen 112, 160-164, 171, 172, 238
- gangreen 164
 Garland, Linda 255
 garnalen 164, 221
 Garoé-laurierboom 247
 GE (General Electric) 94, 227, 228
 gebit 160, 162, 163, 181, 325-326, 327
 gebouwen 233-260
 –, energiezuinigheid 71-72, 73, 75, 84, 203, 235, 236, 239-240, 244, 249, 252
 –, gezondheid 71-74, 83-84, 233-255, 260, 288
 –, glas 237, 244, 273, 282
 –, glasschuim 335-336
 –, isolatie 71, 73, 74-75, 81, 84, 237, 239, 242-243, 335-336
 –, scholen 73, 246, 250, 254-255, 288, 347
 –, woningen 233-234, 255-258, 273-274
 –, zwaartekracht 203, 247
- gehoorapparaten 204
 Gehry, Frank 273
 geiten 68, 137, 280, 283, 354, 358, 361
 gekkekoeienziekte 167
 gekko's 77-78, 83, 99, 238
 geladen deeltjes 239, 242
 gemeenschapsontwikkeling 269-288
 genetische modificatie 36, 54, 83, 106, 110, 127, 143, 267, 299-306, 311-313, 337, 359
 geometrie 96, 144-145, 147, 324
 geraniums 228
 geurverdrijvers 52, 138
 gezondheid, gezondheidszorg, ziekte 43, 49, 60, 164, 172, 173-174, 279, 316, 340
 –, antibiotica 160, 162, 163, 165-166, 173, 246, 311
 –, diabetes 62, 136, 166, 170
 –, gebouwen 71-74, 83-84, 233-255, 260, 288
 –, hartaandoeningen 21, 92-93, 112, 153-157
 –, kanker 78, 81-82, 101, 109, 149, 160, 174, 178-179, 185, 216, 239
 –, kinderen 73, 131, 237-239, 254, 266, 288
 –, kleurstoffen 183-184, 185-186
 –, kosten 115, 125, 156, 159, 196-197, 266, 324
 –, risico's voor 101, 110, 115, 157, 164, 168, 174, 217, 235, 239, 249, 258, 335
 –, soa's 131, 164, 218
 –, vaccins 94-95, 114, 158-159, 196-197
 –, verzorgingsproducten 149, 185-186
 –, voeding 53, 125, 127-128, 129, 130, 132-134, 136-137, 185-186, 253, 283, 309, 311, 329-330, 338, 355
 –, water 198, 276, 329
 –, werkgelegenheid 159, 167
 –, wondbehandeling 62, 150, 164-168
 ggo (genetisch gemodificeerde organismen) zie genetische modificatie
 Ghavami, Khisrow 256, 259
 Gielis, Johan 238
 gieren 167
 Gillette 147, 148, 150
 gingko (*Ginkgo biloba*) 314
 Giraldo Maya, Antonio 258
 glas, cellulair 273, 276, 282
 glasvezels 75, 244, 335

Gold Fields 221, 225-226
 Gore, Al 23, 89
 Gorona del Viento 68, 359
 Gotland 58, 63-65
 gouden zijdespin 145-146
 Govero, Chido 32-33, 113, 132, 133, 338, 344, 345, 346, 352-354, 356-357, 363
 grafeen 333
 Grätzel, Michael 206
 Gravitis, Janis 42-43
Grenzen aan de groei (Club van Rome) 23, 28
 GRO Holland 133, 338
 groei
 –, economische 16, 30, 39, 45, 46-48, 84, 107, 263-266
 –, inclusieve 23, 30, 49-51, 53-54, 267, 269-270, 284, 285, 286-288
 groene economie 15, 30-31, 53, 313
 groenwassen 100-101
 grondwater 38, 217, 226, 310, 315
 grote bombardeerkever 171-172, 173, 179
Guadua angustifolia (soort bamboe) 247, 256, 257
 Gurgulino de Souza, Heitor 21, 28

 haarkleuringsproducten 149
 Hallberg, Curt 22, 79, 112, 197, 224
 halogeen 81, 95, 101
 Harman, Jay 96, 224
 Harrison jr., William B. 60
 Hart, Stuart 266
 hartaandoeningen 21, 92-93, 112, 153-157
 hartritme 92, 112, 153, 154, 156
 Harvard University 181
 Haspel, Robert 65-66
 Hassan, Makini 353
 Havel, Václav 313
 Hedén, Carl-Göran 63, 187, 188
 Heeger, Alan 206
 hemicellulose 42, 66, 187
 Henderson, David 80
 Henkel 98
 Hermès 146
 Higgins, Charles 354
 hitte-eilandeffect 18, 249-250

 hiv 131
 Hoekstra, Hopi 181
 Hogares de Cristo 258
 Honda, Soichiro 91
 honger *zie* voedsel(on)zekerheid
 hormonen 246, 311
 houtcellulose 128-129
 houtskool 65, 257-258, 280
 Huang Di, keizer 142, 313
 huidkanker 178
 huidcellen, schade aan 178-179
 huiduitslag 71, 238
 huisvesting 255-258, 269-274, 282-283, 285
 –, Zuid-Afrika 269-288
 huitlacoche 291
 Hundertwasser, Friedensreich 79, 253
 hydrofilie 77, 79, 84, 101, 247, 248
 hydrofobie 77, 79, 101, 247, 248

 IDD 164
 ijskristallen 80
 ILO 88
 inhalatiemedicijnen 171
 injectienaalden 169-170
 injectiespuiten 159, 163, 169-170
 inktvissen *zie* octopussen; pijlinktvissen; zeekatten
 invasieve soorten 173, 226, 354-355
 IPCC 144
 iriserende kleuring 180, 181-182, 183
 Ishida, Emile 22
 isolatie, van gebouwen 71, 73, 74-75, 81, 84, 237, 239, 242-243, 335-336

 Jaramillo, Carmenza 130, 352, 353
 Jia, Wenzhao 205
 judasoor 125

 Kaapse viooltjes 182
 kalium 155, 245
 kameleon 180
 kanker 78, 81-82, 101, 109, 149, 160, 174, 178-179, 185, 216, 239
 Katzeff, Paul 353
 keramiek 111, 196

keratine 148, 181, 255
 kernactiviteiten en -competenties 30, 46,
 47, 52-53, 88-89, 92, 95, 97, 100, 106, 111,
 219, 291, 303
 kevers 18, 71, 76, 77, 79, 132, 171-173, 179, 180,
 181, 182, 183, 196, 203, 238, 247, 255
 Kevlar 111
 Khosla, Ashok 21
 kikkers 78, 173-174, 180, 181, 247
 kinetische energie 156, 205-206, 252
 kippen 168, 280, 283, 339, 354
 Kjelleberg, Staffan 161
 kleurstoffen 149, 177-188, 240, 255
 –, minerale pigmenten 182-183
 –, uit zware metalen 183, 237
 klimaatbeheersing 73-77, 162, 163, 237, 241,
 242-243, 247, 249
 klimaatverandering 17, 18, 32, 37, 45, 80, 81,
 116, 130, 131, 144, 207, 211, 220, 295, 301,
 319, 335, 339, 360
 klis (stekelnoot) 18-19, 77-78
 kloofwater 222-224
 koedoehoorns 96
 koffervis 196
 koffie 52-53, 128-139, 185, 188, 200, 295, 353,
 356-357
 –, afval, gebruik van 33, 52-53, 107, 128-
 139, 338, 351
 –, dik 52, 128-130, 133-134, 137, 139, 338, 345,
 353-354, 374-375
 –, pulp 128, 130-131, 134-136, 351
 –, verspilling biomassa 32, 67, 128, 130, 135,
 137
 kolen zie steenkool
 kolibries 181-182, 183
 koolstof 93, 143-144, 155, 333, 361
 –, uitstoot 37, 53, 60, 65, 66, 67, 159, 208,
 211
 –, vezels 203, 240, 255
 koolstofdioxide zie CO₂
 koraal 143, 360-361
 koraalslangen 180
 korstmossen 76-77, 179, 215
 Kotler, Philip 292
 kraakbeen, fibreus, uit zijde 149-150
 krebscyclus 82, 95
 kringloopketen (cascade) 18, 28, 31, 43, 52-
 53, 58, 68
 kwartels 18, 62, 167-168
 kwarts 202-203, 252
 kwik 101, 183, 216, 229, 255, 333, 334
 Kyoto, Verdrag van 28, 221-222, 256
 Laggarberg School 73, 246, 250, 347
 land (grond), waarde van 60, 73, 229, 249,
 270, 288
 landbouwfal 126, 131-132, 302, 358
 landbouwgronden 33, 141-143, 150, 157,
 226, 270, 271, 273, 279-281, 303, 310, 313-
 316, 317
 Larrey, baron Dominique-Jean 165
 Larsson, Lars Uno 172
 Larsson, Stefan 197, 330-331
 Las Gaviotas 22, 58, 59-60, 61, 113, 223, 228-
 229, 249, 294, 341, 342, 361-362
 Lauterwasser, Alexander 250
 LEED-certificatie 234
 legionella 162, 249
 legionairsziekte 249
 Leizu, keizerin 313-314
 lenzen 177-178
 Levande Filter AB 242
 Li, Kaichang 78
 Li, Kangmin 21, 319
 Li, Wenhua 21
 Liang, Shih Huei (William) 219-220
 libelles 178, 181
 lichaamswarmte, energie uit 157, 201-202,
 238
 licht, koud 196, 224
 lijm- en kleefstoffen 77-78, 98-100, 237
 –, lijmkracht van gekko, mossel, klis 19,
 77-78, 83, 99, 238
 lignine 40, 41-42, 66, 187
 lokaal niveau, groei en ontwikkeling op 15,
 16, 30, 47-48, 49-51, 106, 269-288
 loodopslag 228
 Los Alamos National Laboratory 228
 lotusbloem 248, 251
 Lovins, Amory 194

- luchtstromen 72-74, 96, 112, 224-225, 239-243, 245, 247, 250, 252, 255-256, 257
 luchtverontreiniging 127, 254-255
 luchtzuivering 221-222, 242, 302
 Lueders, Jim 360
 Lugari, Paolo 22, 58, 59, 61, 113, 342, 363
 luiers 280-281
 Lupton, John Thomas 'Jack' 285
 lycopen 180, 184, 185-186, 238

 maagaandoeningen 174
 maatschappelijk verantwoord ondernemen 54, 263
 maden 18, 24, 61-63, 164-169, 172, 343
 magnesium 77, 146, 215
 magnetisme 62, 199
 -, elektro- 36, 38, 177, 237
 maïs 21, 38, 41, 100, 106, 187, 208, 282, 291
 Majali, Abdul Samer al- 32
 malaria 164, 166
 mangroves 361
 Mård, Åke 243
 Marin City Community Development Corporation 353
 Marion Institute 23
 Marshall, Barry J. 174
 Marth, Roald 359
 Matrica 189
 Matsuzaka, Ayumi 280
 Max Planck-instituut 206
 McDonnell, Brooke 356
 McIntosh, Andy 171-172
 McPherson, Ellen 46
 Medtronic 93, 156, 158
 MEGTEC Systems AB 222
 melkslang 180
 melkzuur 205
 mest 38, 73, 126-127, 130, 135, 137, 142-143, 144, 168, 104, 208, 280, 302, 304, 310, 315-316, 318, 319, 354
 Mestral, George de 18-19
 metaalafval 147, 157, 183, 196, 255
 methaan 32, 38, 41, 61, 82, 129, 130, 131, 187, 194, 195, 216, 220-222, 226, 244, 282, 301, 315, 331, 332-333, 355

 micro-organismen 58, 73, 127, 141, 158-159, 160, 163
 microstructuren 181, 184
 mijnbouw 97, 111, 158, 215-231, 244, 258-259
 -, afval van 38, 67, 215, 216
 -, explosies 82, 171, 224
 -, steenkolenmijnen 324, 332
 -, water 216, 217-218, 222-224, 225-226, 258-259
 mijnwaterinitiatief 225
 mijten 71-72, 87, 178, 240, 255
 Milenkovic, Ivanka 130, 137, 358
 moerbeibomen 141-143, 147, 314
 molecular heat eaters 81-82
 Molina, Mario 170
 monocultuur 60, 106, 131, 142, 144, 300, 301-302, 304, 312, 361
 Montréal, Protocol van 170
 Morales, Javier 58, 67, 359, 363
 mosbeertje zie beerdiertje
 mosselen 77-78, 83, 238
 Mouton, Sven 259
 MRD AB 243
 muggen 75, 169
 mycelium (zwamvlok) 65, 72, 76, 127
 mycorrhizaschimmels 59, 294, 342, 362
 mycosporine 179

 Namibische woestijn 76, 77
 Namibische woestijnkever 18, 77, 79, 196, 203, 247
 nanopacemaker 92-93, 155-157
 Nanopass 33-injectiespuit 169-170
 nanobuisje, geleidend 92-93, 155-157
 nanotechnologie 148-149, 196, 206
 natuur, vijfrijken uit de natuur 126, 311, 337
 nautilusschelp 96, 224
 Nestlé 52-53, 134, 138, 200
 Niemeyer, Oscar 253
 Nilsson, Mats 81-82, 95
 Nitto Denko 94
 Nobel, Alfred 76
La Nouvelle Alliance (Prigogine) 293
 Novamont 188-189, 190, 348

- Novomer 274
 Nyquist, Anders 22, 73, 75, 243, 246, 249-250, 288, 330, 346, 347
 Nzamujo, pater Godfrey 22, 58, 61-62, 113, 167-168, 342, 363
- O'Connell-Rodwell, Caitlin 204
Ocotea foetens (soort laurierboom) 247
 octopus 178
 oesterzwam 126, 129, 338, 345, 351
 Oh, Tae-Sung 240
 Okano, Masayuki 169-170
 olie 208; zie ook aardolie; palmolie
 olifanten 204
 onderwijs 73, 132, 278, 286, 287-288, 304
 ontbossing zie eikenbossen; regenwoud
 ontlasting en urine, menselijke 245, 280-281, 283, 315-316, 318
 optica 178
 orang-oetan 28, 100, 119, 300
 orchideeën 182
 ormiavlieg 238
 Orphan Teaches Orphans-programma 132
 osmose 163, 200, 228, 240
 –, omgekeerde 93, 163, 164, 248
 Osram 101
 Oveson, Morten 79
 Oxford Biomaterials 112
 Oyauchi, Tetsuya 169
 ozonlaag 170, 172, 179, 335
- På Akacians Villkor* ('Over de wetmatigheden van de acacia'; Warne) 73
 pacemakers 92-93, 112, 153-157
 paddenstoelen 65-66, 74, 78, 119, 228, 314, 315, 337-339
 –, -teelt 24, 52, 53, 107, 125-137, 199, 226, 279-280, 302-303, 319, 338-339, 344, 345, 351-355, 358
 –, wilde 132, 355
 –, zie ook schimmels; *afzonderlijke paddenstoelen en zwammen*
 palmolie en oliepalm 208, 301
 –, biobrandstoffen 100, 182
 –, reinigingsmiddelen 28, 41, 100, 114, 119, 300, 328
 papier 38, 41-42, 66-67, 114, 181, 182, 219-220, 255, 259, 301, 335
 –, steenpapier 24, 42, 97, 219-220
 papierwesp 99
 parabenen 237
 paradijsvogel 181-182
 parasieten 167, 246
 Parker, Andrew 22, 77, 182, 183-184, 186
Pauwlownia fortunei 314
 Pax Scientific 96, 112
 pcb's 227
 Peccei, Aurelio 23
 Péchard, Cédric 355
 Pedraza Vargas, Hilderman 62, 169
 Perdomo, Francenid 352
 permacultuur 315, 337
 pesticiden 143, 168, 173
 petrochemische stoffen 28, 37, 142-144, 314
 pH 59, 61, 136, 219, 233-234, 236, 238, 239, 243, 255, 319
 –, elektriciteit uit 200-201
 Piano, Renzo 256
 Picuris Pueblo 58, 65-66, 258, 354
 piëzo-elektriciteit 156, 202-204, 206, 225, 251, 252
 pigmenten zie kleurstoffen
 pijlinktvissen 196, 251
 Piketty, Thomas 263, 264
Pisolithus tinctorius (soort schimmel) 59
 Pittsburgh Corning 243, 336
 plaatselijk zie lokaal niveau
 plastics 142-143, 144, 145, 151, 181, 182, 189, 196, 337-338
 –, afval 38, 145
 –, bio- 188, 253
 –, uit maïs 41, 187
 –, uit zetmeel in voedselafval 41, 253
 platformtechnologie 112
 polycultuur 318
 polyester 208, 210, 238, 296
 polymelkzuur 41
 polymeren 38, 40, 112, 142-147, 148-149, 150, 196, 206, 209, 211, 220, 238, 293

polyurethaan 75, 84, 95, 335, 337
 prachtkevers 238
 Prahalad, C.K. 266
 Prigogine, Ilya 293, 320
 Prime Separations 228
 Pulp to Protein-programma 131, 134, 135-139, 251-253, 254-255
 pyrolysie 200

 QinetiQ 101
 Quintero, Juan Manuel 68, 359

 Rees, William 39
 regenwater 59-60, 242, 246, 254-255, 257, 316
 regenwoud 28, 59-60, 100, 114, 119, 138, 182, 242, 249, 300, 341, 361
 reinigingsmiddelen 28, 41, 100, 119, 170, 244, 245, 299-300, 327-328
 reishi 125, 129, 136
 Reynolds, Jorge 21, 93, 153-156, 157
 Ricardo, David 268
 rijst 38, 208-209, 301, 303-305, 310
 –, genetisch gemodificeerde 127, 302, 303-305, 359
 –, zeerijst 319
 rijststro 126, 127, 302, 319
 rijststrozwam zie tropische beurszwam
 rochellezout 202
 rode ibis 181
 Rolex 205
 roomijs 283
 Roser, Bruce 95, 159, 196
 Rowland, Sherwood 170
 Russell, Helen 356

 salicornia 361
 Sangong, Wu 125
 scarabee 182
 schaalvoordeel 16, 46-47, 106, 117, 268, 293
 schaatsenrijder 246
 schapen 68, 358
 Schauburger, Viktor 79
 schelpen 96, 111, 147, 224, 238, 243, 248, 255
 Schick 148, 150

 schimmels 41, 59-60, 160, 179, 237, 242-243, 251, 291, 294, 337, 355
 –, termieten en mieren 72, 73, 240, 241, 258
 –, voedingsbron voor mensen 125, 129
 –, zie ook paddenstoelen
 Seiko 157, 202, 205
 seismische communicatie 203-204
 shiitake 100, 119, 125, 127-128, 129, 136, 338, 351
 Shirai, Yoshihito 41, 54
 Shu, Young-Suk 240
 sickbuildingsyndroom 74
 Siemens 94
 Singtex Corporation 138-139
 slachtafval 18, 53, 61-62, 166-169, 283
 slangster 178
 Slegers, Mark 133
 Slide Ranch 354
 Slow Food 253
 Smith, Adam 43, 269
 snuitkevers 132
 soa's 131, 164, 218
 sociaal kapitaal 28, 31, 57, 277, 282
 soja 52, 53, 106, 208, 301
 Solarus 52, 197, 276, 277-278, 331
 Songhai Center 61-62, 167-168, 283, 342
 spaarlampen 101, 333-334
 Specialty Coffee Association of America 353
 Spies, Peter 201-202
 spinnen 40, 71, 78, 145, 293
 spirulina 207-208
 staal 16, 146, 147-148, 169, 196, 256-257, 327
 StablePharma 95
 Stahel, Walter 46
 Starbucks 135, 136-137
State of the World (Worldwatch Institute) 27, 28, 329
 steenkool
 –, energiecentrales 193, 199, 208, 209, 211, 224
 –, mijnen 324, 332
Steering Businesses towards Sustainability (Capra) 29
 Steinberg, Peter 22, 161, 163-164

- Steiner, Achim 82
 stekelnoot zie klis
 stemtrillingen, energie uit 204
 stikstof 144, 146
 stikstofoxiden 233-234
 –, distikstofoxide (N₂O) 144, 194, 195
 stofdeeltjes 71, 73, 237, 239, 254-255
 Stokman, Harry 276
 straling
 –, elektromagnetische 177, 237
 –, ultraviolette 52, 59, 71, 138, 149, 178-180, 181, 183, 185, 187, 237, 238, 240, 242, 244, 255, 257
 stroomvoorziening 68, 194, 198, 199, 217, 221, 224-225, 274-277, 286, 359
 suikerziekte zie diabetes
 super blue-green algae 209
 surfactanten 327
 Swaghoven, Eric 338
 Swedin, Christer 22
 symbiose 22, 59-60, 76, 117, 141, 160, 173, 179, 209, 211, 294
 taaislijmziekte (cystische fibrose) 112, 163, 171
 Tagwira, Margaret 353
 Taiheiyō 256
 tanden en kiezen zie gebit
 Taniguchi, Masatsugu 256
 tapijtvezels 95, 240, 255
 tarwe 106, 127, 282, 301, 302, 309, 310
Taxus chinensis 314
 Taylor, Lynda 65-66, 355
 termieten 71, 239, 257, 258
 –, klimaatbeheersing 19, 72-74, 75, 196, 239, 241, 294, 347
 termitomyces-paddenstoel 74
 Terumo Corporation 169-170
 thallium 227, 228
 Thanksgiving Coffee 353
 thee 52, 137, 279-280, 282, 301
 thermo-elektriciteit 201-202
 thermostabiliserende technologie 95
 Thinley, Jigme Yoser 360
 Thofeldt, Lars 242
 titanium 32, 144-145, 146-147, 148, 150, 162, 180, 183, 196, 216, 314, 325, 327, 336
 Todd, John 22
 toiletten 61, 245-246, 247-248, 280, 283, 317
 tomaten 180, 187
 –, -afval en -schillen 184-186, 187-188, 238
 tonijn 196, 251
 Toyota 201
 tropische beurszwam (rijststrozwam) 127
 Trulstech Innovation 81
 Tshering, Kinley 360, 363
 tuberculose 163, 171
 tuimelaar 195, 251
 ultraviolette straling 52, 59, 71, 138, 149, 178-180, 181, 183, 185, 187, 237, 238, 240, 242, 244, 255, 257
 UNEP 23
 UNESCO 63, 121, 230
 Ungerleider, Andrew 244
 Unilever 164, 184, 187, 190, 266
 Uppsala Universitet 245
 uranium 215, 216, 217-218, 223, 226, 227-228, 229-230
 Uribe, Alvaro 60
 urine zie ontlasting en urine
 vaccins, bewaren van 94-95, 114, 158-159, 196-197
 Valk, Martien van der 362
 vanderwaalskrachten 77
 varens zie eikvaren; verrijzenisvaren
 veeteelt 141, 167, 168, 217, 283, 310, 329, 358
 Velcro 19, 99
 Velez, Alex 133, 345, 353-354, 355
 Velez, Simon 255-258
 Ventania, Lucio 258
 Verenigde Naties (VN) 18, 82, 100, 129, 305
 –, Landbouwwerorganisatie van de 187
 –, Ontwikkelingsprogramma van de 29
 –, Universiteit van de 28, 29, 334
 verrijzenisvaren 159
 verstuivingstechnologie 170-172
 vervoer 284-286
 verzilting 319

- Vieira Costa, Jorge Alberto 22, 207-209, 210, 330
- Vignerot, Jean Pol 179
- vijf levensvormen uit de natuur 126, 311, 337
- Vinci, Leonardo da 19, 224, 236-237, 247, 316
- viskweek 61, 112, 133, 163, 168, 185, 303, 315, 318
- vissen 181, 196, 199, 251, 318
- visserij 120-122, 310
- Vital Signs* (Worldwatch-Institute) 27
- vloerverwarming 240
- voedselafval 41, 253, 315-316; zie ook diervoeder; koffie; thee; tomaten
- voedselveilige grondstoffen 81-82, 95
- voedsel(on)zekerheid 61-63, 107, 127, 129, 131-138, 143, 167, 208-209, 279-282, 283, 301-306, 309-320, 329-330, 344, 351, 356
- voetafdruk
–, CO₂ 256
–, ecologische 39, 110, 113
- vogelgriep 283
- Vollrath, Fritz 22, 145-147, 148, 150, 196
- Voltaire 171
- vortex 112, 197, 210, 247, 248, 327
–, -technologie 79-80, 97, 114, 197, 210, 222, 223, 224, 238, 248-249, 327-328, 333
–, zie ook draaikolken
- Vortex Innovations 197
- Voyer, Normand 22
- vriesdrogen 95
- vrije radicalen 179
- vrijhandel 47, 49, 50, 266, 267, 268, 291, 340, 359
- waarde, genereren van 49-51, 52, 53, 57, 285, 294
- walvissen 121, 199
–, hart van 21, 93, 154-156
–, weerstandvermindering 195, 225, 252
- warmtebehoud 196, 251
- warmteomzetter 202
- warmtewisselaars 221, 225, 276
- Warne, Bengt 73
- Warren, Robin 174
- water 36, 246, 250, 293, 362
–, afvalwater 61, 79, 199-200, 222, 235, 244-246, 282, 315, 331
–, algen 207, 208, 210, 329-330
–, alledaags gebruik 79, 203, 235, 237, 240, 244-249, 268, 274-275, 276-277, 278, 280, 330, 331
–, besparing en verspilling 18
–, bronwater 60, 223, 226, 230
–, drinkwater 39, 59, 60, 77, 93, 107, 122, 157, 163, 223-224, 226, 230, 245, 246, 249, 257, 259, 280, 329, 331, 356
–, duurzame voorziening 58
–, energie uit 68, 121, 224, 251, 276-277, 330, 359
–, grondwater 38, 217-218, 226, 310, 315
–, koeling 18, 198, 208, 247, 249, 330, 332
–, kosten 60, 68, 117, 217, 245, 268, 317, 331
–, landbouw 208, 217, 225, 301, 309-310, 316-318, 329
–, mijnbouw 216, 217-218, 222-224, 225-226, 227-228, 258-259, 332
–, Namibische woestijnkever 18, 77, 79, 196, 203, 247
–, ontzilten / ontzouten 67-68, 93-94, 163, 248
–, opvang 18, 76, 77
–, papier 42, 97, 219
–, regenwater 59-60, 242, 246, 254-255, 257, 316
–, -stromen 57, 112
–, tekorten / vraag naar 18, 39, 67-68, 222-223, 249, 259, 316, 317, 329
–, toiletspoeling 32, 244-245, 248, 280, 283, 316, 317
–, verspilling 185, 222
–, vervuiling 39, 217-218, 222-223, 227, 244, 266, 310, 315, 329, 331
–, verwarming 330
–, visserij 120-122
–, zeewater, zout water 122, 146, 163, 166, 208, 319
–, zelfvoorziening 67-68, 114, 347, 358-359
–, zonnepanelen 51, 198, 330

- , zuivering 18, 32, 61, 78-79, 93-94, 163, 178, 197, 198, 203, 220, 222-223, 228, 235, 237, 238, 245-246, 247-248, 276, 277, 278, 282, 315, 316-317, 331
- , zie ook draaikolken; hydrofilie; hydrofobie; vortex
- waterhyacint 61, 132, 137-138, 193, 354
- waterweerstand, vermindering van 195, 225, 252
- Watrecó 79, 97, 112, 248
- Weizsäcker, Ernst Ulrich von 39
- Welwitschia mirabilis* (soort woestijnplant) 76, 247
- West Cliff Collier Power Plant 222
- Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) 158, 159, 166
- werkgelegenheid 16, 17-18, 28, 31, 45, 49, 52, 54-55, 57, 87-88, 178, 265, 284-285, 319-320
- De wetenschap van Leonardo da Vinci* (Capra) 236-237
- wieren zie zeewier
- Wiesel, Elie 22
- Wijkman, Anders 21, 46, 299, 301
- Wildwood Brewery 360
- wind 36, 58, 60, 75, 121, 143, 202, 249, 251, 257
- , -energie 17-18, 64, 68, 195, 197, 224-225, 252, 286, 358, 359
- , -turbines 39, 64, 222, 225
- witmakers, optische 183
- woestijnpopulier (*Populus diversifolia*) 314
- Wolgast, Matts 245
- wondbehandeling 62, 150, 164-168
- woningen zie huisvesting
- Worldwatch Institute 27, 28, 329
- wrijvingsreductie 251
- Xi-Ling Shi, keizerin 142
- zebra 71, 74-75, 252
- zeekatten 180
- zeemuis 182
- zeeoren zie abalonen
- zeeschelpen zie schelpen
- zeewier 112, 161, 164, 171, 172, 238, 243, 255
- zelfreinigend vermogen 248, 251
- zelfvoorziening 43, 67, 131, 310, 347, 358, 361
- Zero Emissions Research and Initiatives (ZERI) Foundation 15, 29, 50, 256, 260, 300, 319, 329, 334, 351, 353, 355, 357
- zetmeel 38, 41, 98, 253
- zijde 114, 141-151, 170, 202, 238, 252, 296, 310, 313-314
- zijderups (*Bombyx mori*) 140-141, 143, 144, 145-146, 150
- zijdespin, gouden 145
- zink 162, 180, 183
- zonnebrandproducten 149, 179
- zonnecellen 158, 198, 203, 204, 206, 240, 255, 330
- zonne-energie 17-18, 19, 39, 52-53, 94, 158, 197-198, 206, 285, 330-331
- , geconcentreerde 178, 197
- zonnepanelen 51-52, 72, 121, 194, 197-199, 278, 330-331
- zwaartekracht 58, 79, 156, 197, 200, 202-203, 210-211, 224, 246, 247, 248, 251-252, 274, 276
- zwamvlok zie mycelium
- zwarte soldaatvlieg 283
- zwaveldioxide 233
- zweet, energie uit 204