



INTERMEZZO

**GEDRAG VAN
SYSTEMEN**



Kennis over het gedrag van maatschappelijke systemen helpt ons om transities beter te begrijpen. Modellen die beschrijven hoe systemen zich gedragen en hoe ze reageren op een impuls tot transitie, bieden ondersteuning. Op basis van die inzichten kan het beleid tot een afgestemde mix van systeemoplossingen komen.

Systemen in evenwicht en transitie-impulsen

Wereldwijd zijn samenlevingen snel en ingrijpend aan het veranderen. Aan de basis daarvan liggen mondiale ontwikkelingen – megatrends – en kiemende innovaties ('niches'), die de bestaande situatie in vraag stellen ('druk'). Maar er zijn ook interne spanningen in de dominante en stabiele configuratie van de maatschappelijke systemen ('regimes').

Zo worden de effecten van de ophoping van broeikasgassen in onze atmosfeer globaal meer en meer zichtbaar. Nieuwe technologieën gebaseerd op niet-fossiele, hernieuwbare bronnen steken de neus aan het venster. Zij leggen de basis voor de verandering van diverse maatschappelijke systemen, waaronder energie en mobiliteit. Maar ook de interne spanning in bestaande systemen wordt alsmat duidelijker. De lage kost van ons op fossiele brandstof gebaseerde mobiliteitssysteem leidt bijvoorbeeld tot files en nadelige gezondheidseffecten. Kortom: er is sprake van een 'transitie-impuls', die ertoe aanzet om de bestaande toestand te verlaten.

Elk maatschappelijk systeem – en dus ook energie, mobiliteit en voeding – bestaat uit menselijke actoren, instituties en infrastructuren die met elkaar en met de omgeving interageren. Wanneer een systeem in evenwicht is, zijn intern heel wat processen actief om het in die toestand te houden. Interne en externe prikkels leiden in eerste instantie niet tot verandering; het systeem is robuust genoeg om er weerstand aan te bieden. Omwille van gevestigde belangen, gemaakte investeringen en schaalvoordelen wordt de bestaande stabiele toestand zo lang mogelijk aangehouden ('inertie'). Maar wanneer prikkels aanhouden en sterker worden, kan een kantelpunt worden bereikt. Kleine wijzigingen of storingen kunnen dan leiden tot onverwacht grote en snelle veranderingen van het systeem. Het systeem verlaat dan zijn stabiele toestand en herconfigureert zich relatief snel (op een termijn van enkele decennia) naar een nieuw evenwicht. De impuls leidt op die manier tot een transitie.

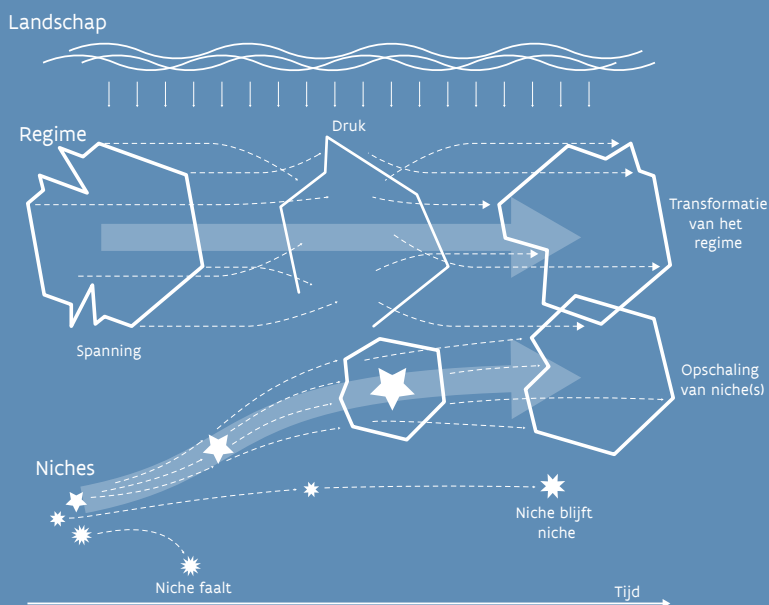
Transitie als gevolg van interacties tussen regime, niches en landschap

De studie van de complexiteit van systemen ontwikkelde zich vooral sinds de tweede helft van de twintigste eeuw. Nieuwe inzichten in de natuurwetenschappen over chaotisch gedrag en de zelfordening van systemen speelden daarin een belangrijke rol. Zo blijken niet alleen hele ecosystemen, maar zelfs bepaalde eencelligen zich in bepaalde omstandigheden te organiseren tot een systeem (het organisme) op basis van vrij eenvoudige interacties tussen individuele cellen. Dat zorgt ervoor dat het systeem zich vlot kan aanpassen aan veranderende omstandigheden en zelfs schokken. Dat complexe aanpassingsgedrag werd intussen herkend in tal van biologische en sociale systemen: van termietenkolonies tot financiële markten. Op basis van die inzichten wil het systeemdenken begrijpen hoe maatschappelijke systemen zich gedragen wanneer ze – zoals vandaag het geval is – aan een sterke transitie-impuls blootgesteld worden.

MULTILEVEL-PERSPECTIEF

Het onderzoek naar complexe systemen en hun transitieën ziet verandering doorgaans als een co-evolutionair, *multilevel*-proces. Dominante regimes binnen maatschappelijke systemen ondervinden niet alleen interne spanning, maar ook externe druk vanuit het 'landschap'. Dat kunnen ontwikkelingen in de eigen samenleving zijn of impacts van globale megatrends. Bovendien ontstaan nieuwe niches die de status quo binnen een maatschappelijk systeem in vraag stellen en dus ook druk uitoefenen. Visueel wordt die complexe, meerlagige dynamiek als resultaat van dat samenspel voorgesteld in een *multilevel*-perspectief.

MULTILEVEL-PERSPECTIEF OP TRANSITIE

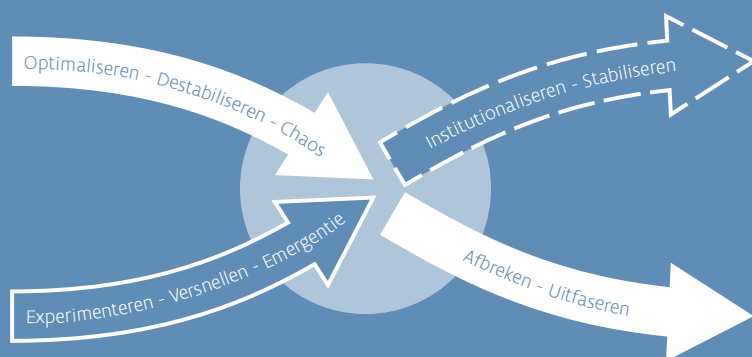


VITO, EnergyVille, shiftN, Universiteit Gent, Achtergronddocument *Naar een diagnostiek van systeemverandering* (naar: Geels 2002)

Vanuit dat perspectief wordt duidelijk hoe bestaande regimes zich door interne spanning en externe druk omvormen. Tegelijk zijn er bepaalde niches die zich geleidelijk aan opwerken tot nieuwe co-regimes. Andere niches blijven eerder marginaal, of falen en verdwijnen weer. De transitie is een *multidomain*-proces waarin technologische innovatie interageert met veranderingen op het sociale, culturele en institutionele vlak. Een viertal fasen wordt doorgaans onderscheiden: een initiële fase van kieming, een 'take off'-fase waarin de niche-innovaties het regime beginnen te destabiliseren, een versnellingsfase met een kantelpunt van plotse herconfiguratie (*tipping point*) en tot slot de stabilisering van de nieuw ontstane regimes.

OPKOMST EN (GEDEELTELIJKE) AFBRAAK

De laatste jaren ontstaat er naast de aandacht voor de ontwikkeling van niches ook meer belangstelling voor processen van afbraak in de bestaande regimes tijdens de transitie. De combinatie van beide wordt voorgesteld aan de hand van een dubbele S-curve (of x-curve).



DUBBELE S-CURVE (X-CURVE)

VITO, EnergyVille, shiftN, Universiteit Gent, Achtergronddocument *Naar een diagnostiek van systeemverandering* (naar: Loorbach, Frantzeskaki, Avelino 2017)

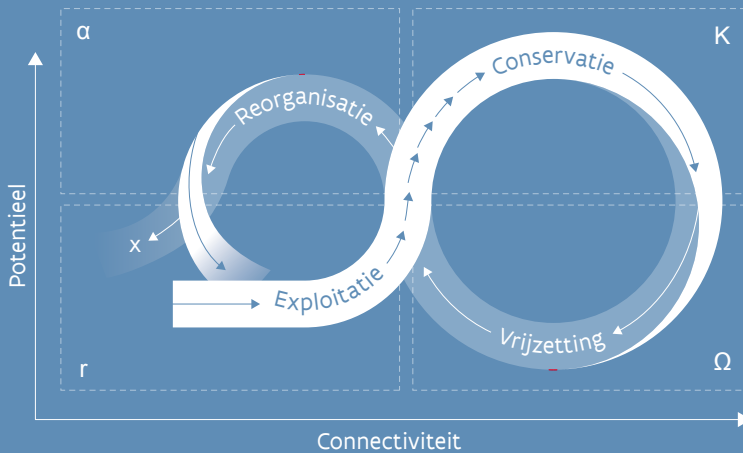
De opgaande curve geeft de ontwikkeling van nieuwe niches tot regimes weer. Nieuw opkomende niches gaan na een periode van experimenteren door een fase van versnelling en opkomst ('emergentie'). Wanneer ze voldoende potentieel hebben om een antwoord te bieden op maatschappelijke noden, worden ze uiteindelijk zelf geïnstitutionaliseerd en gestabiliseerd tot nieuwe (niche)regimes. De neergaande S stelt de afbraak van (delen van) het bestaande regime voor. Als optimalisering niet meer volstaat om aan de externe druk en interne spanningen te weerstaan, volgt een fase van destabilisering. Wanneer het regime daardoor in een ver-van-evenwichtstoestand komt, kan het in een kritische toestand terechtkomen. Die situeert zich op de grens met chaos, waar minimale verstoringen grote veranderingen ('kanteling') kunnen teweegbrengen. Dat kan in bepaalde gevallen leiden tot afbraak en uutfasering. Een recent voorbeeld zijn de snel teruglopende verkoopscijfers van nieuwe dieselwagens, een gevolg van de emissieschandalen bij bepaalde constructeurs en de verhoogde aandacht voor de gezondheidseffecten van fijn stof. Dat leidde tot een snelle verschuiving weg van dieselwagens, wat kan wijzen op een mogelijke afbraak en op termijn een uutfasering van personenwagens op diesel.

Afbraak van het bestaande regime vindt niet altijd plaats bij maatschappelijke transitities. Het gaat vaak eerder om een herconfiguratie van het regime of het voorkomen van niches die tijdelijk uitgroeien tot co-regimes. De term co-evolutie lijkt dan ook beter geschikt om de complexe wijziging in regimes en niches binnen een systeem in transitie te beschrijven. Het hangt uiteraard af van het maatschappelijke systeem in kwestie en de transitiedynamiek ervan.

PANARCHIE

Het concept van panarchie verwijst naar de structuur van systemen als een constellatie van in elkaar grijpende adaptieve cycli op verschillende schalen. De levenscyclus van een systeem bestaat vanuit die visie in een opeenvolging van vier fasen: snelle groei (r), consolidatie (K), vrijzetting (Ω), en vernieuwing (*renewal*, α). Visueel wordt dat voorgesteld als een lemniscaat of 'luie acht' (*lazy eight*).

DE 'LUIE ACHT' (LAZY EIGHT)



VITO, EnergyVille, shiftN, Universiteit Gent, Achtergronddocument *Naar een diagnostiek van systeemverandering* (naar: Gunderson en Holling 2002)

De horizontale as van de figuur geeft de connectiviteit weer tussen de componenten en actoren in het systeem. Een lage connectiviteit betekent dat elementen los verbonden zijn, dus flexibeler en gevoeliger voor impulsen van buitenaf. De verticale as verwijst naar de hulpbronnen of *resources* die in het systeem opgeslagen liggen en die het veranderingspotentieel van een systeem mee bepalen. Het kan gaan om grondstoffen en energie, maar ook om kennis, financiële middelen en menselijk kapitaal.

In de 'snelle groei'-fase van de cyclus krijgen elementen uit het systeem de mogelijkheid om verstoorde delen van het systeem in te nemen. In de consolidatie- of K -fase wordt bijkomende energie en materiaal opgeslagen in het systeem. De connectiviteit tussen de systeemelementen neemt toe en het wordt lastiger voor nieuwe elementen om een plaats te vinden in het systeem. De snelheid van groei neemt geleidelijk af en het systeem wordt

rigide. Zo wordt het stabiel, maar enkel binnen een nauwer spectrum van externe variatie. Tegen externe schokken met hoge impact is het systeem steeds minder bestand. Vroeg of laat zal een krachtige verstoring de veerkracht van het systeem overtreffen, waardoor connecties worden verbroken en energie en materie worden vrijgezet (Ω -fase). Een periode van onzekerheid en vernieuwing zet in (α -fase). Nieuwe of kleinere elementen in het systeem vinden een plaats en worden getest.

In de 'luie acht' worden dus twee lussen onderscheiden. De voorste omvat het proces van groei en stabiliteit, de achterste de 'creatieve vernietiging' en herconfiguratie. Dit model suggereert een eerder sequentieel proces, waarbij een rigide systeem afgebroken wordt alvorens iets anders kan ontstaan.

Adaptieve cycli kunnen zich op verschillende schalen manifesteren en elkaar ook vanuit die verschillende schalen beïnvloeden. Iedere schaal van de hiërarchie volgt een eigen adaptieve cyclus die interageert met de schalen onder en boven. Die in elkaar verweven cycli worden een panarchie genoemd. Het functioneren van die cycli en de communicatie ertussen bepalen de leefbaarheid van een systeem.

Uit deze theorie komen interessante inzichten naar voor, zoals over het bestaan van 'vallen' of *traps* die wijzen op ongewenste systeemevenwichten. In een 'armoedeval' bijvoorbeeld blijft een systeem lange tijd in een toestand van lage connectiviteit en lage veerkracht. Beschikbare middelen kunnen, als ze al aanwezig zijn, niet voor verandering gemobiliseerd worden. Het concept 'armoedeval' heeft geholpen om hardnekkige armoede in complexe sociale en socio-ecologische systemen beter te begrijpen. Een 'rigiditeitsval' doet zich voor wanneer een systeem zich in een stabiele toestand bevindt van hoge connectiviteit en veel opgeslagen hulpbronnen en energie. Externe schokken kunnen dat evenwicht abrupt verstoren. In sociotechnische systemen zijn rigiditeitsvallen vaak verbonden met sterk verankerde en dure infrastructuur, denk maar aan het aardgas- of elektriciteitsnet of onze uitgebreide wegeninfrastructuur.

MODELLEN EN DE WERKELIJKE COMPLEXITEIT VAN TRANSITIES

Elk van deze modellen en visualisaties van transitie biedt een sterk vereenvoudigd schema van een zeer complex dynamisch geheel van interacties. Transitie volgen paden die met deze modellen begrijpelijk kunnen worden voorgesteld, maar die in realiteit veel gelaagder en rommeliger kunnen zijn dan de modellen kunnen weergeven. Toch leidt elk van deze modellen tot zinvolle inzichten, die ons helpen bij het zoeken naar milieuplossingen vanuit een systeembenadering. Daarbij is het zaak na te gaan welke aspecten van welke modellen het best geschikt zijn om het systeem en de transitie te begrijpen en er beleidsmatig op in te grijpen.

Verrassend en ongewenst gedrag van systemen

Modellen kunnen helpen om ons inzicht in complexe systemen te verbeteren. Maar het zou fout zijn om te denken dat we de dynamiek van complexe systemen zomaar naar onze hand kunnen zetten. Onze capaciteit om complexe systemen te begrijpen is sowieso begrensd. Ons cognitief apparaat wordt bovendien beperkt door allerlei neigingen (*biases*) die ons naar suboptimale keuzes leiden. Er is sprake van 'begrensd rationaliteit' (*bounded rationality*) in besluitvormingsprocessen, een gevolg van de combinatie van complexiteit, cognitieve beperkingen en de schaarste van tijd en middelen.

Complexe systemen richt je dus best zo in dat ze het vermogen hebben om autonoom met prikkels tot verandering om te gaan. Systemen moet zich aan veranderende omstandigheden kunnen aanpassen en tegelijk het risico minimaliseren om met plotse en fatale veranderingen te worden geconfronteerd. Ze moeten met andere woorden efficiënt kunnen leren. Als systemen niet leren, dan gaan ze uiteindelijk ongewenste systeemdynamieken of systeemfouten in de hand werken. Die worden samengevat en aangeduid als 'systeem-archetypes'.

Ongewenst systeemgedrag kan zich uiten onder diverse vormen. We illustreren hier enkele belangrijke:

- *Lock-in* houdt het systeem op een ongewenst niveau van performantie vast. De stabiliteit wordt door diverse mechanismen van terugkoppeling in stand gehouden. Belangrijke investeringen die vastgelegd werden in infrastructuur zijn een vorm van *lock-in*, maar ook het hele beleid dat zich op bestaande en dominante regimes heeft geënt en daardoor niet afgestemd is op nieuwe niches.
- 'Uitholling van doelen' is een variant van *lock-in* die het systeem naar telkens lagere performantieniveaus duwt. Door een negatieve perceptie van eerdere resultaten worden de doelstellingen naar beneden toe bijgesteld. Er ontstaat een versterkende terugkoppeling, waarbij afwijking van het gewenste performantieniveau leidt tot een neerwaartse aanpassing van dat niveau. Zo kan de performantie van een publiek vervoerssysteem over een langere periode blijven afkalven. Uiteindelijk stellen uitbaters en gebruikers hun verwachtingen bij.
- De zogenaamde 'tragedie van het gemeenschappelijke (of van de meent)' (*tragedy of the commons*) manifesteert zich wanneer gebruikers van een uitputbare, gedeelde voorraad veel sneller van het nut ervan kunnen genieten dan dat ze de nadelen van overexploitatie ondervinden. Dat leidt uiteindelijk tot uitputting en dus tot een drastische daling van het nut voor alle gebruikers. Congestieproblemen in het mobiliteitssysteem zijn een typisch voorbeeld: iedere gebruiker optimaliseert het eigen gebruik van de beschikbare wegencapaciteit, maar cumulatief leidt dat tot grote vertragingen door file.
- 'Verkeerde doelen nastreven': een systeem kan naar een ongewenst performantieniveau tenderen doordat de indicatoren die stuurinformatie geven onvolledig of onoordeelkundig opgevat zijn. Zo kunnen we stellen dat ons milieu steeds meer onder druk komt te staan doordat het succes van een maatschappij wordt afgemeten aan economische parameters zoals groei en bbp.

Systemen kunnen ook gedrag vertonen dat op zich niet ongewenst hoeft te zijn, maar wel verrassend is, zoals:

- 'Aanwezigheid van beperkende factoren': elk systeem botst onvermijdelijk op limieten of beperkingen op het vlak van voorraden of stromen. Het is echter vaak niet precies duidelijk waar die limieten zich bevinden en hoe die de dynamiek van het systeem beïnvloeden. Dat kan voor verrassingen zorgen. Een voorbeeld zijn de diverse voorspellingen over piekolie, het punt waarna de olieproductie zal afnemen.

- ‘Vertragingen’: systeemeffecten hebben soms veel tijd nodig om zich te manifesteren. Die dynamiek kan botsen met het verwachtingspatroon van actoren die ermee te maken hebben en kan bovendien leiden tot te late reactie. Klimaatverandering is een proces dat zich manifesteert als gevolg van emissies van broeikasgassen, maar pas over een langere periode. Door die vertraging zal de mensheid rekening moeten houden met de mogelijke gevolgen van een *overshoot* van emissies.

Verrassende en ongewenste eigenschappen zijn geen kenmerken van systemen op zich, maar van de wijze waarop mensen met die systemen interageren. Onze beperkte rationaliteit ligt aan de basis ervan. Mensen handelen immers onvermijdelijk vanuit een beperkt perspectief en onvolledige informatie. Het gaat om systeemstructuur en -gedrag dat voor menselijke actoren verhuld blijft en daardoor tot dysfuncties kan leiden. Het denken in termen van systeemarchetypen helpt om onverwachte en ongewenste transitiedynamieken te duiden.

Van inzicht in systeemgedrag naar handelingsperspectieven

Het onderzoek naar de transitie naar meer duurzame maatschappelijke systemen heeft de voorbije decennia sterk aan belang gewonnen. Het gaat na hoe grootschalige veranderingen in maatschappelijke systemen op gang gebracht en gestuurd kunnen worden, met als doel versneld oplossingen te vinden voor urgente uitdagingen op het vlak van duurzaamheid. Het gaat daarbij niet alleen om technologische innovaties, maar ook over wijzigingen in machtsverhoudingen, cultuur en wereldbeelden, gedragspraktijken en maatschappelijke structuren. Het transitieonderzoek wil niet alleen beter begrijpen, maar ook actoren (waaronder de overheid) in de praktijk bijstaan om de huidige toestand te doorbreken en een structurele, duurzame verandering in te zetten. Het biedt handelingsperspectieven om de gewenste transitie te initiëren, te oriënteren en te versnellen.

Onze capaciteit om complexe systemen te begrijpen is echter begrensd, zo blijkt. Systeemonderzoek leert dat je complexe systemen niet tot in detail moet proberen te beheersen, maar dat je ze zodanig moet ontwerpen en inrichten dat ze in staat zijn om zelf met prikkels tot verandering om te gaan. Het is belangrijk dat maatschappelijke systemen efficiënt kunnen leren, zodat ze zich aan veranderende en onvoorziene omstandigheden kunnen aanpassen. Dan is het risico dat ze met plotse, desastreuze veranderingen worden geconfronteerd minimaal. Het gedrag van systemen bestuderen levert dus geen pasklare blauwdruk voor heel specifieke, doelgerichte interventies. Het biedt een reflectiekader om na te gaan welke pijlers van bijzonder belang zijn in het transitieproces vanuit het perspectief van systeemherconfiguratie.

ACHTERGRONDDOCUMENTEN

De *Milieuverkenning 2018* compileert belangrijke lijnen uit de zeven achtergrond-documenten die aan de basis ervan liggen. VMM-MIRA wenst de onderzoekers en alle leden van de expertpanels uitdrukkelijk te danken voor hun waardevolle inbreng en hun enthousiaste medewerking aan deze omvangrijke studieopdracht.

Wat milieu-indicatoren (niet) vertellen: een meta-analyse

- Bob Peeters, Hugo Van Hooste, Johan Brouwers, Sander Devriendt, Igor Struyf, Erika Vander Putten, Floor Vandevenne, Marleen Van Steertegem (MIRA, VMM)

Naar een diagnostiek van systeemverandering

- Pieter Valkering, Erik Laes (VITO/EnergyVille)
- Yves De Weerd (VITO Transition Platform)
- Philippe Vandenbroeck (shiftN)
- Frank Nevens (UGent)

Horizonscanning

- Annick Gommers, Katelijne Verhaegen (KENTER)
- Merel Claes, Jo Goossens (shiftN)

Oplossingsrichtingen voor het energiesysteem

- Erik Laes, Pieter Lodewijks, Nele Renders, Marlies Vanhulsel, Pieter Vingerhoets (Sustainable Energy and Built environment (SEB), VITO/EnergyVille)
- Jo Goossens, Kris Ooms (shiftN)

Oplossingsrichtingen voor het mobiliteitssysteem

- Inge Mayeres, Bruno Van Zeebroeck, Sebastian Vanderlinden (Transport & Mobility Leuven)
- Kris Bachus, Luc Van Ootegem (HIVA, KU Leuven)

Oplossingsrichtingen voor het voedingssysteem

- Jonas Van Lancker, Marianne Hubeau, Fleur Marchand (Landbouw en Maatschappij, ILVO)

Ruimte als integrerend platform voor milieuooplossingen

- Mielche De Paep, Kristine Verachtert (BUUR cvba)
- Jo Goossens, Philippe Vandenbroeck (shiftN)

U kunt de achtergronddocumenten raadplegen en downloaden via www.milieurapport.be/publicaties.