

Gefluister voor de storm

Wat de ecologie kan leren over de economie

Rob Buijter



Niemand zal ontkennen dat onze samenleving een complex systeem is. Datzelfde geldt voor ecosystemen of het klimaat. Op het eerste gezicht lijken de samenleving of onze economie misschien niet te vergelijken met zoiets als een ecosysteem. Toch zijn op abstract niveau veel van de structuren en terugkoppelingen goed vergelijkbaar.

In onderstaand essay bespreekt wetenschapsjournalist Rob Buijter werk dat onze onderzoeksgroep in Wageningen de afgelopen decennia heeft verricht op het gebied van zogenoemde kritische omslagpunten. Die blijken niet alleen in de ecologie voor te komen, maar ook in veel andere disciplines, waaronder dus de economie. Deze bespreking heeft mijn volle instemming.

Professor Marten Scheffer,
hoogleraar Aquatische Ecologie,
Wageningen University & Research

Er bestaat een sterke overeenkomst tussen de failliete financiële dienstverlener Lehman Brothers en een overbemeste boerensloot. Tot vlak voor het faillissement in 2008, werd Lehman door verschillende kredietbeoordelaars nog gezien als een gezonde instelling. Maar 'als donderslag bij heldere hemel', stortte Lehman van de ene op de andere dag in elkaar. Een beetje zoals een mooie, heldere sloot met waterplanten, die van de ene op de andere dag door een verstikkende laag kroos bedekt kan raken nadat er lange tijd teveel meststoffen in zijn gedumpt. Zowel Lehman als de sloot maakten in korte tijd een ogenschijnlijk plotselinge overgang mee; een kantelpunt van de ene min of meer stabiele situatie – helder water met veel variatie aan vis, een gezonde bank – naar een andere stabiele situatie: een failliete bank, die alleen nog met staatssteun op de been had kunnen worden gehouden, of een sloot waar naast kroos nauwelijks nog ander leven in mogelijk is.

De vergelijking tussen een omvallende bank en een door overbemesting verziend ecosysteem is minder vreemd dan het op het eerste gezicht lijkt; laat staan respectloos. De economie functioneert immers op een planeet, waar al het leven bijna vier miljard jaar lang gehoorzaamt aan de wetten van de ecologie. Het is dan ook niet zo vreemd dat er belangrijke overeenkomsten bestaan tussen de sociale wetenschap die de economie in wezen is, en de ecologie. Beiden zijn intrinsiek complexe systemen, waar heel veel factoren samen een dynamisch evenwicht definiëren. Tussen die factoren bestaan diverse natuurlijke 'checks and balances', waardoor een verstoring van het evenwicht vaak van binnenuit kan worden opgevangen. Tegelijk laten de voorbeelden van Lehman en de overbemeste sloot zien dat op enig moment een plotselinge overgang kan plaatsvinden van de ene min of meer stabiele situatie naar en volgende.

Kritische omslagen

Deze plotselinge overgangen zijn in de wetenschappelijke literatuur bekend geworden als kritische omslagen, of *critical transitions*. Met name in de ecologie zijn ze uitvoerig in kaart gebracht. De Nederlandse aquatisch ecooloog professor Marten Scheffer bijvoorbeeld, beschreef al in de jaren tachtig heel nauwkeurig de mechanismen die bijvoorbeeld een sloot van de ene naar de andere toestand doen omslaan.

In een heldere, gezonde boerensloot staan veel waterplanten met hun wortels in de bodem. Tussen de waterplanten bevindt zich een gevarieerde gemeenschap van roofvissen, algen- en vlooienetende vissen en hun prooien: watervlooien en rondzwevende algen. Die algen worden in toom gehouden door de vele watervlooien, die op hun beurt weer het voedsel vormen voor verschillende vissen.

In de loop van een seizoen spoelen misschien wel heel veel meststoffen van de akker de sloot in, maar via de blaadjes en via de bodem van de sloot verdwijnen veel van die voedingsstoffen in de groene planten. De planten houden het water zelf daardoor voedselarm. Algen die profiteren van het extra voedsel worden weer gegeten door de watervlooien. Zo kan het gevarieerde ecosysteem van de heldere boerensloot de toestroom van meststoffen van de naastgelegen akkers lange tijd opvangen. Tot het moment dat de meststroom te groot wordt. Er komen dan zó veel voedingsstoffen in het water, dat algen en ook kroos de overhand kunnen nemen. De kroosplantjes drijven op het water, waar hun vrij bungelende worteltjes profiteren van de meststoffen die in het slootwater zijn opgelost. Al snel wordt het kroosdek zo dicht, dat de waterplanten op de bodem het afleggen; ze krijgen niet voldoende licht meer onder de parasol van kroos, en verdwijnen.

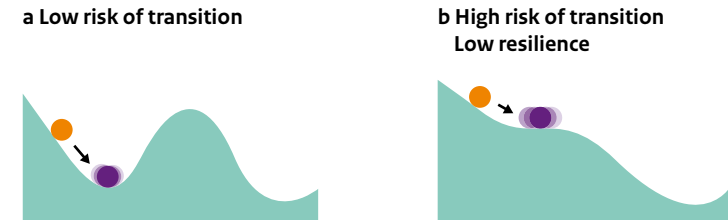
De nieuwe stabiele situatie is er één van een donkere, troebele en veel te voedselrijke sloot, die wordt afgedekt met een dichte deken van kroos. Zelfs als de toestroom van voedingsstoffen weer stopt, zullen de planten niet snel meer terugkeren. Daarvoor houden de kroosplantjes teveel licht uit de sloot. Nu houden niet de waterplanten, maar het kroos de status quo in stand.

Multidisciplinair

Toen Scheffer in 2009 de Spinozapremie – de ‘Nederlandse Nobelprijs’ – ontving voor zijn wetenschappelijk werk aan de kantelpunten in de ecologie, haastte hij zich om te benadrukken hoe multidisciplinair zijn werk eigenlijk is. Kritische omslagen komen in allerhande complexe systemen voor. Van de ecologie en de sociologie, tot de fysiologie en de economie. Met een van de andere twee Spinozapremiewinnaars van dat jaar, de Leidse neuroloog professor Michel Ferrari, sprak Scheffer dan ook direct af krachten te bundelen. Ferrari deed al jaren baanbrekend werk in het onderzoek naar migraineaanvallen; niets meer en niets minder dan ‘een kritische omslag’ in de zenuwsignalen in het hoofd van een patiënt, wisten beide heren.

Een wezenskenmerk van de kritische omslagen is hun ogenschijnlijk plotselinge karakter. Van de ene op de andere dag lijkt de sloot vol kroos te liggen, van het ene op het andere moment, barst de migrainepatiënt van de hoofdpijn, en van het ene op het andere moment in 2008 zaten banken en verzekeraars in zwaar weer. Niemand zag het ver genoeg vooraf aankomen. Aan de basis waren weliswaar geleidelijke veranderingen aan de gang, maar het systeem zelf hield de oude toestand stabiel; tot het moment dat het niet meer houdbaar was. Het onderzoek van Scheffer en collega’s richt zich de laatste jaren niet alleen op het beschrijven en begrijpen van de ene of de andere stabiele situatie.

Hun aandacht gaat vooral uit naar die geleidelijke, ‘onzichtbare’ veranderingen vóór een overgang tussen de twee situaties. Zitten daar misschien niet tóch de signalen in verborgen die zo’n kritische omslag kunnen voorspellen?



Figuur uit Scheffer, *Nature* 467

De bal op de helling

Het onderzoek naar kritische omslagen beschikt over een bijzonder krachtige metafoer (fig), die de processen intuïtief begrijpelijk maakt. De mogelijke stabiele situaties in een willekeurig systeem zijn als kommetjes op een helling. Waar een bewegend balletje op een vlak tafelblad op iedere plek tot stilstand kan komen, zal zo’n balletje op een helling alleen in één van de kommetjes stil kunnen liggen. Zelfs na een tikje tegen de bal, zal hij weer terugrollen in zijn vertrouwde, stabiele kommetje.

Totdat de buitenwereld kracht gaat uitoefenen op de vorm of de diepte van de kommetjes. Als een kommetje door die krachten van buitenaf – toestroom van voedingsstoffen in een sloot, toename van riskante leningen in de portefeuille van een bank – steeds minder diep wordt, kan een volgende tik de bal over de rand duwen, waarna hij een kommetje lager weer tot een nieuw evenwicht komt.

De bewegingen die de bal in het kommetje maakt, zijn karakteristiek voor de stabiliteit van het kommetje, schreven Scheffer en collega’s in verschillende toonaangevende publicaties in onder meer *Nature* (2009, 2010) en *Science* (2012). Een diep, en daarmee stabiel kommetje, laat de bal korte uitslagen maken bij een tik van buitenaf. Wordt het kommetje minder diep, en de hellingen flauwer, dan worden de uitslagen bij eenzelfde tik groter en duurt het ook langer voor het schommelende balletje weer tot rust komt op de stabiele bodem van de kom.

Voorspellingen in de ecologie

Wanneer Scheffer en collega's niet rekenden aan de bewegingen van een hypothetisch balletje, maar aan de tikken tegen een ecosysteem, dan zagen zij exact diezelfde bewegingen. Was het systeem robuust, en kon het nog wel tegen een stootje, dan zagen zij een hoge veerkracht wanneer er een 'tik' tegen werd gegeven. Was het systeem al minder stabiel aan het worden, dan zagen zij nog steeds een terugkeer naar de oude, stabiele situatie, maar dan duurde het toch langer voordat de uitslagen uitdoefden.

Uit proeven met 'modelslootjes' in grote speciekuipen, ontdekten Scheffer en collega's dat een gezonde sloot een plotselinge dosis extra meststoffen nog wel op kon vangen. Maar hoe dichter de heldere sloot tegen het kantelpunt richting een troebele soep met kroos aan zat, hoe langer het duurde voor het systeem de klap van zo'n shot mest kon verwerken.

De mini-ecosysteempjes van Scheffer en collega's leerden enkele belangrijke lessen. Allereerst bleken deze complexe systemen een bepaalde veerkracht te bezitten. In het systeem zaten overduidelijk terugkoppelingsmechanismen die verstoringen – van buitenaf of van binnenuit – konden opvangen om de stabiele situatie in stand te houden. Daarnaast bleek de uiteindelijke omslag van de ene naar de andere situatie helemaal geen onvoorspelbare storm die alleen door stilte wordt vooraf gegaan. Het systeem fluisterde al signalen vooraf, voor wie ze kan horen.

Die signalen kunnen bijzonder interessant zijn voor natuurbeheerders, ecologen, managers, artsen of economen die willen ingrijpen wanneer een omslag naar een ongewenste situatie aanstaande is. Een bal die een tik heeft gekregen en een 'kommetje lager' tot stilstand is gekomen, heeft vaak een veel grotere tik nodig om weer teruggeleid te worden naar het oude kommetje. Of in het voorbeeld van de boerensloot: de toevoer van meststoffen een beetje verminderen vlak vóór de omslag naar een troebele soep met kroos is relatief makkelijker. Op een later moment de toevoer zo drastisch verminderen dat er weer een omslag kan worden bewerkstelligd van kroos naar helder vraagt veel meer inspanning. Dan moet je immers werken tegen de interne krachten in, die een stabiele situatie zelf in stand houden.

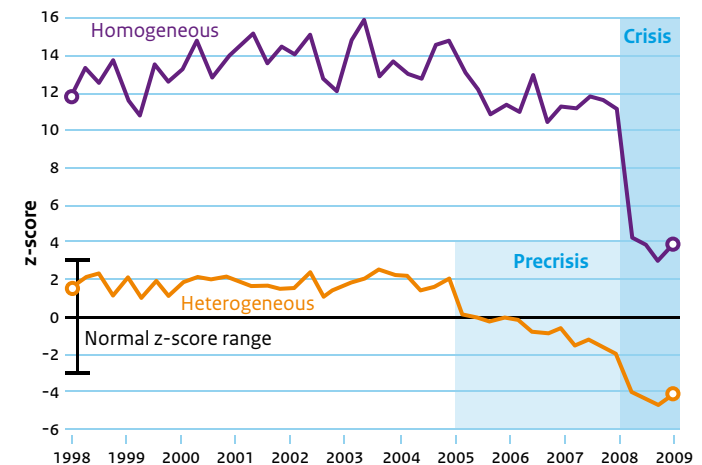
Kantelpunten in het klimaat en het lichaam

De signalen die een kritische omslag voorspellen zijn – met de kennis van nu – ook te herkennen in bodemmonsters van 34 miljoen jaar oud. Dat was de tijd dat het geologisch tijdperk van het Eoceen overging in het Oligoceen. Het klimaat op aarde veranderde in relatief korte tijd van een 'broeikaswereld' in een 'ijskastwereld'. Wanneer geologen de

gehalten aan calciumcarbonaat (een maat voor verzuring van het oceanwater) uit de miljoenen jaren voor die omslag analyseren, zien ze een schommeling die steeds trager wordt, alsof het een balletje is dat in een steeds ondieper kommetje heen en weer wordt getikt.

Ook in de elektrische signalen in het brein van een epilepsiepatiënt zijn subtiele signalen op te pikken, vlak vóór het moment dat het brein echt ongeremd signalen gaat afvuren. Hetzelfde geldt voor de longblaasjes van een astmapatiënt. Voordat de luchtwegen écht dichtknijpen, fluisteren de longblaasjes al waarschuwingssignalen.

Intrinsiek onvoorspelbare economie



Early-warning signals of the 2008 crisis in the Dutch interbank network

The figure portrays a temporal analysis of two loops, pairs of banks that are the same time debtor and creditor to each other. Although the raw number of two loops is not very informative about possible ongoing structural changes, its comparison with a random network model benchmarks. A z-score represents the number of standard deviations by which the number of two loops in the real network deviates from its expected value in the model. Small magnitude z-scores (<3) indicate approximate consistency with the model, whereas larger magnitudes indicate statistically significant deviations. Two different random network models were used: a homogeneous network with the same total number of links as in the real network (top) and a heterogeneous network where every bank has the same number of connections as in the real network (bottom). The homogeneous model, often used in standard analyses, highlights only a late and abrupt structural change (2008). The more realistic heterogeneous model also identifies a gradual, early-warning "precrisis" phase (2005-2007). [Modified from (2)]

Figuur uit Battiston et al., Science 351, 6275

In de financiële wereld zijn signalen die een omslag voorspellen een verhaal apart. Zodra die signalen bekend worden, worden ze vaak teniet gedaan omdat marktpartijen, zoals beleggers of beleidsmakers, gaan reageren op de voorspellingen. Enerzijds kunnen voorspellingen in de economie daarmee een *self fulfilling prophecy* worden. Zodra analisten een koersstijging van een aandeel voorspellen, wordt dat aandeel aantrekkelijk, ... en gaat dus de koers stijgen.

In andere gevallen kunnen voorspellingen ertoe leiden dat beleidsmakers bepaalde afspraken maken: wanneer deze of gene waarde een bepaalde afgesproken bodem of plafond nadert, grijpen overheden of marktpartijen in, waardoor de waarde weer stijgt, respectievelijk daalt. Wordt die bodem of dat plafond wél doorbroken, dan is dat vaak omdat een intrinsiek onvoorspelbare kracht van buitenaf is opgetreden: de bomaanslagen van 11 september 2001, een orkaan of een ongeluk op een boorplatform in de Golf van Mexico.

Toch waren er met wijsheid achteraf ook voor de financiële crises uit het verleden signalen te herkennen, die de omslag min of meer hadden kunnen voorspellen. Dat blijkt bijvoorbeeld bij nauwkeurige analyse van het aantal bankenkoppels, dat zowel elkaars debiteur als crediteur is. Wanneer banken elkaar leningen verstrekken en risico's heen en weer schuiven wordt de markt zacht gezegd onoverzichtelijk en kwetsbaar. Wanneer dergelijke koppels van banken worden geanalyseerd in vergelijking met wiskundige modellen van de economie (bovenstaand figuur) dan blijkt dat er vlak vóór de crisis van 2008 al een duidelijke trend richting een kritische omslag te zien was.

Van voorspellen naar beïnvloeden

In het verleden hebben ecologen ook geëxperimenteerd met het moedwillig laten omslaan van ongewenste stabiele systemen richting een nieuwe, gewenste situatie. Al in 1975 bedacht de Amerikaanse bioloog Joseph Shapiro bijvoorbeeld, dat het mogelijk moest zijn om een troebel meer om te laten slaan in een helder ecosysteem, door de overmaat aan grazende vissen eruit te vissen. De gedachte daarbij was, dat al die grazende vissen, zoals brasems, de bodem steeds omwoelen. Daardoor komt er zoveel 'troep' en voedingsstoffen van de bodem in het water, dat het systeem constant troebel blijft. Al zouden zuiverende waterplanten zich willen vestigen, ze zouden de kans niet krijgen. Als het niet was omdat de brasems de boel steeds kort grazen, dan was het wel omdat het water te troebel was voor de planten om voldoende licht te vangen.

Om de gewenste omslag naar een helder systeem te bereiken, lieten waterbeheerders de afgelopen decennia verschillende meren en plassen voor een groot deel leeglopen, om vervolgens vele duizenden kilo's aan brasems en andere 'grazers' eruit te scheppen en elders weer uit te zetten. In verschillende gevallen bereikten de waterbeheerders met dit zogenoemde Actief Biologisch Beheer wat ze beoogden: na het verwijderen van de vissen ontstond een systeem dat weer voor lange tijd helder bleef.

Maar naast die succesverhalen staan ook veel voorbeelden van Actief Biologisch Beheer die weinig tot niets uithaalden. De belangrijkste reden voor dat falen, stelt Scheffer, is dat wel de gevolgen zijn aangepakt, maar niet altijd de ware oorzaken. Wanneer Actief Biologisch Beheer niet wordt gecombineerd met het terugdringen van de toestroom van veel te voedselrijk water, dan is het niet veel meer dan dure symptoombestrijding.

En ook deze les is te vertalen naar andere domeinen dan de ecologie alleen. Het bestrijden van een ongewenste omslag, of het veroorzaken van een gewenste, heeft niet veel zin als je de achterliggende mechanismen niet voldoende kent en aanpakt.

Kantelpunten in een emotionele wereld

Vertaald naar de situatie van Lehman Brothers in 2008, dringt zich nu een cruciale vraag op: Wat als er niet alleen met de wijsheid achteraf, maar vooraf signalen waren herkend die een kantelpunt voorspelden? En wat als deze signalen waren herkend als een rode economische stormbal? Hadden Amerikaanse overheden dan wél ingegrepen om die eerste dominosteen die de bank Lehman Brothers bleek te zijn, tegen te houden in zijn val? Wat als de bioloog vooraf had geweten dat de hoeveelheid mest in de sloot zó hoog zou worden dat er een onacceptabele omslag naar een soep met kroos aan zat te komen? Wat als hij had geweten dat hij op dat moment nog met een relatief simpele ingreep het kantelpunt had kunnen vermijden, terwijl er na het kantelpunt een enorme inspanning nodig zou zijn om weer terug te keren naar de oude, gewenste stabiele situatie?

Een intrinsiek verschil tussen de economie en de ecologie lijkt de invloed van de emotie. Waar het gehalte aan meststoffen en het aantal vissen of watervlooien een objectieve maat is, valt emotie moeilijk in een harde waarde te vatten. De Britse stem voor een *Brexit* is daar een recent bewijs van. De 'hardste waarden' vlak voor het referendum leken de beurskoersen en de *odds* bij de bookmakers te zijn, en die zaten er faliekant naast. Hoe hadden economen en beleidsmakers de emotie van de Britse populistten toch een plek kunnen geven in de modellen?

In de ecologie heeft het 'systeemdenken' de laatste decennia belangrijk terrein gewonnen. Het heeft per slot van rekening weinig zin om te rekenen aan een systeem met, zeg, een grasland met overwinterende ganzen, wanneer je niet weet wat er met die ganzen gebeurt in hun broedgebieden in Siberië. In plaats van te denken in de termen van één natuurgebiedje met ganzen, kijken de systeemdenkers naar het grote geheel, inclusief de internationale context van de landen waar de vogels in de winter naartoe trekken. De uitdaging voor de economie ligt in het vinden van een vergelijkbare schaal, die recht doet aan alle krachten die de kantelpunten definiëren. Systeemdenken in de economie zou wellicht niet alleen die kantelpunten kunnen herkennen, maar vooraf ook handiger gebruik kunnen maken van alle terugkoppelingsmechanismen binnen het systeem, die een gewenst evenwicht in stand houden. Door grondige analyse van het netwerk, inclusief het modelleren van het gedrag van de mensen daarin, zou economische politiek een rationele stap voorwaarts kunnen zetten. Bij het ontwikkelen van de noodzakelijke gereedschappen voor die analyse, zouden economen goed kunnen samenwerken, niet alleen met ecologen, maar ook met medici, sociologen, epidemiologen, of om het even welke wetenschappelijke discipline waar wordt gewerkt met complexe systemen.

Omgaan met complexiteit en onzekerheid

Een reflectie op lessen en oriëntaties voor een beleidsaanpak

Mark te Pas & Vera Minten
(Ministerie van Economische Zaken)



In september 2008 vroeg de zakenbank Lehman Brothers zijn faillissement aan, nadat zij in de negen maanden daarvoor grote verliezen had geleden. Lehman Brothers was een grote zakenbank in de VS, maar was geenszins een wereldspeler. Toch bleek het faillissement van Lehman Brothers het begin van een ineenstorting van het financiële systeem in de VS. De problemen sloegen ook over naar de Europese financiële markten. ABN Amro moest gered worden en een aantal jaren later ook SNS Reaal. Ondanks grootschalig overheidsingrijpen, zowel in de VS als in Europa en Nederland zijn vele jaren later de gevolgen van de financiële crisis nog altijd merkbaar. De complexiteit en verbondenheid van het financiële systeem was veel groter, en minder voorspelbaar, dan voor mogelijk werd gehouden. De effecten van één failliete bank waren enorm. Deze gebeurtenissen laten zien hoe moeilijk het is voor beleidsmakers om vooraf te voorspellen welke effecten bepaalde gebeurtenissen precies zullen hebben. Een complexe omgeving stelt de beleidsmaker voor grote uitdagingen.

EZ worstelt momenteel ook met een aantal grote onderwerpen die complex van aard zijn, zoals de energietransitie, de transitie naar een duurzame economie en de transitie naar een duurzame voedselvoorziening. Het is bijzonder lastig om echt grip te krijgen op deze vraagstukken. De auteurs uit deze bundel laten zien dat hier complexiteit een belangrijke rol speelt. Ze zijn het er over eens dat veel (maatschappelijke) vraagstukken complex zijn of complexe eigenschappen bezitten en daarom lastig te bevatten, te controleren of te sturen zijn.

De vraag is hoe het beste om te gaan met dit soort complexe vraagstukken. Complexiteit is immers veelal de dagelijkse praktijk waar beleidsmakers in werken en de context waarin de rol van de overheid moet worden ingevuld. Complexiteit is op zichzelf dan ook niet negatief. Zo kan de dynamiek worden ingezet om zo effectief mogelijk publieke belangen te borgen en maatschappelijke vraagstukken op te lossen. De uitdaging waar de overheid en ook EZ voor staan is om complexiteit te onderkennen en er zo goed mogelijk op in te spelen. De manieren waarop beleidsmakers om kunnen gaan met complexiteit zijn nog sterk in beweging, zoals ook blijkt uit de verschillende essays. Deze reflectie doet een aanzet om een handelingsperspectief te schetsen.

Complexiteit

Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat er bij complexiteit sprake is van veel afzonderlijke componenten in een systeem, die onderling samenhangen en allerlei vormen van interactie vertonen, en dat de mate van complexiteit ook samenhangt met het totale aantal componenten. Wat in dit verband precies wel of niet “complex” mag heten is echter niet objectief te duiden en verandert bovendien voortdurend. Met

complexiteit wordt in deze context niet ingewikkeld of moeilijk bedoeld. Een wiskundig vraagstuk kan bijvoorbeeld uiterst ingewikkeld zijn, maar is op te lossen zonder dat rekening gehouden hoeft te worden met onderlinge samenhangen. Ook is duidelijk dat complexiteit sterke samenhang vertoont met onvoorspelbaarheid, onzekerheid en onkenbaarheid. Het betreft vraagstukken die vrijwel altijd in de praktijk onvoorspelbaar en weerbarstig blijken. In de inleiding is uitgebreid op de achtergronden en de historisch gegroeide verschillende perspectieven op complexiteit ingegaan.

De aandacht voor complexiteit in de beleidscontext groeit gestaag. De WRR sprak bijvoorbeeld in 2006 van ongetemde problemen in hun rapport *de lerende overheid* en duidde dit begrip aan de hand van cognitieve en normatieve zekerheid. De Raad voor Openbaar Bestuur haakt daar op in met hun advies *de bestuurlijke verantwoordelijkheid voor systemen* en wijst op het verschil tussen complexe gesloten systemen en open systemen, waarbij vooral context belangrijk is en wendbaarheid en communicatie gevraagd zijn. Ook de OESO is binnen het traject *New Approaches to Economics Challenges* met complexiteit bezig. De OESO heeft ook een blog over complexiteit met grote variëteit aan gastauteurs.

De auteurs in deze bundel proberen meer duiding aan het begrip te geven en doen dat allemaal op hun eigen manier. Wel zijn er duidelijk overeenkomsten tussen de benaderingen van de auteurs. Om te beginnen wordt in het kader van complexiteit vaak gesproken over een systeem waarbinnen de complexiteit plaatsvindt. Onder systeem verstaan wij een verzameling van delen die met elkaar interacteren en als een geheel functioneren. Dit systeem kan klein zijn, maar bij veel van de vraagstukken van de overheid betreft het systeem de gehele economie of de samenleving. Binnen dit systeem is sprake van een veelheid aan actoren en onderlinge verbindingen. Deze verscheidenheid aan facetten die elkaar beïnvloeden creëren een maatschappelijke en economische dynamiek. De overheid is als onderdeel van het systeem een van de actoren en moet ook als zodanig worden beschouwd. Naast de actoren en de verbindingen die bewegen is ook de aan verandering onderhevige context belangrijk, omdat deze het (open) systeem beïnvloedt. De context speelt dus een grote rol en is zelf ook weer in beweging.

Een duidelijke conclusie van de auteurs is dat complexiteit is toegenomen. De afgelopen decennia hebben technologische en economische vooruitgang productie, transport en communicatie efficiënter gemaakt. Daarmee interacteren steeds meer mensen, organisaties, systemen en andere actoren met elkaar en zijn de onderlinge afhankelijkheden vergroot. De verbindingen zijn sneller en sterker geworden door de opkomst van moderne communicatietechnologie en ontwikkelingen in sociale media. De participatiesamenle-

ving leidt ertoe dat meer actoren kunnen worden ingeschakeld. Deze toename in intensiteit leidt tot grote complexiteit.

De wetenschap die zich bezig houdt met complexiteit kenmerkt zich door een organische en holistische benadering en is daarmee niet reductionistisch. Complexiteit kan niet worden begrepen door individuele onderdelen van het systeem in isolatie te bestuderen. Het systeem is namelijk niet gelijk aan de som der delen. De resultaten en ontwikkelingen in het systeem, die vaak met de term emergentie worden beschreven, komen voort uit het zelforganiserend vermogen in de dynamiek van het systeem en zijn ongepland en daardoor onvoorspelbaar.

Complexiteit wordt daarom ook wel een toestand tussen orde en chaos genoemd. Een kenmerk van complexiteit is dat het systeem weliswaar niet in rust is, maar dat in de dynamiek wel weer patronen, routines en arrangementen ontstaan die mogelijk herkenbaar zijn en dus houvast kunnen bieden. Het systeem organiseert zichzelf. Ook ontstaan niet zomaar nieuwe situaties, maar is er sprake van padafhankelijkheid. Het verleden heeft dus invloed op de richting van de dynamiek.

Onzekerheid en onkenbaarheid

Complexiteit hangt sterk samen met onvoorspelbaarheid, onzekerheid en onkenbaarheid. In het artikel van Lex Hoogduin wordt rekenschap gegeven over het verschil tussen onzekerheid en risico. Dit verschil leidt er toe dat complexiteit niet een 'probleem' is dat kan worden opgelost met ingewikkelder beleid en betere methodes (geavanceerd projectmanagement). De notie van fundamentele onzekerheid over de toekomst is een belangrijke oorzaak van de onvoorspelbaarheid en weerbarstigheid van complexe vraagstukken en zorgt er voor dat een complex systeem onmogelijk volledig te beheersen is. Er is sprake van een onkenbaarheid van het systeem.

Onzekerheid is een factor die in de beleidspraktijk weinig aandacht krijgt. Een voorbeeld is het beleid in de financiële sector, juist ook na de eerder genoemde financiële crisis. Wetgeving en toezicht in de financiële sector is gericht op het beheersen van risico's, niet op het omgaan met onzekerheden. Na de crisis is de wetgeving flink aangescherpt en uitgebreid. Internationaal zijn nieuwe risicomanagementrichtlijnen afgesproken, bekend onder de naam Basel III. In deze richtlijnen is in meer detail dan voorheen vastgelegd met welke technieken risico's berekend moeten worden en welke eisen daaraan verbonden zijn.

Vanuit het complexiteitsperspectief ligt deze aanpak niet voor de hand. Er wordt namelijk geen rekening gehouden met fundamentele onzekerheid en uitgegaan van volledige technische beheersing van risico's. Als door fundamentele onzekerheid de risicomanagementtools niet correct blijken te zijn, kunnen er problemen in de wereldwijde stabiliteit van het financieel systeem ontstaan. Vanuit dit perspectief ligt het meer voor de hand om te kijken naar robuustheid en veerkracht van het (financiële) systeem zodat ook in onvoorziene omstandigheden de werking van het systeem geborgd blijft. Robuustheid en veerkracht zijn dus belangrijke begrippen in de context van een complex systeem als de wens is het systeem te behouden.

Overheidsrol(len)

Binnen de maatschappelijk dynamiek heeft de overheid een duidelijke rol. Deze rol ligt in het borgen van publieke belangen. De dynamische verwevenheid van actoren, belangen en processen in de samenleving kan leiden tot maatschappelijk ongewenste uitkomsten of tot constellaties die de maatschappelijk gewenste vernieuwing en transitie belemmeren.

Door de eerder genoemde kenmerken en gedragingen van een complex systeem is de traditionele beleidsaanpak niet meer in alle gevallen effectief. Duidelijk is dat een rijkere en meer adaptieve beleidsaanpak nodig is. De traditionele doel-middel interventie werkt niet adequaat in de context van een complex systeem. In een complexe omgeving moet de overheid afscheid nemen van deze manier van werken en beter aansluiten bij de eigenschappen van complexiteit.

In de afgelopen decennia zijn er vanuit verschillende wetenschappelijk disciplines en de beleidspraktijk methodes ontwikkeld die de overheid handelingsperspectief bieden in een complexe omgeving. Voorbeelden hiervan zijn systeemdenken, transitie management, en recent de netwerkaanpak (green deals, communities of practice etc.). Er is dus een trend zichtbaar waarbij beleidsmakers zich steeds meer bewust zijn van hun complexe omgeving en al ervaring opdoen met het ontwikkelen van een meer passende beleidsaanpak. Op de verschillende beleidsdomeinen van EZ zijn daar ook de eerste aanzetten toe waar te nemen.

De laatste drie nieuwjaarartikelen van de SG van EZ zijn daar een voorbeeld van evenals het rapport van de studiegroep duurzame groei dat spreekt over 'toerusten voor verandering' en, 'ruimte maken voor vernieuwing'. Deze ontwikkelingen geven de groeiende bewustwording aan dat er met complexe systemen zal moeten worden geïnteractueerd en niet 'simpel' vanaf de tekentafel beleid kan worden gemaakt.

Van worst practice ...

Echter, regelmatig worden aspecten van complexiteit verkeerd beoordeeld of over het hoofd gezien. Op die momenten wordt pijnlijk duidelijk wat de gevolgen zijn als bij de werkwijze van de overheid gekozen wordt voor traditionele (generieke) methodes en instrumenten waarbij complexiteit onvoldoende wordt meegenomen. Neem bijvoorbeeld de recente eurocrisis waarbij de Griekse overheidsfinanciën een zeer kostbare crisis veroorzaakten. De Griekse schuld is verwaarloosbaar als percentage van de gehele Europese schuld en het werd dus vooraf onwaarschijnlijk geacht dat problemen met de Griekse schuld zulke grote effecten zouden kunnen hebben. Of een voorbeeld op kleinere schaal zoals de subsidie op zonnepanelen van een aantal jaren geleden. De overheid wilde het gebruik van zonne-energie bij huishoudens stimuleren. Om dit te bereiken werd een subsidie op de aanschaf van zonnepanelen door particulieren bedacht. De lagere prijs zou leiden tot extra aanschaf. Zodra de subsidie werd aangekondigd viel de markt voor zonnepanelen echter stil en nam het aantal nieuwe zonnepanelen sterk af. In afwachting van de openstelling van de subsidie stelde huishoudens de aanschaf van zonnepanelen uit. Een voor de energietransitie volstrekt onwenselijke reactie, waarbij beleidsmakers de feedbackloops van hun acties over het hoofd hadden gezien.

Vaak wordt de werking van het systeem dus nog onvoldoende begrepen. Het essay van Rob Buiten over het perspectief van Marten Scheffer laat bijvoorbeeld zien dat kritische omslagen (tipping points) binnen systemen regelmatig voorkomen, maar zelden ook als dusdanig herkend worden. Ook kan het zijn dat de risico's van complexiteit vergeten worden. Uit het artikel van Teisman komt de notie naar voren dat overheden de neiging hebben om voor grote problemen ook grote oplossingen te zoeken. Echter, complexiteit leidt er toe dat in de uitvoering van grote oplossingen ook veel onverwachts mis kan gaan. Teisman benadrukt dat voor een groot vraagstuk een grote oplossing niet noodzakelijk is. Een groot aantal kleine oplossingen met een goede coördinatie over overheidslagen heen kan vaak een beter resultaat geven omdat er minder kans is dat de interventies anders uitpakken dan voorzien. Ook wordt de beleidsaanpak daarmee adaptiever.

....naar better and best practice

Een beter begrip van complexiteit en een andere blik op vraagstukken kunnen dit soort problemen mogelijk voorkomen. De oproep om als overheid anders tegen de vraagstukken aan te kijken zingt sterk door in de essays. De essays bieden een grote rijkheid en diversiteit aan aanknopingspunten voor de manier waarop beleidsmakers dit kunnen doen. Daarbij worden verschillende accenten gelegd die voor beleidsmakers relevant kunnen zijn bij het ontwikkelen van een beleidsaanpak.

Een eerste belangrijke les zit in de focus die Frenken en Hekkert kiezen. Betreft het een complex vraagstuk of niet? Zij gebruiken daarvoor de vraag: gaat het om *the moon of the ghetto*? Voor niet complexe, maar mogelijk wel uiterst ingewikkelde technische vraagstukken (*moon*) in meer gesloten systemen volstaat een gecompliceerde aanpak waarbij een duidelijk technologisch traject denkbaar en planbaar is. Voor vraagstukken die zich afspelen in een open complex en adaptief systeem (*the ghetto*) zijn andere oplossingen noodzakelijk.

Een andere aanpak is noodzakelijk omdat het volledig managen en sturen van een complex vraagstuk niet mogelijk is. Bij beleidsmakers en politici bestaat wel veel behoefte om van a tot z controle te houden. Het is belangrijk te onderkennen dat dit onmogelijk is vanwege de onkenbaarheid van een complex systeem. Faber en Idenburg benoemen dit in hun artikel als de tekortkoming van het technocratisch perspectief. Door complexe vraagstukken te framen als vraagstukken van adequaat management en politieke wil wordt geïmpliceerd dat enkel sterke planmatige sturing nodig is. Hiermee worden de beperkingen en mogelijkheden van een complexe wereld miskend.

De beleidsmaker heeft dus geen volledige controle, maar kan wel degelijk sturen. Daarvoor is een zo compleet mogelijk beeld van het complexe vraagstuk en het systeem daaromheen nodig. Dit start met verwondering over de eigen dynamiek en werking van het systeem. Begrijpen dat het systeem onkenbaar is, maar tegelijkertijd het systeem zo goed als mogelijk willen doorgronden. Het gaat hierbij om het begrijpen van de coherentie van het systeem. Dit wordt vaak sense-making genoemd. Heel lang is (succesvol) gewerkt met een alsof-model, waarbij een complex systeem behandeld wordt alsof het een simpel systeem is. Voor een compleet beeld is essentieel dat er oog is voor de specifieke kenmerken van een complex systeem zoals de contextgebondenheid en veranderende dynamiek. Daarbij is het van belang aandacht te hebben voor wat men niet weet, en wat men ook niet kan weten. Onzekerheden over de werking van het systeem, maar ook over de toekomst kunnen immers grote invloed hebben op het handelingsperspectief.

Regelmatig wordt over het hoofd gezien dat de overheid inherent onderdeel is van het systeem en de netwerken daarbinnen. Dit klinkt logisch, maar dikwijls wordt er in beleidsdiscussies impliciet vanuit gegaan dat de overheid enkel bij interventie onderdeel wordt van het systeem. Ook een keuze om als overheid geen actieve rol te spelen bij een vraagstuk heeft wel degelijk effect. Om het systeem te leren kennen kan de beleidsmaker het niet van buitenaf bestuderen, maar moet de beleidsmaker actief deelnemen in het systeem.

Een tweede belangrijke les is dat hoewel complexiteit het onmogelijk maakt om via een gezette route tot een gewenste uitkomst te komen de overheid wel degelijk instrumenten heeft om haar rol in te vullen. Dat begint voor de overheid met bewustzijn van haar rol in het systeem en de publieke belangen die zij moet borgen. Vanuit de publieke belangen kan de overheid samen met de andere (maatschappelijke) actoren een visie op de gewenste richting formuleren. Deze visie moet de beleidsmaker dan ook scherp en duidelijk uitdragen, ook in situaties van weerstand. Dit is het begin van sturen in de dynamiek van het systeem.

De overheid moet hierbij bewust zijn van haar invloedssfeer en rol. De overheid is slechts een van de actoren van het systeem dat zich in de gewenste richting moet ontwikkelen. De beleidsmaker heeft een keuze welke rol binnen de dynamiek passend is om het systeem de juiste kant uit te sturen. De overheid kan binnen een 'policy mix' voor een ondersteunende rol kiezen en enkel andere actoren aansporen tot actie, maar kan ook kiezen voor een meer actieve rol met instrumenten zoals wet- en regelgeving of zelf taken uitvoeren.

Uniek voor de rol van de overheid ten opzichte van andere actoren is de systeemverantwoordelijkheid die de overheid draagt. Complexe systemen kunnen snel en onverwacht leiden tot uitkomsten die maatschappelijk onwenselijk zijn. De overheid draagt de verantwoordelijkheid om te proberen deze uitkomsten te voorkomen door een gezonde en veerkrachtige systeemwerking te faciliteren. Dit vraagt van de overheid om grenzen af te bakenen waarbinnen het systeem zou moeten bewegen en om deze te bewaken. Complexiteit leert echter ook dat dit vaak niet kan door enkel harde grenzen (bijv. regels) te stellen en erop te vertrouwen dat deze grenzen gerespecteerd worden. Aanpassingen van de systeemstructuur, zoals het stellen van randvoorwaarden, zullen (in de tijd) dynamisch moeten zijn om de dynamiek van het systeem te kunnen weerstaan of juist in de gewenste richting te laten bewegen. Naast regelgeving kunnen de grenzen dus ook tot uiting komen in robuustheidsmaatregelen. Bij natuur- en waterbeleid zijn zowel de aanleg van dijken en de ruimte voor overstroming in de uiterwaarden daar goede voorbeelden van. Ook de eerder genoemde kapitaalbuffers (onderdeel Basel III) voor banken sluiten hier op aan.

Een derde les leert dat er zeer diverse manieren zijn waarop een beleidsmaker het systeem kan beïnvloeden. De kunst is daarbij de dynamiek van het systeem te benutten om dit in de gewenste richting in beweging te krijgen. Instrumenten hiervoor zijn bijvoorbeeld klassieke beleidsinstrumenten zoals financiële prikkels (subsidies). Ook in een complexe omgeving kunnen deze 'ouderwetse' instrumenten prima werken als de context juist is. Deze instrumenten blijven dus een belangrijk deel van de 'policy mix' van de overheid.

Additioneel kan ook nieuw handelingsrepertoire worden ontwikkeld waarbij complexiteit creatief gebruikt kan worden om nieuwe oplossingen te bedenken voor maatschappelijke vraagstukken. Een direct verband tussen een impuls aan het systeem en het gewenste eindresultaat is niet noodzakelijk voor een positief resultaat. Klassiek is hierbij het voorbeeld van de (her)introductie van de wolf in Yellowstone National Park waardoor een geheel ecosysteem ging floreren. Dit voorbeeld is ook de inspiratie voor het handelingsperspectief in het artikel van Kupers. Systemen functioneren niet geïsoleerd en kleine veranderingen kunnen grote gevolgen hebben. Kupers stelt dat door te beginnen bij 'driverless car' mogelijk cascade effecten kunnen worden gecreëerd die de energietransitie versnellen.

Een belangrijke notie hierbij is dat nieuw beleid al lang niet meer op de tekentafel te maken is omdat niet op voorhand vaststaat wat werkt en wat niet werkt. De veranderende context vraagt in veel gevallen maatwerk. Daarom is er een grote behoefte aan experimenteeruimte waardoor oplossingsrichtingen eerst kunnen worden uitgetoetst en getest op kleine schaal, bijvoorbeeld in de vorm van proeftuinen, testfaciliteiten, proeffabrieken, experimentele regelgeving of beleidsexperimenten.

Een vierde les betreft het zoek- en leerproces, zowel voor de overheid als voor private partijen en maatschappelijke organisaties. Naast het doen is reflectie onlosmakelijk onderdeel van de beleidsaanpak. Naast experimenteeruimte vraagt dit om flexibiliteit. Het werk van een beleidsmaker eindigt niet bij de introductie van een nieuw beleidsinstrument. Causale verbanden zijn niet altijd evident. In een complexe wereld is het niet alleen vooraf onduidelijk wat werkt, maar kunnen er ook veranderingen optreden waardoor wat vroeger werkte nu niet langer werkt. Steeds wordt maatwerk gevraagd. De overheid moet daarom alert de ontwikkelingen in het systeem monitoren en bewegingen volgen om te zien of het betreffende maatschappelijke vraagstuk zich in de gewenste richting ontwikkelt. Dit vraagt een cultuur van constante reflectie.

Het artikel van Vogelesang laat hier een aantal lessen uit de praktijk van systeeminnovaties zien. Belangrijke elementen bij het evalueren in een complexe omgeving zijn het zichtbaar maken van resultaten en de kwaliteit van het leerproces. Zij benadrukt het belang om vooraf de interventielogica (*Theory of Change*) van projecten goed te doordenken en te documenteren om voortgang adequaat te kunnen monitoren. Goede kennis van het systeem en duidelijke interventielogica leiden tot een beeld van de knelpunten en eventuele sleutelprocessen in het systeem. Beleid kan dan worden beoordeeld op de mate waarin knelpunten en sleutelprocessen in het systeem in beweging zijn gebracht. Succesvol beleid moet leiden tot zichtbare veranderingen in een richting.

Als blijkt dat de oplossing op complexe vraagstukken niet dichterbij komt moet het mogelijk zijn om de beleidsaanpak aan te passen. Om dat mogelijk te maken is flexibiliteit gevraagd van zowel de overheid als van de overige actoren in het systeem. Effectief bijsturen begint echter al bij het ontwerp van beleid. Het inzicht dat aanpassen zeer vermoedelijk nodig is, moet er toe leiden dat in het ontwerp van beleid al meer aandacht is om dit zo flexibel en open mogelijk vorm te geven.

Ook hierbij moeten beperkingen in acht genomen worden. Het zal in een context van complexiteit niet altijd mogelijk blijken om causaliteit aan te tonen, zeker als heldere indicatoren ontbreken. Hoewel het streven naar bewezen effectief beleid belangrijk is betekent onbewezen niet dat beleid ineffectief is.

Omgeving overheid

Complexiteit daagt naast de (rijks)overheid en de beleidsmaker ook zijn omgeving uit om te vernieuwen en effectiever handelen mogelijk te maken. Vooruitstrevende beleidsmakers, die al met een complexe aanpak aan de gang zijn, ervaren dat de politieke context beperkend kan zijn. In de politieke context wordt veelal getracht om onzekerheid zoveel mogelijk uit te sluiten. Onkenbaarheid wordt als onmogelijk en onwenselijk ervaren. Dit leidt er toe dat onzekerheden genegeerd worden en maatregelen met betrekking tot veerkracht niet van de grond komen. Die zijn immers onnodig in een (veronderstelde) omgeving zonder onzekerheden. Ook in de politieke context zal afrekening op basis van veranderingen in de knelpunten en sleutelprocessen van systemen meer de norm moeten worden voor succesvol beleid.

Ook de boodschap dat experimenteren noodzakelijk en wenselijk is, stelt de politiek voor uitdagingen. Experimenteeruimte impliceert dat er ook maatregelen genomen zullen worden die niet blijken te werken. Afrekenen op traditionele doel-middel relaties remt de bereidheid tot experimenteren. Dit werkt uiteraard ook door in de bereidheid om beleid aan te passen. Een flexibele aanpak waarbij bijsturen mogelijk is, wordt onaantrekkelijk als bijsturen als falen wordt gezien.

Naast de politieke context moet ook naar de juridische context gekeken worden. Een voorbeeld is de wetgeving omtrent afval. Nog altijd wordt hergebruik van afval bemoeilijkt omdat wetgeving afval een andere status geeft dan andere grondstoffen en daarmee niet vrijelijk is te gebruiken in productie. Wet- en regelgeving beschermt dus in veel gevallen de bestaande orde en maakt het daarmee moeilijk om het systeem in beweging te krijgen. De SG van EZ signaleerde dit al toen hij in 2015 in zijn nieuwjaarsartikel opriep

tot toekomstbestendige regelgeving. Ook experimenteren en interventies om het systeem te helpen zijn vaak juridisch problematisch.

Als laatste is ook de invulling van de klassieke rol van de ambtenaar aan herijking toe. Onafhankelijk, neutraal en objectief zijn onderdeel van de kernwaarden van de ambtenaar en worden ingevuld door het stellen van harde regels over het handelen van ambtenaren. De regels zijn echter niet opgesteld vanuit het besef dat de overheid onderdeel van het systeem is. Het gevaar bestaat dan ook dat de regels te knellend zijn en onvoldoende bewegingsruimte laten.

Handelingsperspectief

Het doel van deze bundel is om het denken over complexiteit binnen de overheid een stap verder te brengen en beleidsmakers meer grip en handelingsrepertoire te geven in de omgang met complexe vraagstukken. De inzichten uit de verschillende artikelen geven een aantal belangrijke noties voor beleid. In deze reflectie is daarnaast stilgestaan bij vier lessen die bijdragen aan een concreet handelingsperspectief voor beleidsmakers. Uit deze lessen zijn een aantal oriëntaties voor de beleidsmaker gededuceerd om een verdere impuls te geven aan het omgaan met complexiteit binnen de overheid. Hiermee is de discussie over de omgang met complexiteit nog verre van beslecht. Wel kan het een begin zijn van een ontwikkeling om beter beleid te ontwikkelen dat optimaal gebruik maakt van de kansen en uitdagingen die complexiteit biedt.

Oriëntaties voor de beleidsmaker

Beleid maken in een complexe omgeving is ten alle tijden maatwerk. Bij ieder systeem, en iedere positie of verantwoordelijkheid binnen het systeem, past een aparte aanpak. Deze aanpak ontwikkelt de beleidsmaker zelf door op de volgende dimensies voortdurend actief te zijn:

- **Ben je bewust van de complexiteit, herken de interacties en wees onderdeel van het systeem**
Ben je als beleidsmaker bewust wanneer je met complexiteit te maken hebt en wanneer niet. In een complexe omgeving is de dagelijkse maatschappelijke werkelijkheid er een van deels onkenbare en onvoorspelbare verwevenheid van actoren en ontwikkelingen. Dit vraagt om een brede analyse van het krachtenveld en de netwerken waarmee het systeem scherp in beeld gebracht wordt met oog voor beweging en processen die de richting van het systeem bepalen (sleutelprocessen). De overheid is onderdeel van het systeem en de netwerken. Participatie in het systeem is noodzakelijk om het systeem te leren kennen.

Geschiedenis en padafhankelijkheid zijn relevant bij het doorgronden van de dynamiek. Er is geen weg terug, maar enkel een ontwikkeling vanuit de huidige situatie die in de goede richting gestuurd kan worden. Door alert te zijn op de zelforganisatie in het systeem en de emergentie van gedragspatronen kun je vinger aan de pols houden.

Complexe adaptieve systemen zijn contextspecifiek, afhankelijk van externe invloeden en niet volledig te kennen. De toekomst is fundamenteel onzeker. Fouten zijn onvermijdelijk en daarom is adaptief beleid gevraagd.

• **Systeemgovernance, zoom uit**

Op systeemniveau wordt een gezamenlijk proces georganiseerd om het geheel van verbindingen en processen in het systeem in de goede richting te laten bewegen (systeemgovernance). Het is essentieel dat de overheid weet wat ze komt doen en wil bereiken. Vanuit het eigen verhaal en verantwoordelijkheid komt een scherp doel en positie in het systeem. Welke soort verandering is gewenst? Een (regime)omslag, het juist voorkomen van een omslag, of enkel het systeem meer in z'n kracht zetten omdat het al de goede kant uit gaat? Het uitdragen van een scherp verhaal vraagt binnen de overheidsorganisatie handelingsruimte en mandaat. Beleidsmakers moeten blijven schakelen tussen buiten en binnen en werken daarbij ook samen in de beleidsketen met andere overheden en overheidsinstanties.

De ontwikkeling van een gezamenlijk verhaal op de gewenste richting waarin het systeem zich zou moeten ontwikkelen staat centraal. Voor de overheid gaat dat over de borging van publieke belangen. Bepaal je meerwaarde in het systeem en ga van daaruit de dialoog en samenwerking aan. Doelstellingen kunnen maatschappelijke actoren uitdagen. Een gedeeld urgentiegevoel dat er iets moet veranderen of worden opgelost, is belangrijk voor het draagvlak en het vermogen van het systeem om te veranderen. Het systeem moet de oplossingen kunnen ontwikkelen en bestendigen. De overheid formuleert hierbij grenzen en bewaakt deze met oog en ruimte voor dynamiek en onzekerheid.

Een systeemverandering is een moeilijk en tijdrovend proces met weerstanden binnen het systeem. De overheid moet dan soms ook een harde positie durven te kiezen om een lock-in te doorbreken.

• **Systeeminterventies, zoom in**

Binnen het systeem kan de beleidsmaker op een slimme manier de dynamiek in de gewenste richting prikkelen (systeeminterventies). Het begint met identificeren van

sleutelprocessen en mogelijke interventies. Daarbij is ruimte voor het zelforganiserend vermogen en de innovatieve krachten binnen het systeem belangrijk. Aansluiten bij bewegingen/gedragspatronen die al de goede kant uitwerken is een effectieve manier om dynamiek te gebruiken. Relaties en verbindingen binnen en tussen netwerken, met goede feedback loops zijn daarbij belangrijk net als kleine signalen, kleine veranderingen en mogelijke kantelpunten.

Een beleidsmaker werkt gelijktijdig met verschillende actoren, op verschillende niveaus, en in verschillende fases van de gewenste systeembeweging. Daarbij moet de werkwijze passen bij de situatie en voortdurend de koppeling worden gezocht tussen systeeminterventie en systeemgovernance.

De betrokkenheid van de beleidsmaker bij systeeminterventies is vaak tijdelijk. Het systeem moet uiteindelijk zelf functioneren. Een belangrijk knelpunt zijn daarbij activiteiten die niet bijdragen aan de gewenste richting van het systeem. Stoppen is belangrijk, maar gebeurt vaak niet, vanwege de harde keuzes en verliezers.

- **Leer en vernieuw**

Werken in een complexe omgeving is een combinatie van handelen en reflectie. Dat vraagt om een aanpak waarbij voortdurend vinger aan de pols wordt gehouden en gekeken wordt of ontwikkelingen de juiste richting in gaan. Dat stelt beleidsmakers en andere (maatschappelijke) actoren in staat om te leren en bij te sturen. Nieuwe manieren om de voortgang van interventies en ontwikkelingen in het systeem te monitoren zijn noodzakelijk. Deze zouden zich kunnen richten op de mate waarin de systeemstructuur wordt aangepast, knelpunten worden opgelost, gewenste feedback mechanismen worden hersteld en sleutelprocessen worden beïnvloed.

Adaptief beleid is noodzakelijk en de beleidsmaker moet daarom alert zijn op opkomende opties voor verandering, zogenoemde weak signals. Beleid moeten tijdig worden aangepast, want elk onderdeel van het systeem blijft zichzelf vernieuwen. Meer flexibiliteit in beleid vergroot het leervermogen van de overheid. De overheid vernieuwt dus zelf ook.

Dank

De aanleiding tot deze bundel is dat beleidsmakers steeds vaker voor de uitdaging komen te staan om te acteren in complexe situaties. Leren omgaan met deze complexiteit en onzekerheid is een kunst, maar biedt ook kansen. De verkenning van de verschillende perspectieven op complexiteit en van daaruit de dialoog met de beleidspraktijk heeft geleid tot een aanzet tot een meer adaptieve beleidsaanpak, waarvan het voorliggende resultaat een weerslag is. We zijn heel blij dat we in de gelegenheid zijn gesteld dit ook in een infographic weer te geven. Een verkenning doe je echter niet alleen.

Allereerst willen we natuurlijk de auteurs van de inleiding (Martijn van de Steen, Nancy Chin-A-Fat en Mark van Twist) en de zeven essays (Rob Buiten, Albert Faber, Koen Frenken, Marko Hekkert, Lex Hoogduin, Annemarth Idenburg, Roland Kupers, Geert Teisman en José Vogelesang) van harte bedanken voor hun enthousiasme en onmiddellijke bereidheid om aan de bundel mee te werken. Ook de inspirerende gesprekken tussen de auteurs en de EZ-practitioners hebben in grote mate bijgedragen aan de oriëntaties die we in de reflectie hebben opgenomen.

Deze bundel is een co-productie van de directie Algemene Economie Politiek en DG Bedrijfsleven en Innovatie. Theo Roelandt was daarbij klankbord en inspirator, met speciale aandacht voor de vernieuwing op het gebied van evaluatie en monitoring.

Andere belangrijke direct betrokkenen die ons scherp hielden en zeer waardevolle bijdragen leverden waren Dick Koelega, Sjef Ederveen, Hans Rutten en Victor Joosen. Jullie veel dank daarvoor.

Verder danken we de EZ-brede groep van practitioners vanuit de verschillende DG's en RVO, collega's die in hun werk dagelijks met complexiteit te maken hebben en al eerder innovatieve aanpakken en werkwijzen hebben ontwikkeld. Gul deelden zij hun inzichten en ervaringen maar maakten ook duidelijk dat er op organisatiegebied nog uitdagingen ter vernieuwing liggen. Dank aan Paul Boeding, Martin Lok, Aart Dekkers, Tim Verhoef, Peter Schmeitz, José Andringa, Caroline van Leenders, Evelien van de Veer, Janneke Timmerman, Rosa van der Linden, Stephan Jenniskens, Gerard Grimberg, Leo Oprel, Annick de Vries, Sander Kes en Joost Backx (RWS).

Het mooie resultaat was niet mogelijk zonder de creatieve samenwerking met Wageningen University & Research (WUR) voor de infographic en de vormgeving van deze bundel. Beelden zijn een belangrijk onderdeel van het verhaal dat je wilt vertellen.

Sil Traas, Petra Siebelink en Gea Hogeveen, jullie bijdrage en meedenken was inspirerend. Vanuit het programma Kennis op Maat heeft DGA&N (Peter Hilgen) de ontwikkeling van de infographic in deze bundel mogelijk gemaakt.

Onverwachte reisgenoten waren collega's van het ministerie van Veiligheid en Justitie die op het gebied van de aanpak van criminele jeugdbendes reeds een passende beleidsaanpak over overheidslagen heen hebben ontwikkeld. Friso Landstra en Peter Winkelman, jullie enthousiasme was inspirerend en van gedeelde inzichten en ervaringen hebben we dankbaar gebruik gemaakt. We hopen dat we gezamenlijk een meer rijksbrede ontwikkeling in gang kunnen zetten.

Referenties

Sturing en complexiteit: leren door doen | Mark van Twist, Martijn van der Steen & Nancy Chin-A-Fat

- 1 Stichweh, R. Systems theory.
- 2 Strijbos, S. (1988). Het technische wereldbeeld. Een wijsgerig onderzoek van het systeemdenken. Amsterdam, Buijten & Schipperheijn.
- 3 Von Bertalanffy, L. (1968). General System Theory. Foundations, developments, applications. New York: George Braziller.
- 4 Senge, P. (1990). The Fifth Discipline: The art and practice of the learning organization. New York: Doubleday/Currency; Drost, V., A. Hany, N. Terpstra, G. Velt, D. Wiering en G. Wilkens (2016). Tussen stad en systeem. Vluchtelingen in de modern metropool. Den Haag: NSOB.
- 5 Vermeylen, S. en A. Heene (1999). De stille kracht van de onderneming. Competentiedenken in strategisch management. Tielt, Uitgeverij Lannoo.
- 6 Coenders, M. (2008). Leerarchitectuur. Een exploratief onderzoek naar de relatie tussen ruimte en leren in werksituaties en het ontwerpen voor leren dichtbij de praktijk. Delft, Eburon.
- 7 Geyer, F. en J. van der Zouwen. Norbert Wiener and the social sciences. URL: <http://www.critcrim.org/redfeather/chaos/024Weiner.htm>. Geraadpleegd op 20 december 2016.
- 8 System Dynamics Society. Introduction to system dynamics. URL: <http://www.systemdynamics.org/what-is-s/>. Geraadpleegd op 30 november 2016.
- 9 Bouwen, R., K. de Witte en J. Verboden (red) (1996). Organiseren en veranderen. Leuven/Apeldoorn: Garant.
- 10 Willemse, J. Sociaal-agogisch basiswerk. Anders kijken. Een breder zicht op menselijk gedrag. Theorie en praktijk van de systeembenadering. Houten, Bohn Stafleu van Loghum.
- 11 Von Foerster (1974), Cybernetics of Cybernetics, Urbana Illinois: University of Illinois. OCLC 245683481.
- 12 Seidl, D. (2004). Luhmann's theory of autopoietic social systems. Münchner betriebswirtschaftliche Beiträge, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- 13 Seidl, D. (2004). Luhmann's theory of autopoietic social systems. Münchner betriebswirtschaftliche Beiträge, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- 14 Seidl, D. (2004). Luhmann's theory of autopoietic social systems. Münchner betriebswirtschaftliche Beiträge, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- 15 Snowden, D. J., & Boone, M. E., A leader's framework for decision making. In: Harvard Business Review, 2007, 85(11), 68. Zie ook: <http://cognitive-edge.com>. Zie ook: Complexity and Organizational Reality: Uncertainty and the need to rethink management after the collapse of investment capitalism. Routledge, London 2010. Zie ook: Van der Steen, M., Tijdig bestuur: strategisch omgaan met voorspelbare verrassingen, NSOB, Den Haag, 2016.

Sturen op transitie: van utopie naar stapsgewijze voortgang | Albert Faber en Annemarth Idenburg

1 Deze tekst is op persoonlijke titel geschreven.

Australian Public Service Commission (2007). *Tackling wicked problems, a public policy perspective*. Australian Government, Canberra.

Bertalanffy, L. von (1950) 'An outline of general system theory', *The British journal for the philosophy of science* 1 (2): 134-165.

Boutellier, H. (2011). *De improvisatiemaatschappij*. Boom, Den Haag/Amsterdam.

Buckley, W. (1968). 'Society as a complex adaptive system' in W. Buckley (ed.), *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*, Chicago, IL: Aldine Publishing Company.

Bunt, L., en C. Leadbeater (2012). *The art of exit, in search of creative decommissioning*. NESTA, Londen.

DNB (2016). *Tijd voor transitie, een verkenning van de overgang naar een klimaatneutrale economie*. De Nederlandsche Bank (occasional studies vol. 14-2), Amsterdam.

Dolphin, T. and D. Nash (eds.) (2012). *Complex new world. Translating new economic thinking into public policy*. Institute for Public Policy Research: Londen.

Foster, J. (2005). 'From simplistic to complex systems in economics'. *Cambridge Journal of Economics* 29: 873-892.

Guardian (2010). 'James Lovelock: Humans are too stupid to prevent climate change'. Leo Hickman, The Guardian 29 maart 2010.

Geyer, R., en S. Rihani (2010). *Complexity and Public Policy. A new approach to 21st century politics, policy and society*. Routledge, Londen.

Grin, J., H. van de Graaf en P. Vergragt (2003). 'Een derde generatie milieubeleid: Een sociologisch perspectief en een beleidswetenschappelijk programma'. *Beleidswetenschap* 17 (1): 51-72.

Gunsteren, H. van (2002). *Stoppen*. Van Gennep, Amsterdam.

Gunsteren, H. van (2006). *Vertrouwen in de democratie, over de principes van zelforganisatie*. Van Gennep, Amsterdam.

Hajer, M. (2011). *De energieke samenleving, op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie*. PBL, Den Haag/Bilthoven.

Hayek, F. (1944). *The Road to Serfdom*. Routledge, Londen/New York.

Hayes, M.T., (2001), *The Limits of Policy Change. Incrementalism, Worldview and the Rule of Law*. Georgetown University Press, Washington.

Jones, D. (2015). 'Wars without end'. *Nature* 519: 148-150.

Kauffman, S.A. (1993). *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press, New York/Oxford.

Kauffman, S.A. (1994). *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*. Oxford University Press, Oxford.

Klijn, E.H. (2008). 'Complexity theory and public administration: what's new?' *Public Management Review* 10 (3): 299-317.

Klijn, E.H., en I. Snellen (2009). 'Complexity theory and public administration, a critical appraisal.' In: Teisman et al., pp. 17-36.

Köper, N. (2012). *Verslaafd aan energie. Waarom het Nederland niet lukt schoon, zuinig en duurzaam te worden*. Business Contact, Amsterdam/Antwerpen.

Kupers, R., A. Faber en A. Idenburg (2015). *Wie is de wolf? Een systeemblik op de Nederlandse energietransitie*. <http://goo.gl/JESvMr>

Latesteijn, H. van, (2015) *Ontwerpeisen voor de relatie tussen kennis en duurzaamheidsbeleid*. WRR (working paper no. 11), Den Haag.

Lindblom, C. (1959). 'The science of muddling through'. *Public Administration* 19: 79-88.

Margalit, A. (1996). *The decent society*. Harvard University Press, Cambridge (MA).

McKibbin, B. (2016). 'A world at war'. *New Republic*, 15 augustus 2016. <https://goo.gl/Y4xfUH>

Mitchell, M. (2009). *Complexity, a Guided Tour*. Oxford University Press, Oxford.

Mitchell, S.D. (2009). *Unsimple truths. Science, complexity and policy*. ...

Mowery, D.C., R.R. Nelson en B.R. Martin (2010). 'Technology policy and global warming: why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work)', *Research Policy* 39 (8): 1011-1023.

Muilwijk, H. en A. Faber (2015). *Grenzen voorbij. Handelingsperspectieven in het Antropoceen*. WRR (working paper no. 8), Den Haag.

Olsen, M. (1982). *The rise and decline of nations. Economic growth, stagflation and social rigidities*. Yale University Press, New Haven/Londen.

Popper, K. (1945). *De open samenleving en haar vijanden*. Rotterdam: Lemniscaat (Nederlandse editie 2009).

Ramalingam, B. (2013). *Aid on the Edge of Chaos*. Oxford University Press, Oxford.

Rittel, H.W.J. en M.M. Webber (1973). 'Dilemmas in a General Theory of Planning', *Policy Sciences* 4: 155-169.

RVS (2016). *Verlangen naar samenhang. Over systeemverantwoordelijkheid en pluriformiteit*. Raad voor Volksgezondheid en Samenleving, Den Haag.

Sarewitz, D. (2011). 'Does climate change knowledge really matter?' *WIREs Climate Change* 2 (4): 475-481.

Scharmer, C.O. (2009). *Theory U, Leading from the future as it emerges*. Berrett-Koehler Publishers: San Francisco.

Scott, J.C., (1998). *Seeing like a state: how certain schemes to improve the human condition have failed*. Yale University Press, New Haven.

Schumpeter, J.A. (1934). *The theory of economic development*. New Brunswick: Transaction Publishers (editie 1983).

Smink, M. (2015). *Incumbents and institutions in sustainability transitions*. Universiteit Utrecht (PhD thesis), Utrecht.

Shearman, D., en J.W. Smith (2007). *The Climate Change Challenge and the Failure of Democracy*. Praeger, Westport.

Steen, M. van der, (2010), 'Beleid, politiek en toekomstverkenning', pp. 201-222 In: Asselt, M.B.A. van, A. Faas, F. van der Molen en S.A. Veerman (red.), *Uit zicht, toekomstverkennen met beleid*. WRR, Amsterdam University Press, Amsterdam.

Steen, M. van der, M. van Twist, N. Chin-A-Fat, J. Schram (2014). *Van voortgang boeken naar bestemming kiezen*. NSOB, Den Haag.

Tainter, J.A. (1988). *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge University Press, Cambridge.

Teisman, G., A. van Buuren en L. Gerrits (eds.) (2009). *Managing complex governance systems. Dynamics, self-organization and coevolution in public investments*. Routledge, London.

Termeer, C.J.A.M., A. Dewulf, G. Breeman en S.J. Stiller (2015). 'Governance capabilities for dealing wisely with wicked problems', *Administration & Society* 47 (6): 680-710.

Weick, K.E. (1984). 'Small wins. Redefining the scale of social problems'. *American Psychologist* 39 (1): 40-49.

Westley, F., B. Zimmerman en M.Q. Patton (2006). *Getting to Maybe, how the world is changed*. Vintage, Canada.

Weterings, R. et al. (2013). *Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland*, Delft: TNO e.a.

WRR (2002). *Duurzame ontwikkeling, bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid*. WRR (rapport 62), Den Haag.

WRR (2006). *Lerende overheid, een pleidooi voor probleemgerichte politiek*. WRR (rapport 75), Amsterdam University Press, Amsterdam.

WRR (2012) *Vertrouwen in burgers* WRR (rapport 88), Amsterdam University Press, Amsterdam.

WRR (2016). *Langetermijn klimaatbeleid: van vrijblijvend naar verankerd*. WRR (policy brief), Den Haag.

Complex systeemdenken als ongewenste noodzaak | Geert Teisman

Pressman, J.L., A. Wildavsky, 1973, *Implementation; how great expectations in Washington are dashed in Oakland*, California

Teisman, G.R. (2005), *Publiek Management op de Grens van Chaos en Orde*, Elsevier

Teisman, G.R., E.H. Klijn (2008), Complexity theory and public management, an introduction, in *Public Management Review* 10 (3), 287-297, special issue on Complexity Theory in Public Management

Teisman G, L. Gerrits, The emergence of complexity in the art and science of governance, in *Complexity, Governance & Networks* 1 (1), 17-2

Innovatiebeleid in tijden van maatschappelijke uitdagingen | Koen Frenken &

Marko Hekkert

Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention, in: R.R. Nelson (ed.) *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: Princeton University Press.

Camps, M. (2015) Kiezen voor kansen, *Economisch-Statistische Berichten* 100 (4701), pp. 6-10.

Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2002). R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States. *Research Policy* 31(8): 1349-1367.

Centraal Planbureau (2016) Kansrijk Innovatiebeleid. Den Haag: CPB.

Freeman, C. (1987) *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.

Frenken, K. (2017) Innovation policy from a complexity-theoretic perspective, *Complexity, Governance and Networks* (special issue "Complexity, Innovation and Policy"), pp. 35-47 (open access, <http://ubp.uni-bamberg.de/ojs/index.php/cgn/article/view/41/pdf>).

Hekkert, M., Ossebaard, M. (2010) *De Innovatiemotor, het versnellen van baanbrekende innovaties*. Assen: Van Gorcum.

Hekkert, M.P., Suurs, R.A.A., Negro, S.O., Kuhlmann, S., Smits, R.E.H.M. (2007) Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74: 413-432.

Klein Woolthuis, R., Lankhuizen, M., Gilsing, V. (2005) A system failure framework for innovation policy. *Technovation* 25: 609-619.

Mazzucato, M. (2013) *The Entrepreneurial State: debunking public vs. private sector myths*, London UK: Anthem Press.

Nelson, R.R. (1974) Intellectualizing about the moon-ghetto metaphor: A study of the current malaise of rational analysis of social problems. *Policy Sciences* 5: 375-414.

Weber, M., Rohrer, H. (2012) Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. *Research Policy* 41(6): 1037-1047.

Complexiteit, Onzekerheid En (Macro-)Economisch Beleid | Lex Hoogduin

Arthur, W.B. (2015), *Complexity and the Economy*, Oxford

Beinhocker, E.D. (2007), *The Origin of Wealth*, Boston

Easley, D and Kleinberg, J. (2010), *Networks, Crowds and Markets*, Cambridge

Hayek, F.A. (1949), *Individualism and Economic Order*, London

Hayek, F.A. (1967), *Studies in Philosophy, Politics and Economics*, London

Hayek, F.A. (1978), *New Studies in Philosophy, Politics, Economics and the History of Ideas*, London

Hayek, F.A. (2014), *The Market and Other Orders*, Vol. 15, The Collected Works of F.A. Hayek, edited by Bruce Caldwell, Chicago

Hoogduin, L. (1987), "On the Difference between the Keynesian, Knightian and the "Classical" Analysis of Uncertainty and the Development of a more General Monetary Theory", *De Economist*, 135, pp. 52-65

Hoogduin, L. (1988), "On the Character of Macroeconomics, Macroeconomic Policy and Econometrics: The Need for Another Macroeconomic Policy Conception", *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, 164, pp. 105-125

Hoogduin, L. (1991), *Some Aspects of Uncertainty and the Theory of A Monetary Economy*, Groningen

Karner, M. (2014), *Biological Models for Business*, Singapore

Keynes, J.M. (1921), *A Treatise on Probability*, The Collected Writings of John Maynard Keynes, vol. VIII, London

Keynes, J.M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest and Money*, The Collected Writings of John Maynard Keynes, vol. VII, Chapter 12

Keynes, J.M. (1937), "The General Theory of Employment", The Collected Writings of J.M. Keynes, Vol. XIV, pp. 109-124, London

King, M. (2016), *The End of Alchemy*, London, Chapter 4

Knight, F.H. (1921), *Risk, Uncertainty and Profit*, Boston

Kregel, J.A. (1976), "Economic Methodology in the Face of Uncertainty", *Economic Journal*, 86, pp. 209-225

Kurtz, C.F. (2014), *Working with Stories in Your Community or Organization*. Participatory Narrative Inquiry, 3rd edition

Mitchell, M. (2009), *Complexity. A Guided Tour*, Oxford

Shackle, G.L.S., (1955), *Uncertainty in Economics*, Cambridge

Scheffer, M. (2009), *Critical Transitions in Nature and Society*, Princeton

Von Mises, L. (2006), *The Ultimate Foundation of Economic Science*, Indianapolis

Von Mises, L. (2012), *Human Action*, New Haven

Waldorp, M. M. (1992), *Complexity. The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, New York

Wilkinson, A. and Kupers, R. (2014), *The Essence of Scenarios. Learning from the Shell Experience*, Amsterdam

Een complexiteitslens op de Nederlandse Energietransitie | Dr. Roland Kupers

- 1 B. Coates (2015). 'How green is Holland? From carbon emissions to climate change', The Independent, September 21st.
- 2 Jean-Claude Trichet (2010), *Reflections on the nature of monetary policy non-standard measures and finance theory*, Opening address at the ECB Central Banking Conference, Frankfurt, 18 November 2010.
- 3 Maarten Camps, *Onzekere wegen naar welvaart*, ESB Jaargang 101 (4725) 7 Jan. 2016
- 4 Carlo Jäger, Roland Kupers et al, *A New Growth Path for Europe Generating Prosperity and Jobs in the Low-Carbon Economy*, A study commissioned by the German Federal Ministry for the Environment, ECF 2011
- 5 Nicholas Stern, Current climate models are grossly misleading, *Nature* 408, Vol. 530, 25 Feb. 2016
- 6 Paul Krugman (2016), *The state of macro is sad (wonkish)*, New York Times August 12th.
- 7 Joshua Epstein (2008). Why Model? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 11 (44): 12.
- 8 David Colander et al, *The Financial Crisis and the Systemic Failure of Academic Economics*, The Dahlem report 2009.
- 9 Robert Repetto, Duncan Austin, *The costs of climate protection: A guide for the perplexed*, World Resources Institute 1997

- 10 RLI, *Opgaven voor duurzame ontwikkeling: Hoofdlijnen uit vier jaar advisering door de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur*, juli 2016
- 11 David Colander and Roland Kupers, *Complexity and the Art of Public Policy – Solving Society's problems from the Bottom-up*, Princeton University Press 2014.
- 12 Roland Kupers, Albert Faber en Annemarth Idenburg, *Wie is de Wolf? Een systeemblik op de Nederlandse Energietransitie*, RKC en WRR 2015.

Systeeminnovaties 2.0 | Dr. ir. José V.M. Voegelzang

- 1 Een transitie is een breed in de maatschappij ingrijpende omslag die dertig tot vijftig jaar tijd nodig heeft om haar beslag te krijgen. <https://www.ser.nl/nl/publicaties/adviezen/2000-2009/2001/b20003.aspx>
- 2 Transitie Duurzame energiehuishouding (Min. EZ), Transitie Duurzame mobiliteit (Min. V&W), Transitie Biodiversiteit en Natuurlijke hulpbronnen (DGIS), Transitie Duurzame landbouw (Min. LNV), Coördinatie door Ministerie VROM
- 3 Kaderbrief 2001, Systeeminnovatie plantaardige productiesystemen
- 4 Magazine Syscope 1, De toekomst naar voren halen, 2003
- 5 Magazines Syscope 1 t/m 32, 2003-2013
- 6 Wijnands and Voegelzang, 2009. *Two complementary transition pathways: supporting strategies for innovation towards sustainable development in Dutch agriculture*
- 7 Helga Nowotny, Peter Scott and Michael Gibbons, 2001. *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*
- 8 <http://equal-partners.eu/nl/nieuws/cop21-overeenkomst>
- 9 <http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>
- 10 <https://vragen.wetenschapsagenda.nl/routes-view>
- 11 Rotmans, J., 2003. *Transitiemanagement: sleutel voor een dynamische samenleving*.
- 12 Plantaardige sectoren: Vernieuwing en verweving (open teelten, 2004), Innovatie voor intensivering (beschermde teelten, 2004), Vernieuwing van verbreding (multifunctionele bedrijfssystemen, 2004)

- 13 Veehouderijsectoren: Houden van Hennen (2004), Kracht van Koeien (2009), Varkansen (2010), Pluimvee met Smaak (2011), Well-Fair Eggs (2011), Konijnen op Koers (2012), Vooruit met de Geit (2013)

14 <http://www.wur.nl/nl/show/Kracht-van-Koeien-1.htm>

15 <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/351136>

16 Grin, J., 2006. *Elk speelt zijn rol en krijgt zijn deel. Van consensus en compromis naar creatieve congruentie*.

17 Syscope Extra, 2007. *Leren in netwerken*.

18 Voegelzang et al. 2009. *Learning in networks in Dutch agriculture: stimulating sustainable development through innovation and change*.

19 Syscope Extra, 2008. *Monitoring & Evaluatie*.

20 Keystone, 2002. *Developing a theory of change+ a framework for accountability and learning for social change*.

21 OECD (2015), *Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in the Netherlands*, OECD Food and Agricultural Reviews, OECD Publishing, Paris.

22 Dunijsanalyse Wageningen Research (2016), *Risico's voor EZ als gevolg van afnemende onderzoeksfinanciering*.

23 Kiezen voor duurzame groei (2016), Rapport Studiegroep Duurzame Groei

24 <http://www.wetenschapsagenda.nl/1-miljard-extra-voor-onderzoek-en-innovatie/>

Gefluister voor de storm | Rob Buiter

Complexity theory and financial regulation, Economic policy needs interdisciplinary network analysis and behavioral modeling, Battiston et al, *Science* 351
DOI 10.1126/science.aad0299

Anticipating Critical Transitions, Scheffer et al., *Science* 338
DOI 10.1126/science.1225244

Foreseeing tipping points, Marten Scheffer, *Nature* 467
DOI:10.1038/467411a

Colofon

Uitgave

Ministerie van Economische Zaken

Teksten

Inleiding: Martijn van de Steen, Mark van Twist, Nancy Chin-A-Fat en de

Essays: Rob Buiters, Albert Faber, Koen Frenken, Marko Hekkert, Lex Hoogduin, Annemarth Idenburg, Roland Kupers, Geert Teisman en José Vogelezang

Reflectie: Mark te Pas en Vera Minten, Directie Algemene Economische Politiek

Redactie essays: TopRedactie /Gieneke Nijhof

Samenstelling en projectmanagement

Vera Minten en Mark te Pas, Directie Algemene Economische Politiek

Grafische vormgeving en infographic

Wageningen University & Research, Communication Services

Infographic: Petra Siebelink

Redactie: Vera Minten en Sil Traas

Traffic: Gea Hogeveen

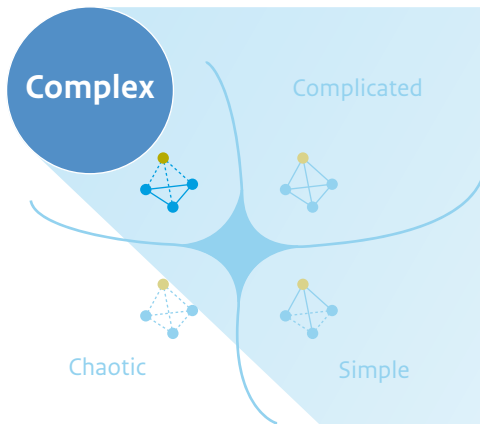
Drukwerk

Xerox

Oplage

400 exemplaren

Den Haag, april 2017



Oriëntaties

Beleed maken in een complexe omgeving is ten alle tijden maatwerk. Bij ieder systeem, positie of verantwoordelijkheid, wordt een passende aanpak ontworpen. Deze aanpak ontwikkelt zich door op de volgende dimensies voortdurend actief te zijn:

Bewust zijn van complexiteit, wees onderdeel van het systeem

Systemegovernance, zoom uit

Systemeinterventies, zoom in

Leer en vernieuw

Verkenning complex adaptief systeem

Een complex adaptief systeem is in zijn geheel niet te kennen maar voldoet in grote lijnen aan de volgende kenmerken:

- Systeem is organisch, wordt vanwege de verwevenheid en samenhang tussen de componenten als geheel beschouwd.
- Is een open systeem, enerzijds interacties met de omgeving en anderzijds ook onderlinge interacties en wederzijdse afhankelijkheid.
- Deze interacties staan niet vast maar zijn in beweging, de dynamiek is onvoorspelbaar en onkenbaar.
- Het systeem bevindt zich in een toestand tussen orde en chaos, onzekerheid is een inherent kenmerk van dit systeem.
- Wel is het mogelijk om enige regelmaat en samenhang (coherentie) in de terugkerende bewegingen (patronen) te onderscheiden.
- Er is sprake van zelforganisatie en co-evolutie, het systeem is in zichzelf lerend en adaptief.
- Kenmerken zijn verder multicausaliteit, emergentie, en padafhankelijkheid. Zij zijn medebepalend voor de dynamiek en de richting waarin het systeem zich ontwikkeld.