

**CIRCO**

# ECOMIMICRY VOOR DESIGN

## **LEREN VAN DE ECOLOGIE**

Inzichten in leren van de ecologie voor design & circulaire ondernemen

**DOUWE JAN JOUSTRA**

Oktober 2015, ICE-Amsterdam

# ECOMIMICRY

DESIGN: LEREN VAN DE ECOLOGIE VOOR CIRCULAIR ONDERNEMEN

## -WHITEPAPER-

### **COLOFON:**

*Tekst* Douwe Jan Joustra (ICE-Amsterdam)

*Medewerking* Pieter van Os (Reversed Concepts)

Cees Anton de Vries (Origame)

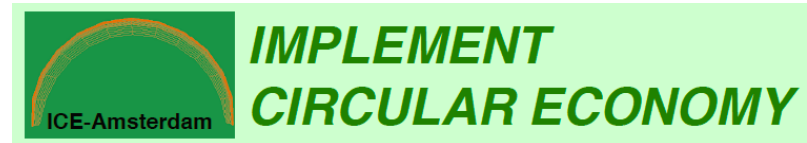
*Opdrachtgever* ClickNL/Circo, Delft

*Vormgeving* Anabella Meijer, Kanai Haarlem

**Amsterdam, oktober 2015**

**©ICE-Amsterdam**

*This report is published under a Creative Commons License (CC BY-°©-ND 4.0). This means that you are free to share (to copy, distribute and transmit) this work.*



# INHOUDSOPGAVE

<b>Voorwoord</b>	<b>4</b>
<b>1 Circulaire economie en ecomimicry, de aanleiding</b>	<b>6</b>
<b>2 Systeemdenken</b>	<b>10</b>
<b>3 Ecomimicry, wat is het?</b>	<b>15</b>
<b>4 Opbouw en afbraak</b>	<b>18</b>
<b>5 Symbiose</b>	<b>27</b>
<b>6 Harde en zachte grenzen</b>	<b>29</b>
<b>7 Tot slot</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage</b>	<b>35</b>

# VOORWOORD

**Circulaire economie is een 'living system' concept. Alles heeft waarde en alles van waarde is kwetsbaar. In de natuur is afhankelijkheid een krachtige waarde. Ook het continue hergebruik van materialen en mineralen maakt het systeem sterk.**

De circulaire economie zet een nieuwe beweging op gang. Door economische modellen op bedrijfsniveau, nieuwe relaties tussen eigenaar en gebruiker én beter doordenken van producten en services.

Een belangrijke karakteristiek is dat in een dergelijk, levend, systeem (1) niets van waarde verloren gaat. Een tweede karakteristiek vormen de (2) wederzijdse afhankelijkheden die er zijn. De derde karakteristiek is de (3) beweging: niets is of blijft hetzelfde. Er is sprake van groei, productie, opbouw en afbraak: waardeontwikkeling.

Ook in ons taalgebruik komt de samenhang met levende systemen tevoorschijn. We spreken over onze stad of organisatie als een ecosysteem. De ecologie wordt een belangrijke inspiratiebron voor de nieuwe economie als 'living system'. Dat vraagt een analyse op beide woorden: 'living' en 'system'. In dit whitepaper wordt een eerste stap gezet naar deze analyse vanuit een lerend perspectief. De ecologie als inspiratiebron met processen en patronen die overgenomen kunnen worden. Dit is ecomimicry, het leren van de ecologie.

Bent u de doelgroep? Waarschijnlijk wel, als u dit document al geopend hebt en dit leest. Wat ik probeer te geven is een denkkader, toolkit, voor de designer die al lang worstelt met de vraag 'Alles kan beter, maar wat is nu eigenlijk goed?'. Design is de (creatieve) sleutel tot een goed systeem waarin leven mogelijk is, kwaliteit van leven levert en een groeiende samenhang tussen het menselijk systeem en de natuur realiseert. Dat ligt in de opzet van dit whitepaper besloten.

Voor nadere informatie over de ontwikkeling van de circulaire economie is het platform [www.circulairondernemen.nl](http://www.circulairondernemen.nl) een goede bron: actueel, theorie en praktijk komen er samen. Voor de designer die meer wil weten over de relatie circulaire economie en design is [CIRCO-NL](http://CIRCO-NL) een goede basis.

Reacties, aanvullingen of nieuwe invalshoeken zijn uiteraard van harte welkom!

*Het bestaande lineaire model van de economie kent een hoge mate van 'verbruik' en 'verlies'. Gemiddeld eindigt 90% van de grondstoffen na een halfjaar op de vuilnisbelt. Gelukkig hebben we in Nederland geen echte vuilnisbelten meer en is het afvalstelsel zo goed ingericht dat een aanzienlijk deel van alle materialen via recycling terug kan worden gewonnen. Intussen leidt dat wel tot verlies van waarde: zowel kwaliteit als financieel.*

**Douwe Jan Joustra - Implement Circular Economy (Amsterdam)**

[djj@ice-amsterdam.nl](mailto:djj@ice-amsterdam.nl)

# 1 CIRCULAIRE ECONOMIE EN ECOCIMICRY, DE AANLEIDING

**Het denken over de circulaire economie is gestart na een publicatie van Pearce en Turner<sup>1</sup>. In hun artikel gaven ze aan dat een samenleving die niet zorgvuldig met zijn grondstoffen omgaat, eindigt met een milieu dat zich kenmerkt als een stortplaats.**

De wetten van de thermo-dynamica leren ons dat energie en materialen constanten zijn in systemen: het model van onze huidige, lineaire, economie is eindig en kan circulair van karakter worden. De 'economie van de natuur' kenmerkt zich door circulaire relaties, liet Kenneth Boulding zien in zijn essay 'The Economics of the Coming Spaceship Earth' (1966). Zo zijn er meer publicaties geweest die deze richting op wezen. Jane Jacobs schreef in haar 'Economy of Cities' (1969) en later

'The Nature of Economies' (2000) al, dat we een economie nodig hebben die werkt als de natuur. Ken Webster en Graig Johnson hebben in hun publicatie 'Leren van de Natuur' (Sense and Sustainability, 2009) een lans gebroken voor een 'carbon low economy' en dat was de opmaat voor het werk van de Ellen MacArthur Foundation in de aandacht voor de circulaire economie. Een economie die gezien wordt als een 'living concept'.

Daar zitten we dan maar mooi mee. De natuur is complex, is sterk gebonden aan de groeiomstandigheden op een lokatie, is nergens hetzelfde en organismen hebben sterke afhankelijkheden. En wij? Wij houden niet van afhankelijkheid, houden van eenvoud, willen vaak behouden wat er al is en denken (althans: dachten) dat we steden volgens een vooropgezet plan kunnen ontwikkelen.

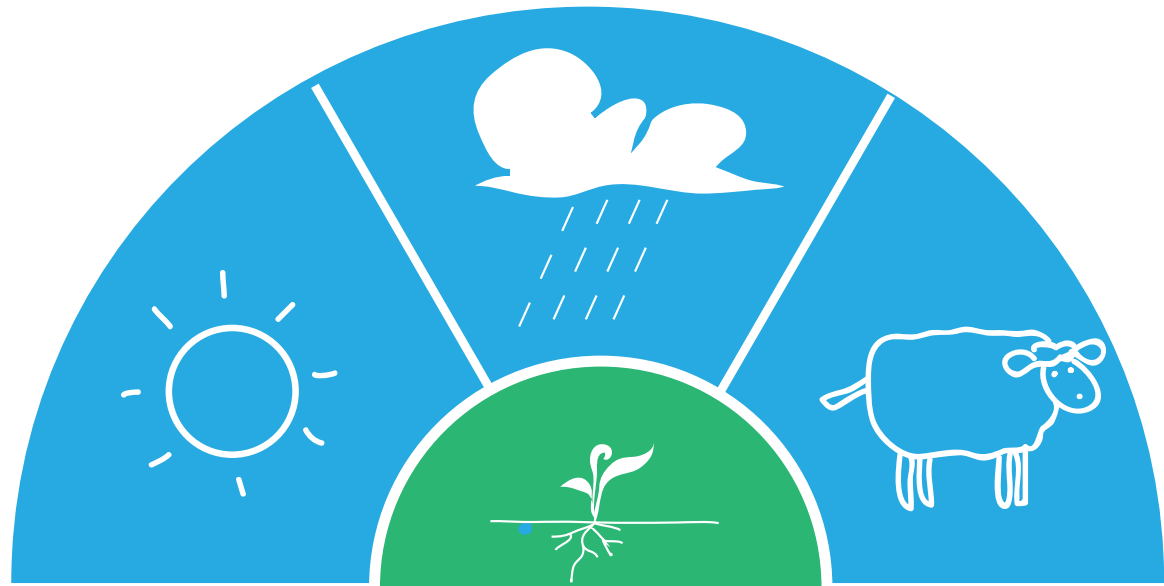
Nu heeft Nederland een sterke traditie in

<sup>1</sup> Pearce, D. and R. Turner, Economics of Natural Resources and the Environment, Harvester Wheat-sheaf (1990)

# 1. CIRCULAIRE ECONOMIE EN ECOMIMICRY

het natuurbeheer en daar kunnen we op hoofdlijn al iets van leren. Doordat er in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw veel systeemdenkers in de wereld van het natuurbeheer waren, zijn er heftige discussies gevoerd over principes als: 'alles is overal, het zijn de condities die bepalen wat er daadwerkelijk groeit'. Uiteindelijk is dit geen axioma gebleken maar een waarneming die in principe klopt: als een stuk grond aan zijn lot wordt over gelaten zal er een vegetatie ontstaan die er past, veelal op basis van zaden die voorradig zijn. Dit heeft geleid tot een lijn van denken die van grote invloed is geweest op de ontwikkeling van het natuurbeheer: van *natuurbehoud*, naar *natuurbeheer* en uiteindelijk *natuurontwikkeling*. Dus van behoud door het fysieke of morele 'hek er omheen', naar natuurontwikkeling waarbij we de omstandigheden creëren die nieuwe natuur een kans geeft (denk aan de Oostvaardersplassen), het sturen op condities.

Deze 'natuur-metafoor' is ook van toepassing op de economie: van behoud naar beheer naar ontwikkeling van iets

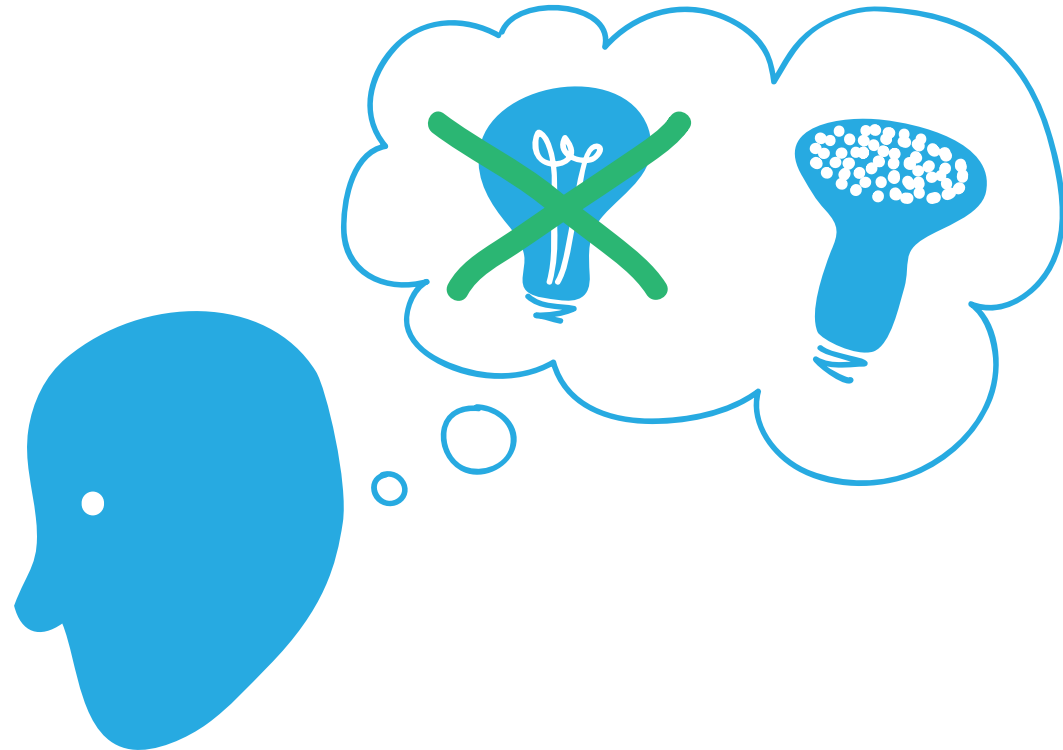


## **Ontwerpprincipe 1**

*Het zijn de 'condities', de omstandigheden, die bepalen of iets tot ontwikkeling komt. Natuurlijk is er dan ook een ontwikkeling in soorten die zich al dan niet vestigen en elkaars plek 'betwisten'. Alles is overal, is ook toe te passen op producten en services. Maar het zijn de economische, sociale en culturele omstandigheden die bepalen of 'iets' tot werkelijke, economische, ontwikkeling komt, hier, daar of overal.*

# 1. CIRCULAIRE ECONOMIE EN ECOMIMICRY

nieuws. Dat is wat we met de ontwikkeling van de circulaire economie proberen te doen. De economische crisis bracht een wanhopig streven naar behoud en herstel met zich mee. Het blijkt vaak een zoektocht naar optimalisering van het bestaande. Dat vraagt maatregelen om uitwassen tegen te gaan, zoals de excessieve bonuscultuur. Maar de natuur kent geen herstel van eerdere situaties, de natuur zal zich opnieuw ontwikkelen, mogelijk met elementen uit het eerdere systeem. Natuur is niet destructief, noch efficiënt noch gericht op herstel. Het is veel meer een adaptief proces, de natuur past zich aan bij de nieuwe, veranderde condities en ontwikkelt zich op basis daarvan. Dit proces benoemen we als 'Rethink & Redesign'<sup>2</sup> in de circulaire economie. Er is sprake van een systeemverandering en in ecologische termen van een verandering van de groeicondities en dat vraagt dus nieuw design vanuit een integraal perspectief (adaptief vermogen van bedrijf en producten/dienst).



## ***Ontwerpprincipe 2***

*Innovatief, circulair, design richt zich niet op herstel van het bestaande of optimalisering daarvan. Het vraagt 'rethink & redesign' van product/service en business voor de nieuwe wijze van werken en verdienen. Passend bij de nieuwe ontwikkeling.*

<sup>2</sup> Rethink & Redesign: kernbegrippen uit het werk van de Ellen MacArthur Foundation

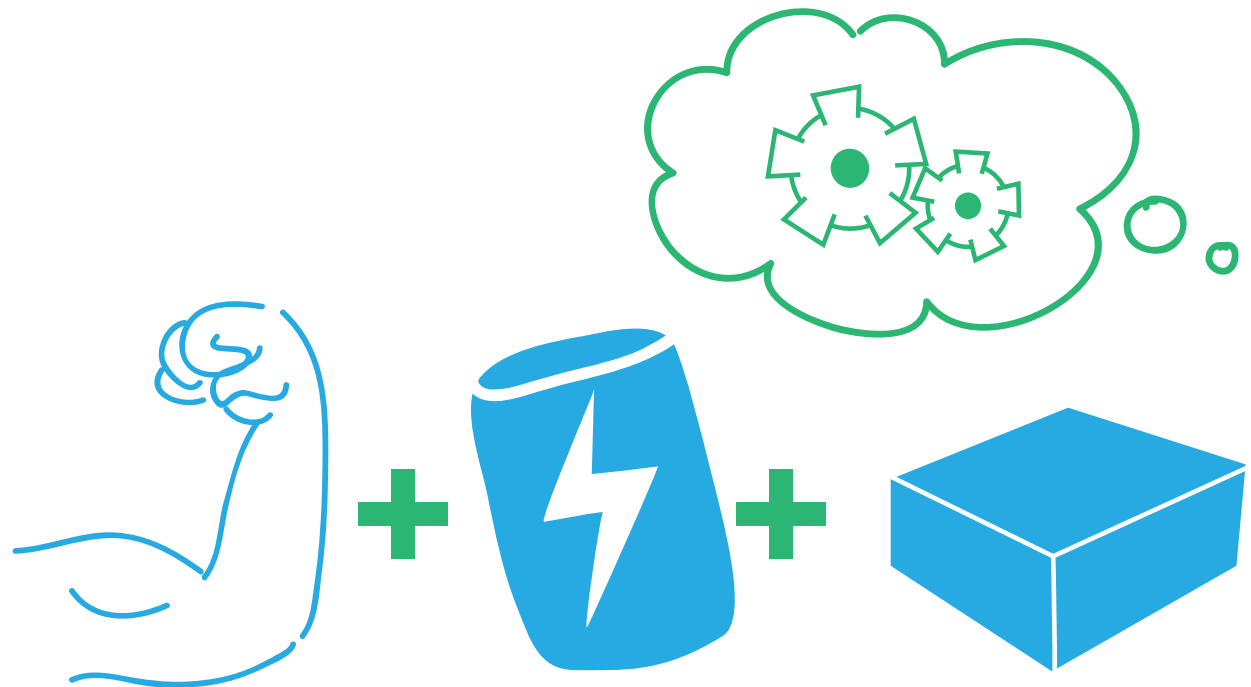


# 1. CIRCULAIRE ECONOMIE EN ECOMIMICRY

Circulaire economie wordt veelal gekarakteriseerd als een 'living system concept' en krijgt dan ook een inhoud die veel overeenkomsten heeft met die levende systemen: sluiten van kringlopen, afval is voedsel, de organisatie als ecosysteem, natuurlijk leiderschap, het metabolisme van de stad/regio etc.

Daarmee plaatsen we circulaire economie in een 'systeemkader': daar waar interacties plaats vinden en sprake is van afhankelijkheden, feedback en ontwikkeling in de tijd. Het gaat dus over een systeembenadering. Dat begrijpen doet een groot beroep op ons inzicht in het functioneren van natuurlijke systemen en de creatieve en intellectuele kracht om die kennis en inzichten te vertalen naar het economisch systeem.

Veel aandacht is er in dit whitepaper voor systeemdenken. Dat vraagt om een iets nadere uitleg, zonder daarmee compleet te willen of kunnen zijn.



## **Ontwerpprincipe 3**

*In de natuur/fysica zijn drie basiselementen voor producten te herkennen: de 'bouwstenen' voor groei/productie: mineralen/materialen (inclusief water), energie en arbeid. De mens voegt daar nog een element aan toe: **lerend vermogen**. Dat bepaalt de kwaliteit van ontwerpen!*

# 2 SYSTEEMDENKEN

**Systemdenken kent vele bronnen zoals quantumfysica, evolutionaire biologie, ecologie en psychologie. Grofweg zijn er twee stromingen, de mechanische en de dynamische benadering.**

Het gaat over 'verbindingen' en de dynamiek die dat met zich meebrengt. De mechanische denkwijze uit zich in ICT-systemen en lineaire denkprocessen ( $A+B=C$ ).

De dynamische denkwijze uit zich in natuurlijke, sociale en economische denkprocessen (A verhoudt zich tot B en effecten als C of D-Z treden op).

Circulaire economie kent een sterke relatie met systemdenken. Drie karakteristieken zijn:

## I. CLOSING THE LOOP

Een kracht van systemen is dat er informatie teruggekoppeld wordt. Daar helpt de beschikbaarheid van data aan mee (o.a. big data). Die terugkoppeling is veelal indirect en vraagt een stevige interpretatie. Door het lineaire systeem te doorbreken ontstaat een directe terugkoppeling bij met name de 'product-service cirkel'. De fabrikant krijgt de producten retour na gebruik en kan dan de grondstoffen herwinnen voor een volgende gebruiksrunde. De incentives zijn ook direct voor de producent: goede

grondstoffen en onderdelen. Indien een slecht product is gemaakt (grondstoffen niet herwinbaar) zijn de kosten voor verwerking te zien als een negatieve incentive. De feedback-loop is gesloten. Tegelijkertijd is er een incentive op innovatie: indien een product beter presteert tegen lagere kosten, zal door de product-service contracten ook die betere opbrengst ten goede komen aan de producent: innovatie loont.

### II. CONDITIES BEPALEN

In de circulaire economie is de focus bij kapitaalgoederen gericht op 'performancebased' handelen. De ontwikkeling zal niet alleen direct afhangen van de producten en de service die geboden worden. Het zijn de omgevingsfactoren die grote impact hebben als het gaat om realisatie en implementatie: cultuur, management, klantrelaties en dergelijke. Een overheid die 'performancebased' inkoopt, zal een grote invloed hebben op de snelheid van ontwikkeling van de circulaire economie. Dat is sturen op condities.

Voor disposables geldt natuurlijk ook dat gekeken kan worden naar de wijze waarop consumenten er mee omgaan en de wijze waarop ze in het systeem bijdragen aan kwaliteit van leven, behoud van materialen en grondstof voor nieuw 'leven' (producten) kunnen zijn.

Ontwikkeling in de natuur is afhankelijk van de groeiomstandigheden: beschikbaarheid voedingsstoffen (nutriënten),

beschikbaarheid water en (zon-)licht etc. De zwakste schakel be-paalt de groeikracht. In systeemdenken is het identificeren van de omgevingscondities een belangrijk thema, ook voor de circulaire economie. Ook hier is de zwakste schakel de sturende factor.

### III. VERBINDINGEN

De kwaliteit van verbindingen bepaalt de kracht van systemen. Systemen zijn niet lineair gericht op resultaatketens. Ketendenken is actueel en wordt vaak gezien als een belangrijk thema als het gaat om efficiencyverbetering. Ketendenken geeft ook een zekere begrenzing. Andere onverwachte of ongekende partners kunnen een productieproces wellicht tot snellere innovatie of verbetering brengen. Als in een keten één schakel breekt, is de keten verbroken. Diversiteit in verbindingen maakt een systeem krachtiger. Verbindingen hebben nog een karakter eigenschap die we veelal niet herkennen: het zijn ook de harde of zachte grenzen in een systeem. Daar kom ik later op terug.

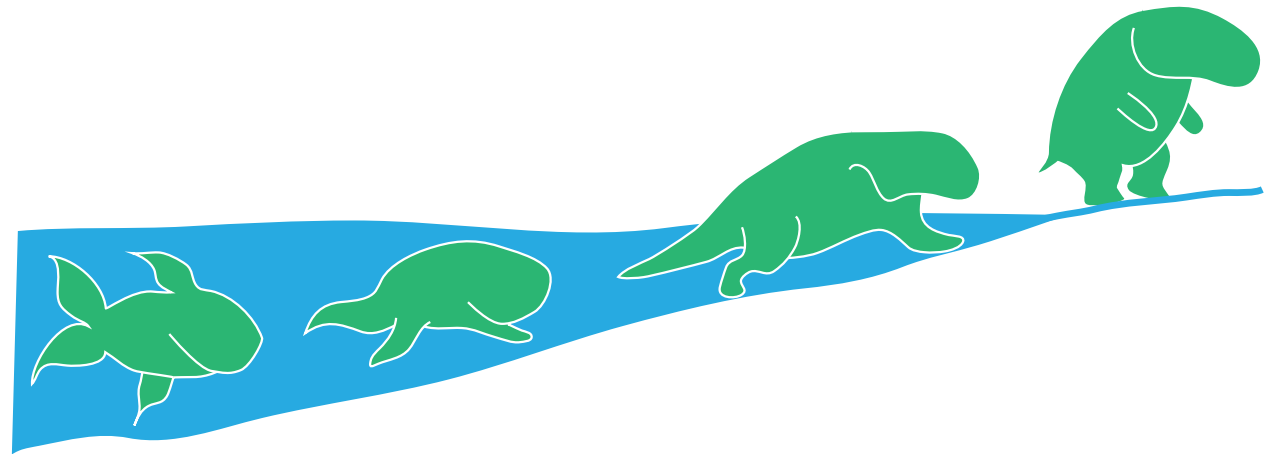
In de circulaire economie gaat het over nieuwe verbindingen en nieuwe afhankelijkheidsrelaties. De verkoper wordt serviceprovider, die zorgt voor een goede performance en beheer en onderhoud, ook van de klantrelaties. De afvalbeheerder is niet alleen meer een logistieke partner, maar wellicht de manager van grondstoffenbeheer in alle fasen van de cirkels.

*Thinking in terms of systems is key to understanding a circular economy, the need to appreciate how things influence one another within a coherent whole.*

*Ellen MacArthur Foundation*

### LERING

Een belangrijke lering uit de natuur is dus: het sturen op condities (zie Ontwerpprincipe 1). Zoals de condities bepalen welke ontwikkelingen in ecosystemen zich voordoen, zo kunnen we ook de condities scheppen die zorgdragen voor een ontwikkeling van de circulaire economie. Als die systeemverandering dan tot stand komt, dan kunnen we er op vertrouwen dat de afhankelijkheidsrelaties, terugkoppelingsmechanismen (feedback-loops) en maatschappelijke context, voldoende sturend zijn. Natuurlijke systemen functioneren zonder regels of sturing (van bovenaf), in principe kan dat ook in een circulaire economie die als systeem hoogwaardig functioneert. Dat vraagt nauwkeurig nadenken over de condities en de wijze waarop daarmee gestuurd wordt. De ecologie als leermeester, vandaar de term 'Ecomimicry'. Voor ontwerpers van producten, services en businessmodellen is dit een wezenlijk onderdeel van het denken: hoe gaat het product of de dienst functioneren?



#### **Ontwerpprincipe 4**

*In de 3,7 miljard jaar van het bestaan van de aarde heeft de natuur door **evolutie** bijzondere innovaties gekend zowel op het niveau van organismen (veelal benoemd als de biologie) en de interacties tussen levend en niet-levende natuur (de ecologie). Leren van de biologie (biomimicry) is belangrijk voor producten. Leren van de ecologie (ecomimicry) is van belang voor het begrijpen van de economische omstandigheden.*

Zo is de inkoopkracht van de overheid en bedrijven te beschouwen als een belangrijke vorm van conditiesturing. Als die kracht optimaal wordt ingezet, dan zal in de lokale en nationale economie de ontwikkeling naar circulaire economie een flinke impuls krijgen. Economie gaat over business en circulaire economie brengt nieuwe business modellen met als effect uiteindelijk een krachtige stap richting duurzame ontwikkeling.

Ook op fundamenteeler niveau kan conditiesturing een rol spelen: als er een verschuiving van belasting op arbeid naar belasting op grondstoffen komt, zal dat een grote impact hebben.

In productontwikkeling gebruiken we ook kennis uit de natuur: biomimicry, zoals geïntroduceerd door Janine Benyus<sup>3</sup>, gaat uit van de ontwikkeltijd (evolutie) van 3,7 miljard jaar in de natuur. Ook daarbij komt het systeemdenken steeds meer tevoorschijn: organismen hebben

<sup>3</sup> Biomimicry : Innovation Inspired by Nature by Janine M. Benyus, 1997, (ISBN 0-06-053322-6)

*Door de circulaire economie ontstaat een, nieuwe, maatschappelijke context voor basiskennis uit de natuur.*

een leefomgeving nodig die past bij de 'eisen' die het organisme stelt aan een leefomgeving, de habitat. Dit leidt tot 'muurverf als een lotusblad' (zelfreinigend vermogen) of klittenband (hechting). Een geweldige benadering die al heeft geleid tot hele bijzondere oplossingen voor vraagstukken. Zie [www.asknature.org](http://www.asknature.org) voor vele voorbeelden en de nodige inspiratie.

Ecomimicry leent nu en dan het gedachtengoed van de biomimicry, beschrijft kenmerkende processen en afhankelijkheden in de natuur, haakt aan op

*Overigens zei Schumpeter ook: 'Het waren niet de postkoets-eigenaren die de spoorwegen tot ontwikkeling brachten.'*

'Nature inspired design' (TU-Delft, 2014), ziet de waarde van bijvoorbeeld Cradle to Cradle en gaat soms een stap verder. Het is een ontwerpbenadering die uitgaat van relaties, afhankelijkheden, processen en 'vertaalbare' kenmerken voor onze menselijke systemen.

De transitie van een lineaire naar een circulaire economie gaat een groot verschil brengen. Schumpeter<sup>4</sup> heeft ons

<sup>4</sup> Joseph Alois Schumpeter (8 februari 1883 – 8 januari 1950) was een Oostenrijks econoom die vooral bekendstaat om zijn idee van innovatie als creatieve destructie. (Wikipedia)

geleerd dat zo'n proces ook een mate van 'creatieve destructie' in zich heeft. Het is een innovatie die een heel systeem betreft en waarin nieuwe rollen, posities maar ook technieken ontstaan. Producenten zijn ineens verantwoordelijk voor de kwaliteit van producten, de prestatie die geleverd wordt zoals het weer herbenutten van de grondstoffen.

In systeemtermen betekent het dat de 'feedbackloops' gesloten raken. De producent zoekt innovatie in prestatie omdat ze dan betere service aan de klant levert. De producent zoekt ook innovatie omdat zij de gebruikte grondstoffen minimaal op hetzelfde niveau wil kunnen inzetten in toekomstige productieprocessen. Grondstoffen blijven in roulatie en zijn slechts tijdelijk in gebruik in een product.

De verandering brengt verantwoordelijkheden voor producten daar waar zij hoort: bij de producent. Dat is een belangrijke sleutel tot verschuiving in termen van duurzame ontwikkeling, in de relatie tussen mens, ecologie en economie.



### **Ontwerpprincipe 5**

*In ecologische systemen is feedback direct afleesbaar: een boer of kind die een orchidee plukt (strafbaar feit) in een kwetsbaar, voedselarm, weiland heeft nauwelijks invloed. De boer die de groeiomstandigheden beïnvloedt, door bemesting, (niet-strafbaar feit) kan de groeiomstandigheden zo veranderen dat de orchideeën geheel verdwijnen. De impact is afleesbaar: het gevolg van het handelen is het al dan niet verdwijnen van de orchideeën. De interpretatie van oorzaak en gevolg is lastiger. Zorg bij design voor heldere **feedback-loops**: afleesbaar, interpreteerbaar en als input voor optimalisatie of herontwerp.*

# 3 ECOMIMICRY - WAT IS HET?

**“Herein lies the charm and the terror of ecology - that is the ideas of this science are irreversible becoming a part of our own ecosocial system.”**

**-Gregory Bateson<sup>5</sup>**

In de ecologie<sup>6</sup> ligt de aandacht op de wisselwerkingen en functionele relaties tussen organismen en hun omgeving. Omgeving kan beperkt worden opgevat, als de twee straatstenen waartussen toch nog een grasspriet groeit, of als het gehele milieu waar het organisme onderdeel van uitmaakt (straat, stad of meer). Nu wordt milieu veelal geassocieerd met de negatieve impact van menselijk handelen op haar omgeving, hier spreken we dus zoveel mogelijk over ‘omgeving’. Intussen hebben

we daar overigens in ons taalgebruik vele termen voor, van habitat tot biotoop tot ecosysteem of leefomgeving. Steeds vaker worden termen als ecosysteem toegepast op organisaties, thema’s of leefgebieden:

- het ecosysteem van ons afval;
- ons bedrijf als ecosysteem;
- het “ecosysteem overheid” of
- de stad als ecosysteem.

Nu is daar natuurlijk weinig bezwaar tegen te maken, het geeft aan dat betrokkenen

<sup>5</sup> 1972, in Gregory Bateson's Steps to an Ecology of Mind

<sup>6</sup> Een belangrijk deel van deze analyse is gebaseerd op het werk van prof. Chris van Leeuwen (1920-2005). Recent is er een overzicht van zijn (relatie-)theorie gepubliceerd: The theory of Chris van Leeu-wen, Teake de Jong et al (2015) ISBN 978-90-818111-4-9

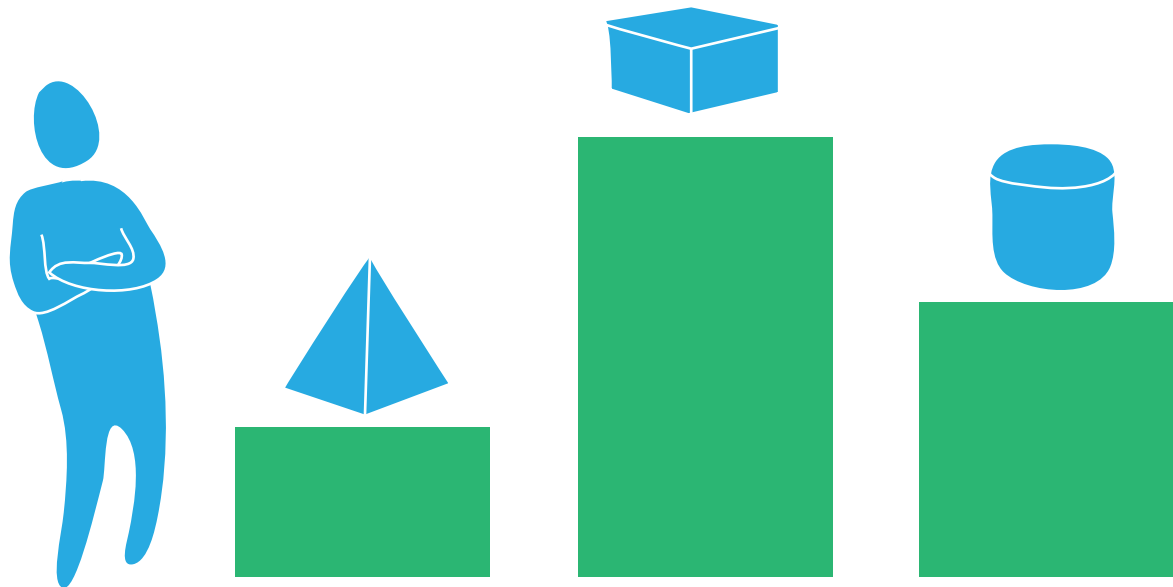
## 3 ECOMIMICRY, WAT IS HET?

zien dat er sprake is van een complex systeem met interne samenhang en afhankelijkheden. Als je er al bezwaar tegen wilt hebben, dan komt dat waarschijnlijk doordat de ecologie als kennisbasis niet wordt gebruikt bij de ontwikkeling van genoemde 'ecosystemen'.

Boeiend is te bedenken dat systeemdenkers als van Leeuwen of de architect Aldo van Eijk, niet een kerngebied als belangrijk zagen, maar juist de grenzen, de verbindingzones met de omliggende wereld als meest waardevol zagen. Hoe is dat ecologisch gezien, te verklaren?

Wat leren we daarvan voor design? Dat zijn het type vragen waar ecomimicry zich op richt.

Deze kernbegrippen zullen behandeld worden en daaruit volgen design principes die zeker ook voor 'design voor circulaire business' van toepassing zijn.



### **Ontwerpprincipe 6**

*Het product of de product-service krijgt betekenis in de relatie met de buitenwereld. De werkelijke betekenis is de 'performance': hoe presteert het voor de gebruiker en alle andere betrokken stakeholders.*



# INTERMEZZO



## DE BOOM ALS PRODUCT

**Als we een boom als product beschouwen, welke bijzondere kenmerken herkennen we dan?**

Primair zien we een boom als leverancier van grondstoffen als hout en blad maar tegelijkertijd ook als waardevol voor de omgeving doordat de boom zuurstof levert, CO<sub>2</sub> afvangt, fijnstof vastlegt, bijdraagt aan een behaaglijk leefklimaat, schaduw als we er onder gaan liggen of zitten, beschutting, draagt bij aan de kwaliteit van het landschap en dat is nog lang niet alles.

De boom levert dus waarde en wordt als zodanig ook gewaardeerd in ecologische-, economische en sociaal/culturele zin.

Maar wat is er specifiek aan het 'design' van dit product? Denk aan:

- de boom leeft en groeit;
- de boom is zelfhelend;
- de boom produceert zaad voor voortplanting;
- de boom voedt vele organismen;
- de boom draagt bij aan 'overdaad' (van bladeren/bloei/vruchten);
- de boom zuivert de lucht, 'dempt' het klimaat, legt de bodem vast en
- de boom is consument en producent in één.

***Nu is de vraag: is het u als designer al gelukt om een product of product/dienst te ontwikkelen met die zelfde kwaliteiten?***

# 4 OPBOUW EN AFBRAAK

**De productie van een spijker vraagt vele stappen: ijzererts wordt gewonnen, in de hoogovens wordt er werkelijk ijzer cq staal van gemaakt, dan is er een producent die met dat basismateriaal spijkers in vele vormen maakt.**

Uiteindelijk koopt u spijkers, maar vrijwel altijd meer dan u werkelijk nodig heeft. De restanten komen in een spijkerdoosje terecht. Mijn spijkerdoosjes bevatten nog spijkers die mijn opa ooit kocht en misschien nog wel oudere. Die doosjes staan in een kast in de schuur en nu en dan zoek ik een passende spijker en ga dan met mijn hand door de spijkers om de juiste te vinden. Dat is de basis van behoud: energie (de warme, droge, schuur) en arbeid (mijn hand). Als ik zo'n spijker in de tuin gooi en laat liggen, blijkt hij na een jaar of twee, drie verdwenen te zijn: verroest en vergaan. Als ik dan zou proberen om uit mijn tuin een nieuwe spijker te maken, dan heb ik een probleem: dat lukt niet.

Afbraak is dus vrij definitief en gaat betrekkelijk snel in dit geval. Behoud vraagt naast tijd vooral energie (en arbeid). Opbouw vraagt veel energie en arbeid en om diversiteit en kwaliteit te ontwikkelen ook tijd.

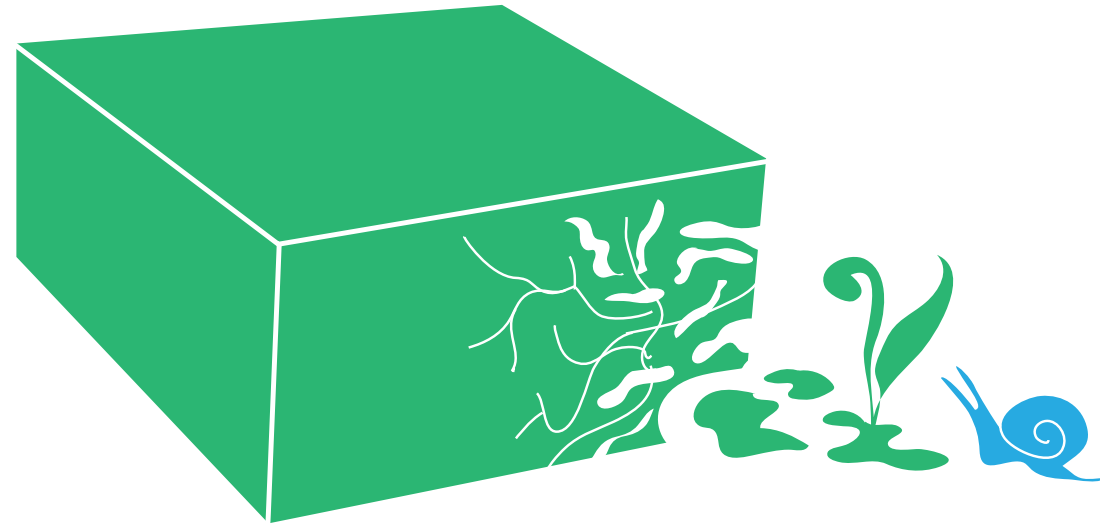
## 4.1 OVER GROEI EN VERGANKELIJKHEID

In de natuur is het adagium vaak: eten of gegeten worden. Dat geldt natuurlijk voor de verhouding tussen prooidieren en predatoren, maar een belangrijk deel van de natuur vraagt een andere duiding. Groei en ontwikkeling vindt plaats door de

beschikbaarheid van mineralen, water en energie. Groene planten zijn in staat om met behulp van fotosynthese zonlicht om te zetten in groei. De biomassa die daarmee ontstaat is weer de basis voor groei van hele ecosystemen. Tegelijkertijd is groei eindig en is er sprake van afbraak: het proces dat we kennen als biologische afbreekbaarheid ('bio-degradation'). Composteerbaarheid is dan de sleutel. De gecomposteerde, organische, stof is voedsel voor organismen, zowel plant als dier. Dit wordt in de biologie veelal beschreven als kringlopen: afhankelijkheidsrelaties tussen organismen en hun omgeving die leidt tot groei.

# 4 OPBOUW EN AFBRAAK

Braungart en McDonough hebben dit als één van de uitgangspunten voor hun Cradle to Cradle<sup>7</sup> benadering genomen: zorg dat biologische materialen zuiver blijven en dus bio-degradable. Tegelijkertijd betekent het een opgave voor de technologische materialen (non-biodegradable) om die zo te gebruiken dat ook daarmee kringlopen gecreëerd kunnen worden: afval wordt grondstof. Daarbij is het van belang om ook afbraaktijd in ogenschouw te nemen en de zuiverheid van gebruikte grondstoffen/materialen aandacht te geven. De zuiverheid bepaalt voor een belangrijk deel de waarde van grondstoffen.



## 4.2 THERMODYNAMICA

Het gaat hier met name over entropie. Het is de achilleshiel van de circulaire economie. Entropie is het onderwerp van de Tweede Hoofdwet van de thermodynamica. Eigenlijk gaat het om het verval van energie en de samenstellende delen van een systeem. Een

<sup>7</sup> Cradle to Cradle-Remaking the Way We Make Things, M. Braungart en W. McDonough (2002)

### *Ontwerpprincipe 7*

*Zorg dat een product 'bio-degradable' of 'techno-degradable' is. Daarbij is afbraak tot de oorspronkelijke grondstof de sluitpost: onderdelen die opnieuw benut kunnen worden hebben veelal een hogere waarde.*

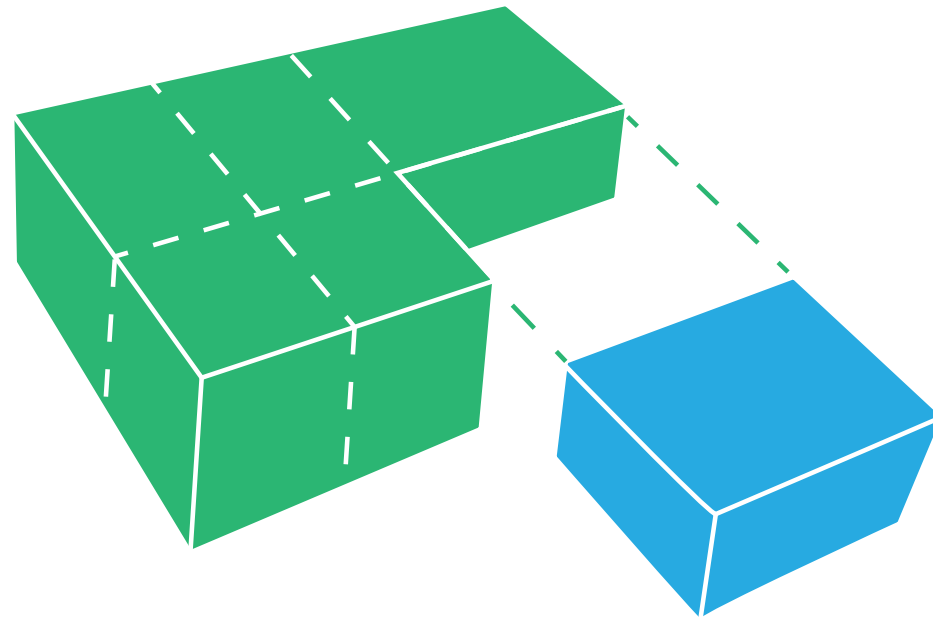
## 4 OPBOUW EN AFBRAAK

toename van entropie leidt tot verlies van bruikbare energie: ijzer verandert in roest, een huis in een ruïne, orde in wanorde. Dat is overigens een schijnbare wanorde want eigenlijk ontstaat een nieuw evenwicht op molecuul- en atoomniveau. Entropie ontstaat als de 'embedded' energie vrij komt (warmte). Voor circulaire economie is het goed te begrijpen dat die 'embedded' energie vrijkomt bij verval van materialen. Aangezien in de circulaire economie vooral aandacht wordt besteed aan behoud van materialen, is een contrabeweging noodzakelijk: toevoegen van energie en arbeid (exergie).

De beweging in tegenovergestelde richting is dus ordenend van karakter. Overigens is 'leven' daarmee een bijzondere vorm van ordening. De biosfeer functioneert dankzij processen als fotosynthese en wordt ten principale gevoed door de energie van de

*"Entropy is the shadow of our life".*

*-Willem Hoogendijk*



### ***Ontwerpprincipe 8***

*Design for disassembly is een belangrijk principe van Cradle to Cradle, net als Design for Re-use. Economisch ook interessant omdat waarde behouden en benut wordt. **Ontwerp voor gebruik tot de macht x!***

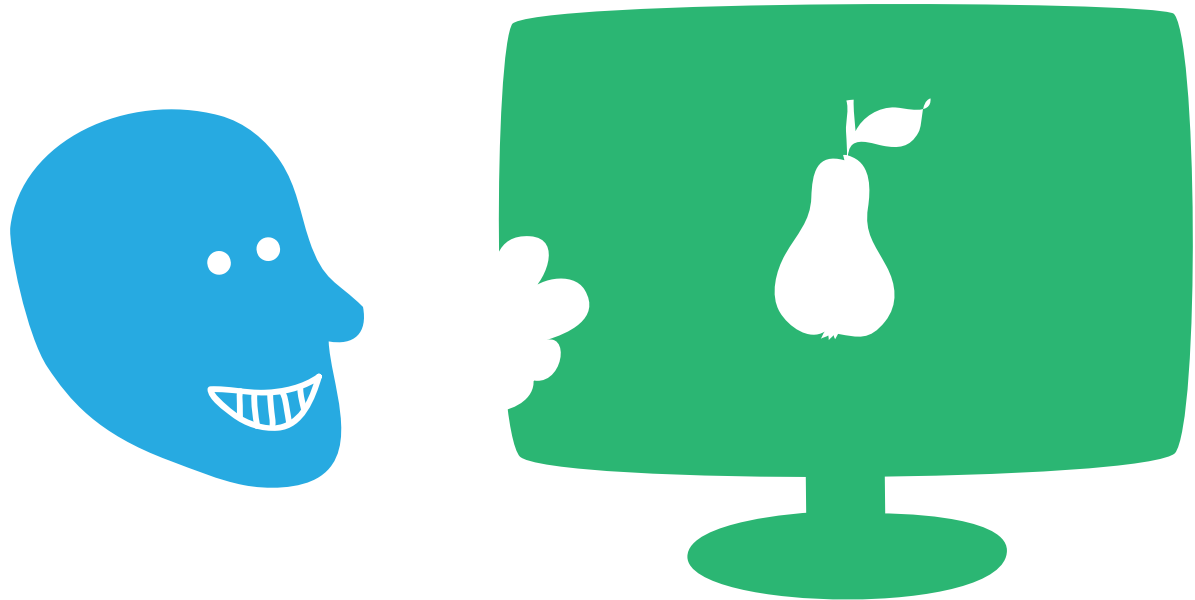
## 4 OPBOUW EN AFBRAAK

zon. Evolutie is dus ontstaan dankzij een significante daling van de entropie en dus ordening van materie. Leven is daarmee te bezien als een vorm van verzet tegen afbraak (entropie).

Daarmee wordt duidelijk dat 'opbouw' kan worden gezien als een zeer delicaat proces dat continu aandacht vraagt door energie en arbeid toe te voegen. Daarentegen kan 'afbraak' worden gezien als een dominant proces: alles vergaat tot stof (ook zonder dat we iets doen) en afbreken kan de mens nog sneller dan de natuur: sloop, afvalverbranding (entropie door de -embedded- energie uit materialen te trekken) en zelfs door machts- en geweldsingrepen.

Opbouw is als tegenbeweging niet alleen delicaat omdat de juiste stoffen bijeen moeten komen, maar ook omdat er veel tijd mee gemoeid is. De kwaliteit van een stad groeit dankzij de tijd, mits we er energie en arbeid (=aandacht) aan besteden.

De balans is van belang: teveel energie zal het systeem verstoren, een gebrek aan



### *Ontwerpprincipe 9*

*Gebruik **gezonde materialen** en maak 'oplosbare' verbindingen (zodat afbraak mogelijk blijft) met het oog op productie, gebruik en toekomstig hergebruik van product, de onderdelen of grondstoffen.*

# INTERMEZZO

## THE HANNOVER PRINCIPLES

**Insist on rights of humanity and nature to co-exist in a healthy, supportive, diverse and sustainable condition.**

**Recognize interdependence.**

The elements of human design interact with and depend upon the natural world, with broad and diverse implications at every scale. Expand design considerations to recognizing even distant effects.

**Respect relationships between spirit and matter.**

Consider all aspects of human settlement including community, dwelling, industry and trade in terms of existing and evolving connections between spiritual and material consciousness.

**Accept responsibility**

for the consequences of design decisions upon human well-being, the viability of natural systems and their right to co-exist.

**Create safe objects of long-term value.**

Do not burden future generations with requirements for maintenance or vigilant administration of potential danger due to the careless creation of products, processes or standards.

**Eliminate the concept of waste.**

Evaluate and optimize the full life-cycle of products and processes, to approach the state of natural systems, in which there is no waste.

**Rely on natural energy flows.**

Human designs should, like the living world, derive their creative forces from perpetual solar income. Incorporate this energy efficiently and safely for responsible use.

**Understand the limitations of design.**

No human creation lasts forever and design does not solve all problems. Those who create and plan should practice humility in the face of nature. Treat nature as a model and mentor, not as an inconvenience to be evaded or controlled.

**Seek constant improvement by the sharing of knowledge.**

Encourage direct and open communication between colleagues, patrons, manufacturers and users to link long term sustainable considerations with ethical responsibility, and re-establish the integral relationship between natural processes and human activity.

The Hannover Principles should be seen as a living document committed to the transformation and growth in the understanding of our interdependence with nature, so that they may adapt as our knowledge of the world evolves.

**copyright © 1992 William McDonough Architects**

## 4 OPBOUW EN AFBRAAK

energie zal het systeem tot verval doen komen.

In de ecologie spreekt men over successie: ontwikkeling van systemen in de tijd. Van zand-verstuiving naar mossige begroeiingen naar uiteindelijk bosvorming, om het beeldend te maken. Deze 'opbouw-successie' heeft veel tijd nodig. Wanneer de natuurbeheerder om één of andere reden de zandverstuiving als fenomeen wil behouden, dan is een vorm van 'afbraak-successie' nodig: door verstoring van de opkomende begroeiing, door mensen te laten spelen op de zandverstuiving (de schoolreisjes naar de 'Kale duinen' bij Appelscha of naar het Kootwijkerzand) wordt voldoende onrust aan het systeem toegevoegd om de successie tegen te gaan of zelfs weer af te breken. Deze verstoring of onrust wordt benoemd als toegevoegde dynamiek. De natuur brengt dynamiek door invloed van abiotische factoren als regen en wind. In het proces van opbouw-successie wordt de dynamiek min of meer gedempt, door soorten die de omstandigheden aan kunnen en daarmee de wegbereiders



### **Ontwerpprincipe 10**

*Opbouw is een delicaat proces, afbraak kan snel. Opbouw vraagt tijd, energie en arbeid. Bij afbraak onttrekken we de 'embedded' energie, een proces dat we benutten voor winning van elektriciteit in vuilverbrandingsinstallaties. Een afbraak die veel inzet zal kosten om er weer bruikbare materialen van te maken: de as is voor ons nauwelijks her te gebruiken. Voorkomen is beter dan verbranden.*

# 4 OPBOUW EN AFBRAAK

zijn voor soorten die de nieuw ontstane dynamiek aankunnen. Er ontstaat steeds meer diversiteit als de natuurlijke dynamiek als het ware ingekapseld wordt en er dus steeds meer rust ontstaat in het systeem.

Natuurlijke dynamiek is een gegeven en kan slechts in enkele gevallen worden beheerst, zoals gedaan is door de getijden in de Zeeuwse wateren te beperken. Dat is een vorm van menselijke dynamiek. De natuur reageert en gaat weer beginnen aan een vorm van opbouw-successie, als ze daar de tijd voor krijgt. Ook de landbouw is zo te begrijpen: de mens voegt continu dynamiek toe aan de akkers of weilanden door ploegen, maaien en andere ingrepen. Daarmee wordt soortenrijkdom teruggedrongen en een 'handig' verschijnsel is dat in dergelijke dynamische systemen een enkele soort tot een hoge biomassa-productie kan komen. De essentie van ieder landbouwsysteem.

Daarmee zijn meerdere begrippen geïntroduceerd die ecologische impact hebben, positief of negatief:

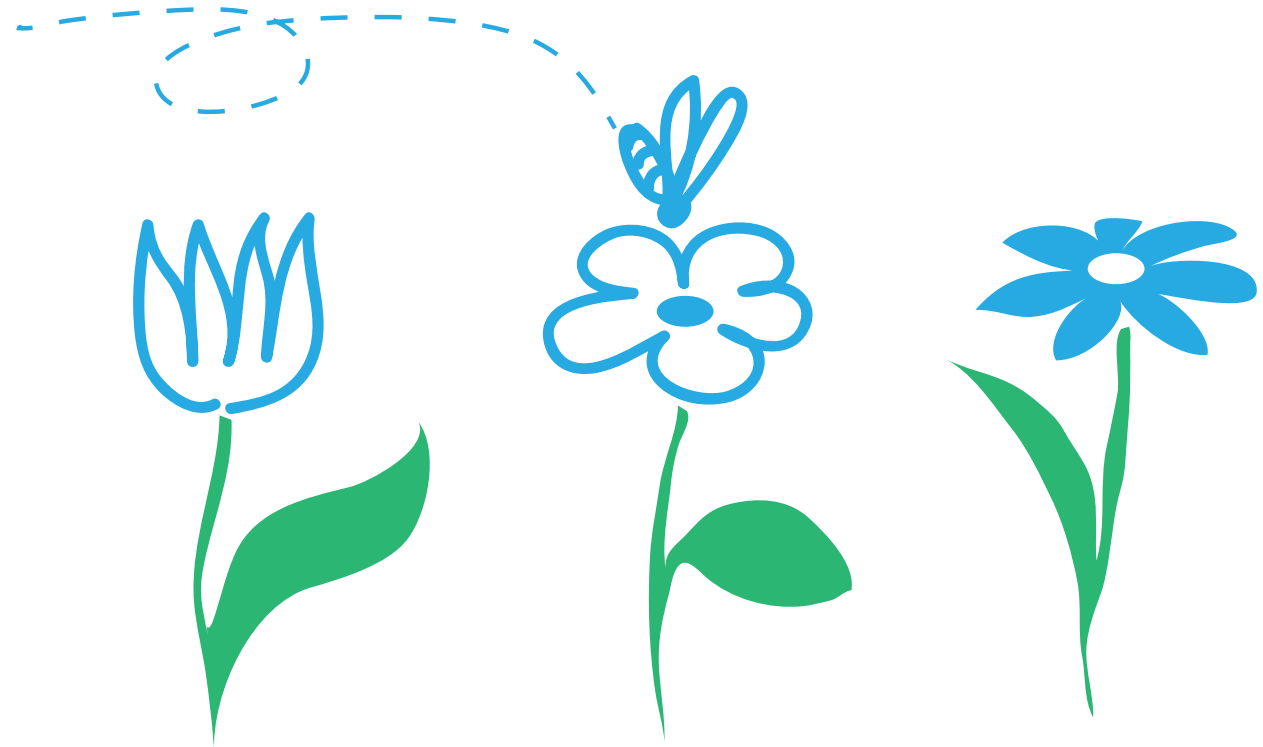
- rust en onrust in de tijd
- natuurlijke dynamiek en menselijke (antropogene) dynamiek
- soortenrijkdom (diversiteit) en biomassa-productie

De vraag is dan op welke wijze deze begrippen zich tot elkaar verhouden. We gaan hier niet te diep in op de details van deze relaties, maar algemeen kan geconstateerd worden dat:

rust (= 0% onrust)	→	natuurlijke dynamiek met een eigen ritme	→	opbouw van soortenrijkdom
onrust (0-100%)		natuurlijke of menselijke dynamiek in principe met een verstorend karakter		afbouw van soortenrijkdom (en leidt tot productie van biomassa)
natuurlijke dynamiek	→	systemeigen	→	basis voor successie (leidend tot optimaal 'passend' ecosysteem)
antropogene dynamiek	→	eigen voor menselijke systemen	→	basis voor ontwikkeling maar met hoog risico op verstoring, zeker in natuurlijke ecosystemen
soortenrijkdom	→	gevolg van opbouw-successie	→	stabiliteit en veerkracht groeien met de diversiteit op lokatie
biomassa-productie	→	soortenarm	→	hoge dynamiek, veelal antropogeen



Diversiteit is een thema dat in bovenstaande een belangrijke rol speelt. Dat is te vertalen naar soortendiversiteit of naar ruimtelijke variatie. Nu is de vraag natuurlijk waarom (bio-)diversiteit belangrijk is. Fundamenteel gesproken gaat het om de veerkracht van systemen. Hoe groter de diversiteit, ruimtelijke variatie en/of biodiversiteit en/of culturele diversiteit, hoe hoger de stabiliteit en hoe beter het systeem in staat is te reageren op veranderingen. Vaak zijn dat externe invloeden (van ramp tot toevallige ingreep) opgevangen worden én er potentie is om het systeem aan te passen aan de nieuwe omstandigheden.



*De bankencrisis heeft geleid tot een sterke drang tot herstel. De natuur kent wel aanpassing aan de nieuwe situatie maar streeft nooit naar herstel.*

### **Ontwerpprincipe 11**

*Diversiteit draagt bij aan de **veerkracht** van systemen. One-size-fits-all oplossingen maken (product-/service)systemen kwetsbaar. Ook in economische zin: als de specifieke klantgroep een ander uitgangspunt kiest, gaat de markt in één keer verloren.*

## 4.3 OPBOUW OF AFBRAAK, IS DAT DE VRAAG?

Zoals geconstateerd: opbouw is een delicaat proces, afbraak is vaak een 'bot' proces. Dat geldt ook voor de circulaire economie. Het opbouwen van goede, langdurige, klantrelaties vraagt tijd en energie in de juiste dosering. Producten zijn een tijdelijke opslag van grondstoffen op het niveau van onderdelen of werkelijke basale grondstoffen. Als die in het afvalstelsel verdwijnen zal soms een deel terug kunnen komen als secundaire grondstof en een deel wordt gebruikt om op basis van de 'embedded energy' energiewinning te doen (in de kern hetgeen in hedendaagse vuilverbrandingsinstallaties plaats vindt). In de natuur vindt dit proces continu plaats: afsterven leidt tot beschikbaar komen van bouwstoffen voor groei. Dat vraagt zorgvuldig design: hoe komen de gebruikte materialen en grondstoffen weer beschikbaar voor een volgende productiefase?

Door Braungart en McDonough is dit in hun Cradle to Cradle benadering vertaald naar de volgende design principes:

1. Ontwerp voor toekomstig gebruik ('What's next?);
2. Gebruik gezonde materialen;
3. Werk met hernieuwbare energie;
4. Zie water als waardevolle grondstof en
5. Hanteer sociaal sterke principes (inclusive).

Meer informatie op [McDonough.com](http://McDonough.com)

## 4.4 OPBOUW/AFBRAAK IN DESIGN

De circulaire economie leidt tot waardebehoud van materialen en grondstoffen, hoe beter dat door bedrijven wordt gedaan, hoe beter de incentives in bedrijfseconomisch opzicht. Zichtbaar is dat design hierin een belangrijke rol kan spelen.

*Opbouw beschouwen we als een delicaat proces, afbraak wordt dat ook in een circulair business model!*

### **Ontwerpprincipe 12**

*Design houdt rekening met:*

- *behoud van 'embedded' energie (entropie en exergie, thermodynamica)*
- *zorgvuldig design voor opbouw en afbraak (zicht op end-of-use)*
- *gebruik van recyclebaar materiaal (scheiden van materialen)*
- *kwaliteit van materialen (denk aan Cradle to Cradle) en*
- *energie en arbeid (schoon, veilig, sociaal)*

# 5 SYMBIOSE

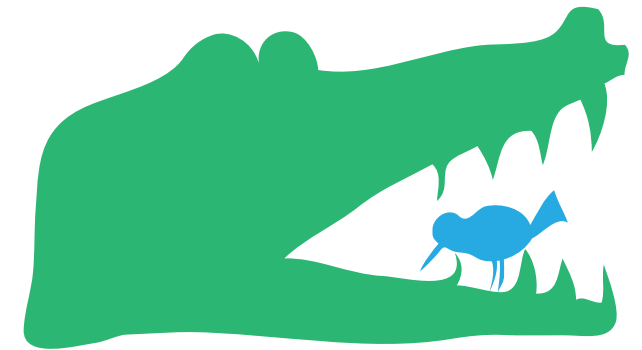
Leven en kringlopen in de natuur zijn essentiële delen van de ecologie en kunnen als zodanig bouwstenen zijn voor ontwerp van menselijke systemen die eenzelfde kwaliteit beogen te genereren.

Daar waar in de literatuur over de circulaire economie veelal een viertal kringlopen (Maintenance, Reuse, Remanufacture/ Refurbish en Recycle) wordt onderscheiden van verschillende 'lengte' en waardecreatie, kent de natuur een wirwar van vele in elkaar grijpende kringlopen: complex, divers en vrijwel onnavolgbaar.

In de natuur is concurrentie geen drijfveer voor soorten en individuen. Eerder is er sprake van wijzigende condities die maken

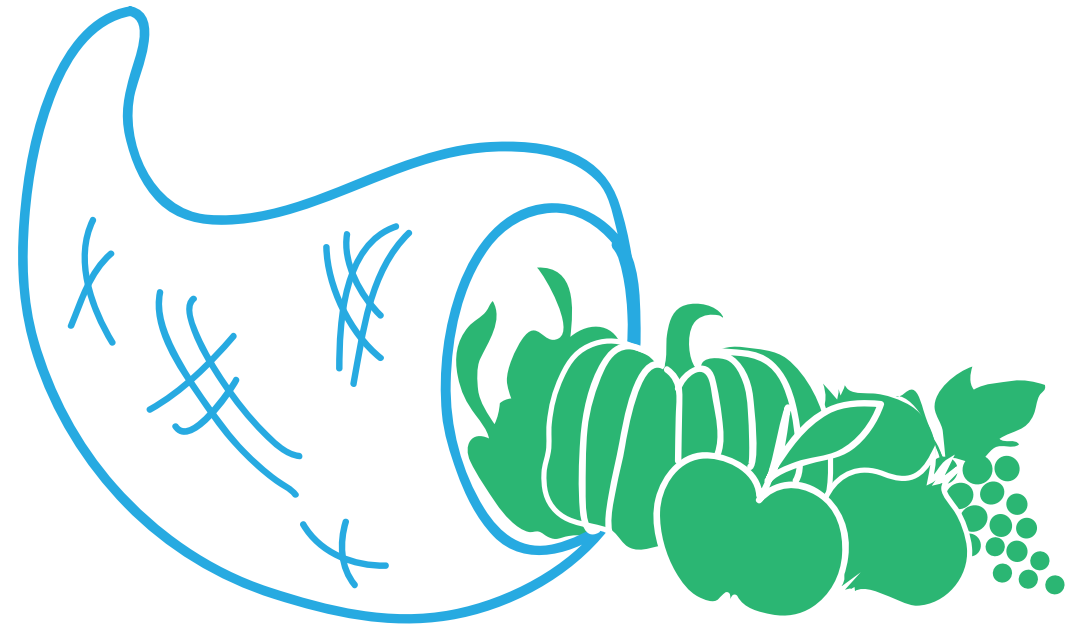
dat de ene soort de andere kan verdringen. Voor de circulaire economie lijkt het begrip symbiose (symbiotische relaties) van groter belang. Waar de lineaire economie zich kenmerkt door concurrentie (jij of ik) zal de circulaire economie sterkere onderlinge afhankelijkheden (jij en ik) kennen die zich kenmerken door coöperatie of in biologische termen symbiotische relaties.

Alle energie die in een ecosysteem door (primaire) producenten wordt vastgelegd



## Ontwerpprincipe 13

*Symbiose stelt de vraag welke waarde producten voor elkaar of voor de gebruiker hebben. In de natuur staat dit voor afhankelijkheid met waarde. Hoe kan waarde ont-staan door uit te gaan van coöperatie? De vloer die fijnstof vangt of bijdraagt aan de lichtkwaliteit of .....*



in biomassa (in organische stoffen), is de basis voor producten. Dit is een belangrijke notie voor de circulaire economie, zeker waar het de biologische kringloop/-lopen betreft. Zorg voor de primaire producenten (groene planten, algen) draagt bij aan een energiek systeem. Daarbij is de cascadering van toepassing voor biomassa een actueel thema dat tot de fundamentele kennisbasis kan horen. De technische kringlopen kennen dezelfde principes.

### *Ontwerpprincipe 14*

*De natuur kent weinig efficiency. Zeker bij primaire producenten (van algen tot planten) is er eerder sprake van **overvloed**, maar alles is (her-)bruikbaar. Dat is de sleutel: use, re-use, repair, remanufacture en recycle. Dat is waar een product/service aan moet voldoen.*

# ↳ HARDE EN ZACHTE GRENZEN

**In de ecologie is de samenhang tussen ruimtelijke verschillen/overgangen en diversiteit belangrijk om te begrijpen. Grenssituaties zijn overgangen van de ene situatie naar de andere.**

Het zijn die overgangen, gradiënten, die een sterke invloed hebben op diversiteit en daarmee op de kwaliteit van ecosystemen.

Daar waar sprake is van een 'harde' overgang (limes convergens) zal de ene levensgemeenschap grenzen aan een andere, zonder dat er een overvloeiing is. De kademuur is daar een goed voorbeeld van: een strikte scheiding tussen nat en droog. Harde grenzen zijn scheidende grenzen. Als er sprake is van een 'zachte' overgang vloeit de ene levensgemeenschap over in de andere. Een glooiende oever

levert moerasachtige situaties op waar telkens andere soorten organismen zich thuis voelen. Dat zijn plekken waar een rijke diversiteit ontstaat. Zachte grenzen zijn verbindende grenzen.

Tegelijkertijd is het zinvol om te begrijpen dat grenzen daar ontstaan waar verbindingen tot stand komen: de verbindende weg van A naar B, is een scheidende grens tussen C en D. Dat geldt in de natuur maar ook in de samenleving, onze steden en dorpen en zelfs in de economie.

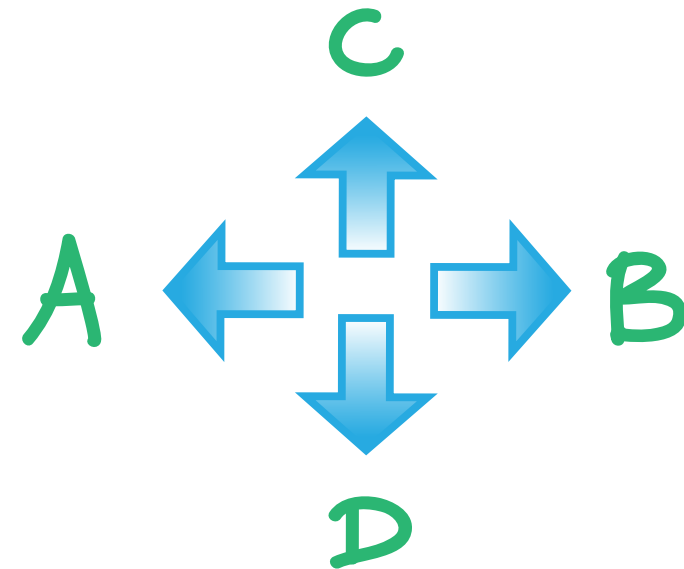
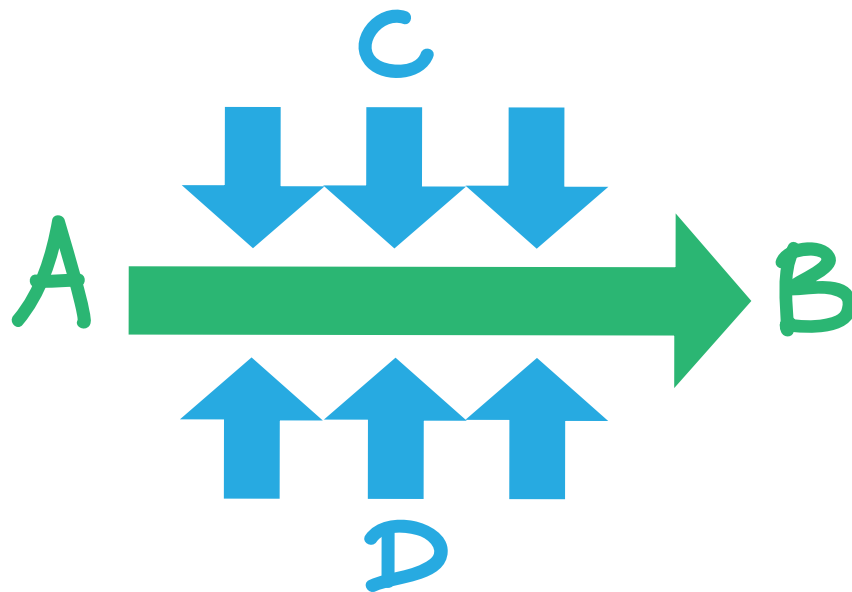


*Harde grens*



*Zachte grens*

## 6 HARDE EN ZACHTE GRENZEN



Voor de designer is dit wellicht niks nieuws: producten krijgen pas betekenis in hun relatie tot de omgeving. Dat geldt voor stedelijke inrichting, architectuur, auto's maar net zo goed voor een broodrooster of scheerapparaat. Iconische producten hebben een sprekende relatie met de omgeving en doen natuurlijk tegelijkertijd wat ze moeten doen.

De lineaire economie kenmerkt zich door harde grenzen: als A en B een transactie aangaan, kunnen C en D slechts toekijken.

Dit is het 'RWS-model': met 'Van A naar B(eter)' als de bijbehorende slogan. Dat C en D gescheiden raken leidt tot reparatie acties of bescherming, in het geval van de echte weg: wildviaduct, het overzetten van

padden, tunneltjes voor vee of kleine dieren maar ook de wandelaar moet op zoek naar een wijze om de grens enigszins veilig over te steken.

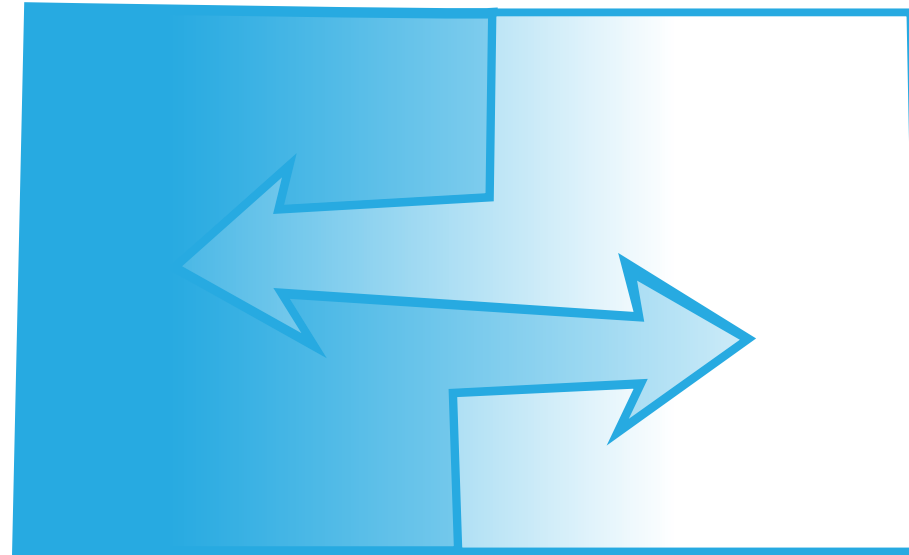
De circulaire economie kenmerkt zich door verbindingen met een zachter, langduriger, karakter. A, B, C en D zijn allen betrokken in het circulaire systeem en er wordt zoveel

## 6 HARDE EN ZACHTE GRENZEN

mogelijk waarde gecreëerd voor allen. Er kunnen coöperatieve relaties ontstaan. De verbinding staat centraal.

Natuurlijk speelt dit principe een belangrijke rol bij ruimtelijke ontwerpen, zowel in de stad als in een kantoor of woonomgeving. Leefbaarheid, werkplezier of woongenot zijn dan leidend en vragen adaptief vermogen als basiskwaliteit van leven.

Connectivity of het 'verbindend vermogen' draagt bij aan de waardering van de gebruiker. Dat is de basis voor zorg en zorgvuldig gebruik. Dat is een sterkere verbinding dan het hebben van een koopcontract (waar nooit iemand naar vraagt). De gebruiker waardeert de performance en die wordt afgelezen aan de technische prestatie, de gebruiksvriendelijkheid, het adaptief vermogen en betrouwbaarheid. Voor de producent/leverancier speelt daarbij de vraag op welke wijze een verbinding blijft bestaan met producten en de gebruiker(s). Daarmee wordt het onderliggende design van het businessmodel interessant.



### ***Ontwerpprincipe 15***

*De verbinding is een essentieel element van product- en servicedesign. Op welke wijze ontstaat een relatie met de gebruiker? Vindt er (onbedoelde) uitsluiting plaats? Wat is de performance die de gebruiker zoekt?*

## 6 HARDE EN ZACHTE GRENZEN



### **Ontwerpprincipe 16**

*De zachte grens, gradiënt, tussen gebruiker en product-service geeft een krachtige basis voor diversiteit. Adaptief ontwerpen gaat dan een rol spelen. De gebruiker wil licht op tafel, maar als hij werkt is die wens anders dan wanneer hij een etentje organiseert. Kan de gebruiker dan het licht aanpassen?*

*Performance wordt bepaald door de kwaliteit van het product voor de gebruiker. Levert het de prestatie waarvoor het wordt gebruikt? Het leidt tot 'nieuwe' vragen:*

*Kunt u licht op tafel leveren?*

*Ik wil mij verplaatsen, welke mogelijkheden heeft u voor mij?*

*Zorgt u voor gebruikszekerheid?*

### **Ontwerpprincipe 17**

*De gebruiker waardeert de performance en die wordt afgelezen aan de technische prestatie, de gebruiksvriendelijkheid, het adaptief vermogen en betrouwbaarheid. Dat stelt eisen aan het design van product, service en onderliggende businessmodel(-len).*




# 7 TOT SLOT

De natuur kent natuurlijk een groot aantal processen die essentieel zijn voor leven en kringlopen. Het kunnen bouwstenen zijn voor ontwerp van menselijke systemen en product/services, die eenzelfde kwaliteit genereren. Daar waar in de literatuur over de circulaire economie veelal een viertal kringlopen (Maintain, Reuse, Remanufacture/Refurbish & Recycle) wordt onderscheiden van verschillende 'lengte' en waardecreatie, kent de natuur een wirwar van vele in elkaar grijpende kringlopen: complex, divers en vrijwel onnavolgbaar. Het blad dat van de boom valt is niet alleen een bron van mineralen voor de boom zelf maar biedt tientallen of zelfs honderden andere organismen een voedingsbodemp. Eten en gegeten worden.

Het zijn de biologische processen die de basis voor het leven leggen. Bladgroen kan door **fotosynthese** energie van de zon opvangen en omzetten in 'bruikbare' materialen. Het systeem draait op de energie van de zon. Dat moeten 'wij' toch ook kunnen? Voor begrip van circulaire systemen is biologische specialisatie niet de meest noodzakelijke kennis, eerder pleit ik voor enig begrip, denken vanuit systeemkenmerken en een open oog en open mind. Daarmee richt het denken zich met name op de maatschappelijke betekenis(-verlening). Kringlopen in de natuur als metafoor voor menselijke systemen in de circulaire economie.

In de natuur is **concurrentie** geen drijfveer voor soorten en individuen. Eerder is er



sprake van wijzigende condities die maken dat de ene soort de andere kan verdringen. Voor de circulaire economie lijkt het begrip **sybiose** (symbiotische relaties) van groter belang. Waar de lineaire economie zich kenmerkt door concurrentie (jij of ik) zal de circulaire economie sterke onderlinge afhankelijkheden (jij en ik) kennen die zich kenmerken door **coöperatie** of in biologische termen symbiotische relaties.

Voor design is het denken op basis van **biomimicry** voor producten van belang, immers de producten zijn te beschouwen als de organismen die in gezamenlijkheid de economische basis vormen. Maar de organismen zijn op zichzelf genomen 'waardeloos'. Een lamp zonder adequate

energiebron zal geen licht geven, datzelfde geldt voor willekeurig welk apparaat in ons huishouden of bedrijf. Er is altijd en overal sprake van afhankelijkheidsrelaties, die we vatten in de term **ecomimicry**. Het leren van de natuur is een belangrijke basis voor het ontwerpen in de circulaire economie. Dat is wat ons, mensen, een bijzondere kwaliteit geeft: het lerend en reflectief vermogen. De natuur heeft in 3,5 miljard jaar een houdbaar systeem ontwikkeld. De mens ontwikkelde in ruim 250 jaar de lineaire, industriële, economie, die niet houdbaar blijkt te zijn. Nu ligt er de opgave om de circulaire economie te ontwikkelen waarin houdbaarheid ontstaat, waarde gecreëerd wordt en kwaliteit van leven voorop staat.

*Niet gering, maar de eerste stap  
brengt ons ook op weg!*

# BIJLAGE

## BRONNEN EN LITERATUUR

Ellen MacArthur Foundation	<a href="http://www.ellenmacarthurfoundation.org">http://www.ellenmacarthurfoundation.org</a>
Circulair ondernemen	<a href="http://www.circulairondernemen.nl">http://www.circulairondernemen.nl</a>
Accelerator Circulaire Economie	<a href="http://www.natureinspiredesign.nl">http://www.natureinspiredesign.nl</a>
Nature Inspired Design project	<a href="http://www.natureinspiredesign.nl">http://www.natureinspiredesign.nl</a>
Biomimicry / Ask Nature	<a href="http://www.asknature.org">http://www.asknature.org</a>
The Stockholm Resilience institute	<a href="http://www.stockholmresilience.org">http://www.stockholmresilience.org</a>
Circo, Design voor circulair ondernemen	<a href="http://www.clicknl.nl/circo">http://www.clicknl.nl/circo</a>
The Living Principles network	<a href="http://www.livingprinciples.org">http://www.livingprinciples.org</a>
Critical observation	<a href="http://ecolabsblog.wordpress.com/2013/01/11/a-critical-look-at-rsa-and-tsbs-new-designs-for-a-circular-economy/">http://ecolabsblog.wordpress.com/2013/01/11/a-critical-look-at-rsa-and-tsbs-new-designs-for-a-circular-economy/</a>
Cradle to Cradle	<a href="http://www.mbdc.com">http://www.mbdc.com</a>
Wikipedia: ecology for economics	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_economics">http://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_economics</a>
Aldersgate Group	<a href="http://www.aldersgategroup.org.uk/reports">http://www.aldersgategroup.org.uk/reports</a>

# BIJLAGE

## BRONNEN EN LITERATUUR

**Enninga, T. e.a. (2013)**, Service Design, inzichten uit negen praktijkvoorbeelden, Hogeschool Utrecht, Kenniscentrum Technologie en Innovatie, Utrecht;

**Georgescu-Roegen, N. (1986)**, The Entropy Law and the economic Process in Retrospect in Eastern Economic Journal, Vol XII, no 1, Jan-March 1986;

**Jong, T.M. De (2005)**, Verbinden is gemakkelijk, scheiden is moeilijk, lezing voor de NECOV;

**Jong, T.M. De, et al (2015)**, The theory of Chris van Leeuwen, TU-Delft, Delft

**Joustra, D.J. (2004)**, Systeendenken in de stedelijke vernieuwing, Nido bundel systemen;

**Joustra, D.J. (2013)**, Circulaire economie, perspectief. Factsheet One Planet Architecture institute;

**Joustra, D.J. En De Vries C.A. (2004)** Het brilletje van van Leeuwen. Essays over systeembenadering en duurzame stedelijke vernieuwing, Nido bundel Duurzame Stedelijke Vernieuwing;

**Kok, R. & Jonker, J. (2012)**, De mier, het nest en de verandering, working paper nr 2, Nijmegen school of management / Kluwer;

**Leeuwen, C.G. van (1981)** From ecosystem to ecocodevice, in: Perspectives in Landscape eco-logy p 29-34. Uitgave Pudoc Wageningen;

**Leeuwen, C.G. van (ongedateerd)**, Manuscript relatietheorie, niet-gepubliceerd

# BIJLAGE

## BRONNEN EN LITERATUUR

**MacArthur Foundation, Ellen (2012 / 2013/2014)**, Towards a Circular Economy part 1, 2 & 3;

**Poelman, Y (2015)**, De natuur als uitvinder, miljarden jaren aan innovatie gratis beschikbaar, uitgeverij Carrera, Amsterdam;

**Ridder, dr. W.J. de (2000)**, Ondernemen zonder macht, metamorfoses in de netwerkmaatschappij, St. Maatschappij en onderneming SMO-reeks 2000-1;

**Scheffer, M. (2009)**, Critical transitions in nature and society, Princeton University Press;

**Sterling, S. (2003)** Whole systems thinking as a basis for paradigm change in education: explorations in the context of sustainability. PhD University of Bath;

**De Waal, F. (2010)**, Een tijd voor empathie, uitgeverij Contact Amsterdam

**Webster, K. & Johnson C. (2010)**, Leren van de natuur, inspiratie voor een duurzame toekomst, uitgeverij Jan van Arkel, Utrecht;

**Webster, K. (2015)**, The Circular Economy: A Wealth of Flows, Ellen MacArthur Foundation Publishing, Cowes;

**Van der Wielen, S. (2007)** Diversiteit en denken in systemen, essayreeks Duurzame Ontwikkelingen, programma LvDO / SenterNovem Utrecht