

Crash course kantelen

Kernbegrippen bij de lezing van Wolf Mooij, NIBI Onderwijsconferentie 11 januari 2013

Al heel lang is er het besef dat er grenzen aan de groei zijn. Maar in de praktijk blijken ecosystemen vaak verbazend veerkrachtig bij het opvangen van menselijke druk. Totdat opeens een kantelpunt bereikt wordt en het systeem omslaat: een meer wordt troebel, een koraalrif raakt overgroeid met algen, een bos verandert in een savanne of woestijn. Hoe kunnen we dergelijke omslagen begrijpen en voorspellen? En hoe kunnen we binnen de veerkrachtige grenzen van ecosystemen leven?

Kantelen of plotselinge omslag (Engels: regime shift)

Complexe systemen, zoals ecosystemen maar ook menselijke samenlevingen, reageren vaak schoksgewijs op veranderende omstandigheden. In het systeem zitten stabiliserende terugkoppelingen die externe druk kunnen opvangen. Bij een meer kan deze druk bestaan uit een veranderende belasting met voedingstoffen, bij een samenleving uit een veranderende globale economie. Op een bepaald moment zijn deze terugkoppelingen niet meer in staat de druk te weerstaan en slaat het systeem om. Een meer wordt troebel, een regering wordt omvergeworpen. Na de omslag treden er vaak nieuwe terugkoppelingen in werking. Die zullen er toe leiden dat de nieuwe situatie zich bestendigt. Hierdoor wordt teruggang naar de oude toestand bemoeilijkt. (We zeggen dan dat het systeem hysteresis vertoont.)
zie ook http://en.wikipedia.org/wiki/Regime_shift

Veerkracht (Engels: resilience)

Veerkracht is een maat voor de stabiliteit van het systeem. Er bestaan verschillende definities van veerkracht. Enerzijds kun je kijken naar de omvang van de verstoring die nog opgevangen kan worden zonder dat het systeem zich blijvend wijzigt ('ecological resilience'). Anderszijds naar de snelheid waarmee het systeem zich na een verstoring herstelt ('engineering resilience').
zie ook [http://en.wikipedia.org/wiki/Resilience_\(ecology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Resilience_(ecology))

Chaos (in de betekenis van wanorde)

Tijdens de plotselinge omslag van de ene toestand naar de andere heerst er wanorde in het systeem. In een maatschappij noemen we dit een revolutie, waarbij oude machtsstructuren worden afgebroken. In een meer kunnen bijvoorbeeld hele gemeenschappen van planten afsterven. Deze vorm van chaos heeft vaak een tijdelijk karakter: na de omslag neemt de wanorde weer af. Een gemeenschap van algen vestigt zich, een overgangsregering wordt gevormd.
zie ook: [http://en.wikipedia.org/wiki/Disorder_\(disambiguation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Disorder_(disambiguation))

Chaos (in de betekenis van chaostheorie)

Complexe systemen zijn opgebouwd uit verschillende subsystemen met ieder hun eigen dynamiek. In combinatie met elkaar kan dit aanleiding geven tot 'deterministische chaos'. Hierbij worden zelfs de kleinste verstoringen in de tijd steeds groter tot op het punt dat het systeem onvoorspelbaar wordt. Dit fenomeen heet ook wel het 'butterfly effect': een vleugelslag van een vlinder in Bralizië kan een tornado in Texas veroorzaken. Anders dan bij een omslag blijft een chaotisch systeem ook op lange termijn binnen een bepaalde bandbreedte fluctueren. Denk bijvoorbeeld aan de range van temperaturen of de frequentie van tornado's in een bepaald seizoen en land.
zie ook: http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory en http://en.wikipedia.org/wiki/Butterfly_effect

Dynamisch systeem

Zowel plotselinge omslagen als deterministische chaos zijn eigenschappen van dynamische systemen. Dergelijke systemen kunnen met differentiaalvergelijkingen beschreven worden. In zo'n vergelijking is het onderlinge effect dat verschillende grootheden in het systeem op elkaar hebben beschreven. Stelsels van dergelijke vergelijkingen kunnen met wiskundige methodieken, zogenaamde bifurcatie-analyses, onderzocht worden op het vóórkomen van plotselinge omslagen en deterministische chaos.
zie ook http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamical_system en http://en.wikipedia.org/wiki/Bifurcation_diagram

Van begrip naar voorspelling?

Zowel plotselinge omslagen als deterministische chaos maken een systeem moeilijk voorspelbaar, ook al is het systeem goed begrepen. Maar ieder op een verschillende manier. Een plotselinge omslag is moeilijk te voorspellen, omdat het systeem niet op de veranderende omstandigheden lijkt te reageren. De problemen zitten hier vooral in het voorspellen van de timing van de omslag. Dat de Berlijnse muur op de lange termijn zou vallen was nog wel te voorspellen, maar niet wanneer dit zou gebeuren. In het geval van deterministische chaos is het systeem juist op korte termijn goed te voorspellen, maar niet op lange termijn. Het klassieke voorbeeld is hierbij de weersvoorspelling.
zie ook: <http://en.wikipedia.org/wiki/Prediction>