

Complexiteit van Alledag

Editor: Sem van Gelder

ISBN 90-802865-5-9

Alle rechten voorbehouden: niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enigerlei wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, doorfotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a database or retrieval system, or published, in any form or in any way, electronically, mechanically, by print, photoprint, microfilm or any other means without prior written permission from the publisher.

Ondanks alle aan de samenstelling van de tekst bestede zorg, kan noch de auteur noch de uitgever aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit enige fout, die in deze uitgave zou kunnen voorkomen. Suggesties voor verbetering zijn echter van harte welkom.

© 2002: TVA developments bv
Postbus 387
5500 AJ Veldhoven
The Netherlands
31 (0)40 2300100
info@tva.nl

Als de essentie van het leven
Niet het "zijn" is maar het "gaan"
En wij ons slechts kunnen bewegen
In verbondenheid en samengaan

Waarom dan ons eindeloos streven
Naar structuur en overzicht
Waarom niet het avontuur beleven
Naar en over de einder gericht

Vervang de angst door het vertrouwen
Dat wij leren gaandeweg
Hoe een toekomst op te bouwen
Die niet vooruit is vastgelegd

Gelukkige kerstdagen en een geweldig 2003!

Deze speciale kerstuitgave werd gedrukt in een oplage
van 125 genummerde exemplaren.

Dit is nummer ...

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	7
2. VERWONDERING	9
2.1 NIET ELK PROBLEEM IS MET PLANNING OP TE LOSSEN	9
2.2 GAAT ALLES DAN FOUT?	10
2.3 COMPLEXE PROBLEMEN, SIMPELE OPLOSSINGEN	11
2.3.1 <i>Mieren</i>	11
2.3.2 <i>Rotondes</i>	12
2.3.3 <i>Ritsen</i>	13
2.3.4 <i>Paden in het gras</i>	14
2.4 WAAR DRAAIT HET EIGENLIJK OM?	15
3. INTERACTIVITEIT	19
3.1 COLORS	19
3.2 DE KRANTENBEZORGER	21
3.3 HOEDJES	23
3.4 WETTEN VAN INTERACTIVITEIT	25
3.4.1 <i>Constate stroom transacties</i>	25
3.4.2 <i>Simpele regels</i>	26
3.4.3 <i>Niet-rationeel gedrag</i>	26
3.4.4 <i>Experimenten en recombinate</i>	26
3.4.5 <i>Samenwerking en concurrentie</i>	27
3.4.6 <i>Geboorte en dood</i>	27
3.5 VOGELS	28
3.6 FREE FLIGHT	29
3.7 VERPAKKINGSCONVENANT	30
4. SYSTEEM	33
4.1 HIËRARCHIE VERSUS CHAOS: EEN VOETBALWEDSTRIJD	33
4.2 SYSTEEMWETTEN	35
4.2.1 <i>Open naar de omgeving</i>	36
4.2.2 <i>Positieve non-zero sum game</i>	36
4.2.3 <i>Onbalans als basis voor energie</i>	37
4.2.4 <i>Entropie van systeem en omgeving</i>	37
4.2.5 <i>Effectiviteit en efficiency</i>	37
4.3 KPN-KLUSDIENST	38
5. GOVERNANCE	41
5.1 GEZONDHEIDSZORG	41
5.2 DE GOVERNANCE-WETTEN	42
5.2.1 <i>Geen centrale controle</i>	43
5.2.2 <i>Besturen in plaats van managen</i>	43
5.2.3 <i>Energie, Richting en Stabiliteit</i>	44
5.2.4 <i>De governance-instantie</i>	44
5.3 CREDIT CARD	44
5.4 ENERGIE, RICHTING EN STABILITEIT	45
5.4.1 <i>Energie</i>	45
5.4.2 <i>Richting</i>	46
5.4.3 <i>Stabiliteit</i>	47
5.5 DE OPLOSSING VAN HET HOEDJESPROBLEEM	48
6. EMERGENTIE: 10 PRAKTISCHE TIPS	49
6.1 DE NEDERLANDSE SPOORWEGEN	49

6.2	EMERGENTE MUZIEK?.....	50
6.3	KWALITEITSTEAMS IN DE DUITSE AUTO-INDUSTRIE.....	52
6.4	RETAIL-OUTLETS.....	52
6.5	HOE XEROX DEFECTE KOPIEERAPPARATEN REPAREERT	53
6.6	GELUIDSHINDER BIJ SCHIPHOL.....	54
	EPILOOG	57
	LITERATUUR	59

1. INLEIDING

Om te beginnen een eenvoudige vraag: waarom is een rotonde eigenlijk effectiever dan een kruispunt met verkeerslichten? Antwoord: omdat de ordening van deze systemen wezenlijk verschilt. Het kruispunt met verkeerslichten laat zien hoe een ingewikkeld probleem wordt opgelost met een technologisch geavanceerde methode van centraal en procedureel management. Wat niet verhindert dat we 's nachts om vier uur als enige verkeersdeelnemer voor een rood stoplicht mogen wachten. Een rotonde lost hetzelfde ingewikkelde probleem veel eenvoudiger op: één simpele interactieve regel ('Bij rechtshoudend verkeer heeft links voorrang') zorgt voor een effectieve verkeersdoorstroming. Hier is de complexiteit niet rond het proces gebouwd, maar gevangen in het proces zelf.

Laten we met dit voorbeeld in gedachten nu eens kijken naar de positie van een moderne manager. Hij wordt omringd door ingewikkelde problemen. De eenvoud en helderheid van vroeger lijken verdwenen en elke te nemen beslissing lijkt evenveel voor- als nadelen te hebben. Natuurlijk bracht vroeger een besluit ook risico's mee, maar toen leek het risico om niet te besluiten altijd groter. Een besluit was een stap vooruit in plaats van een mogelijkheid tot mislukking. Nu zijn de problemen soms zo ingewikkeld dat de oplossing niet meer vooraf is te bedenken. De manager voelt zich vaak als een machteloze agent op een druk kruispunt die van alle kanten de verkeersstromen op zich af ziet komen en niet meer weet wie hij het eerst moet doorlaten.

Misschien is het bovenstaande wat karikaturaal gesteld, maar de essentie – toenemende complexiteit van de omgeving die uiteindelijk de besluitvorming verlamt – zal velen bekend voorkomen. Was vroeger dan alles beter? Hebben we onszelf in deze onmogelijke positie gemanoeuvreerd? Is er een weg terug of is het ingeslagen pad eenrichtingsverkeer? En hoe moet het dan verder? Allemaal vragen waarop het antwoord nog ver weg lijkt.

Toch is er hoop. Er zijn veel ingewikkelde zaken die zonder extreme inspanning goed verlopen. Hoe is het bijvoorbeeld mogelijk dat vogels zich onder alle omstandigheden keurig in zwermen organiseren? Is er dan een hoofdvogel die dat regelt? En hoe komen eenvoudige dieren als mieren eigenlijk aan hun voedsel? Ook hun omstandigheden zijn niet gemakkelijk, alleen al doordat hun buitenwereld, waar het voedsel vandaan moet komen, niet stabiel is. En hoe werkt eigenlijk de coördinatie bij geïmproviseerde jazz? Er is immers geen dirigent die het ensemble aanstuurt. Toch klinkt het geheel best goed. Blijkbaar zijn in al deze voorbeelden andersoortige mechanismen aan het werk dan onze klassieke oplossingen van 'planning en control'. Mechanismen die nog het meest weg hebben van de simpele rotonderegel.

Vergelijkbare oplossingen zijn ook binnen onze ondernemingen en organisaties mogelijk, maar ze vergen wel een – radicaal - andere aanpak en dat zet ons aan het denken. Wat zijn de belangrijkste principes van deze aanpak en hoe kunnen ze in de praktijk worden toegepast om

ondernemingen, organisaties en maatschappelijke systemen beter te laten functioneren? In dit boekje laten we op basis van een groot aantal voorbeelden zien dat er onconventionele - vaak simpele - oplossingen zijn te vinden voor ogenschijnlijk ingewikkelde problemen.

2. VERWONDERING

Is het niet wonderlijk om te zien dat systemen met zeer geavanceerde centrale planning, zoals de spoorwegen, vaak in moeilijkheden komen, terwijl simpele systemen, zoals mierenkolonies of rotondes, blijven werken? Dit suggereert een radicaal andere aanpak die uit de buurt blijft van extra complexiteit en juist in nieuwe eenvoud naar oplossingen zoekt. Deze alternatieve aanpak is op vele gebieden toepasbaar, van kleine bedrijven tot grote overheidsinstellingen, van verkeersproblemen in een dorp tot de werking van de Europese Gemeenschap.

Laten we eerst het probleem duidelijker definiëren. Twee stappen zijn daarbij van belang. Allereerst moeten we ons realiseren dat voor veel problemen niet vooraf een oplossing bedacht kan worden: niet elk probleem is 'planbaar'. Bovendien leiden keuzes in oplossingen vaak weer tot nieuwe problemen, dus zijn de gevolgen van een oplossing niet altijd vooraf te overzien. De tweede stap is een gevolg van de eerste: als het probleem en de oplossing niet meer tot in detail vooraf bedacht kunnen worden, hoe organiseer ik dan datgene wat we niet kunnen plannen? Alle bestaande methodes falen. Chaos wordt troef.

2.1 Niet elk probleem is met planning op te lossen

Onze omgeving is niet altijd eenvoudig. Er gebeuren talrijke zaken tegelijkertijd en vele daarvan hebben invloed op gebeurtenissen dicht bij huis. Bovendien is een (neven)effect van onze moderne communicatiemaatschappij dat we bijna real-time weten wat er aan de andere kant van de wereld gebeurt. Dat heeft veel voordelen - het creëert immers nieuwe mogelijkheden - maar het maakt het wel een stuk moeilijker om het overzicht te behouden. De hoeveelheid gebeurtenissen die invloed heeft op de keuzes die we maken groeit. Dat maakt de 'houdbaarheidsdatum' van beslissingen steeds korter. We hebben echter geen idee wanneer nieuwe actie vereist is. Toch zal de complexiteit van een onderneming die adequaat wil reageren op wat er in haar omgeving gebeurt ruwweg gelijk moeten zijn aan de complexiteit van de omgeving. Iets wetenschappelijker uitgedrukt: het aanpassingsvermogen van de onderneming dient gelijke tred te houden met de veranderingen in de buitenwereld. Het is voor de leiding van de onderneming echter geen eenvoudige zaak om te bepalen hoe groot dat aanpassingsvermogen moet zijn; slechts de voortdurende toets met de praktijk wijst dit uit. En dat betekent weer dat het heel moeilijk - zometertijd onmogelijk - wordt om vooruit te plannen. Managers zijn dus overgeleverd aan de waan van de dag en daar worden ze niet gelukkig van.

De manager is zowel verantwoordelijk voor de dagelijkse gang van zaken binnen zijn of haar onderneming als voor het bedenken van (middel)langetermijnoplossingen. Het beleid op middellange termijn geeft de manager een basis van zekerheid, een gevoel voor de richting die de komende tijd moet worden ingeslagen. Het proces waarbij wordt vooruitgekeken (strategische planning) wordt dan ook niet continu uitgevoerd, maar één of twee keer per jaar. Het geeft een stabiele basis voor de dagelijkse zaken. Deze stabiele basis botst echter steeds vaker met de

ontwikkelingen buiten de onderneming, zoals hiervoor is aangegeven. Steeds weer ontdekt de manager dat hij zijn vijfjarenplan moet herzien, totdat hij zich realiseert dat het eigenlijk zinloos is om er nog een te maken (een inzicht waartoe ook de Sovjet-Unie na vele vijfjarenplannen kwam). De zinloosheid van langetermijnplannen vormt op zichzelf geen probleem, maar daarmee is wel in één keer alle stabiliteit uit de organisatie gehaald. Er ontstaat een gevoel dat de controle verdwenen is en de manager voelt zich stuurlaas, geleefd door de waan van de dag. Hijzelf verkeert in voortdurende spanning over wat er nu weer zal gebeuren en de organisatie kan slecht overweg met de onzekerheid die hij etaleert. Er is echter geen andere manier voorhanden om dit proces te organiseren. De manager mag zich machteloos voelen door het gebrek aan stabiliteit, de organisatie voelt zich machteloos omdat ze niet weet wat de manager van haar verwacht. En het probleem lijkt alleen maar erger te worden...

2.2 Gaat alles dan fout?

Gaat alles dan fout? Gaan alle ondernemingen failliet? Kan de overheid het land niet meer besturen? Is de gecreëerde wet- en regelgeving onvoldoende? Als we alleen maar om ons heen kijken kunnen we constateren dat dit niet onmiddellijk het geval is. Niet alles gaat fout, maar het kost wel steeds meer moeite om de processen beheersbaar in beweging te houden. De overheid is daarvan een goed voorbeeld. Het in Nederland bekende gedoogbeleid is voor een gedeelte terug te voeren op de problemen om de zaak in de hand te houden. De omgeving verandert veel sneller dan de mogelijkheid van wetsaanpassing. Het gevolg is dat bestaande wetten en regels soms lachwekkend aandoen en dus ook niet meer worden toegepast. Bovendien zijn aanpassingen vaak aanvullingen op eerdere regels, om gaten te dichten of tegemoet te komen aan uitzonderingsgevallen. De complexiteit van de regelgeving neemt dan exponentieel toe, met als gevolg dat er vele situaties ontstaan waarbij het voor burger en bedrijf onmogelijk is aan alle regels te voldoen. Gedogen is ook dan de enige uitweg om het systeem niet krakend tot stilstand te laten komen. De gevolgen zijn helaas bekend (de cafébrand in Volendam, de vuurwerkcramp in Enschede) en men komt nu dan ook van gedogen terug.

Een goed alternatief is echter niet onmiddellijk voorhanden. Complexe systemen laten zich niet met starre regels organiseren. Voortdurende controle en repressie is financieel en maatschappelijk gezien onaanvaardbaar. De vraag is hoe het dan wel moet. Door gewoon onze omgeving te observeren kunnen we wellicht wat ideeën opdoen. Hoe werkt het in andere complexe systemen? Middels een viertal voorbeelden gaan we op zoek naar andere wijzen van aanpak. Wellicht is er hoop en slaat ons gevoel van machteloosheid om in een staat van verwondering en enthousiasme.

2.3 Complexe problemen, simpele oplossingen

2.3.1 Mieren

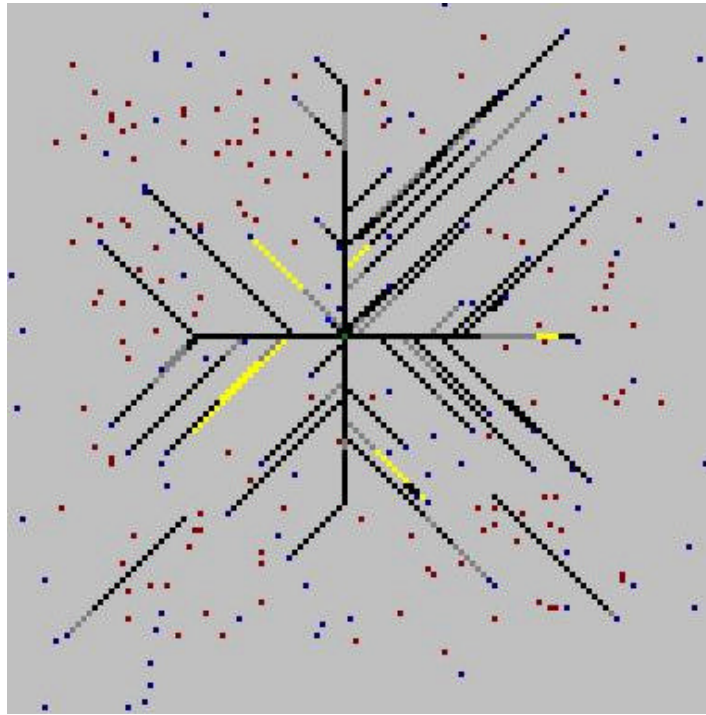
Mieren moeten het ingewikkelde probleem van voedselvoorziening voor de kolonie oplossen. Ingewikkeld, omdat de buitenwereld, waar het voedsel vandaan moet komen continu verandert, en de status van de mierenkolonie zelf ook niet stabiel is. Voor een simpele mier voorwaar geen eenvoudig probleem. Hoewel dergelijke problemen waarschijnlijk goed via differentiaalvergelijkingen beschreven kunnen worden is het toch onwaarschijnlijk dat mieren dat soort methoden gebruiken om hun voedsel te vergaren.

Toch zijn mieren zeer goed in staat om dit ingewikkelde probleem het hoofd te bieden, en wel door een combinatie van grote hoeveelheden van de soort - mieren leven immers in kolonies - en een simpele werkwijze waarbij interactie (het gedrag van de een wordt beïnvloed door het gedrag van de ander) een grote rol speelt. Waarschijnlijk kennen mieren slechts een aantal simpele regels.¹ Drie regels lijken voldoende te zijn om het voedselprobleem op te lossen:

1. Een mier die geen voedsel heeft beweegt zich willekeurig in de omgeving voort.
2. Vindt een mier voedsel dan brengt ze dat zo snel mogelijk naar het nest, onder het achterlaten van een reukspoor.
3. Een mier die nog geen voedsel vervoert maar wel reuksporen tegenkomt, volgt het sterkste spoor dat naar voedsel leidt.

Deze simpele set regels zorgt ervoor dat groepen mieren zeer snel voedselgebieden kunnen onderzoeken en het gevonden voedsel naar de kolonie kunnen transporteren.

¹ Dat zullen we overigens pas weten als we hun neurale processen kunnen decoderen.



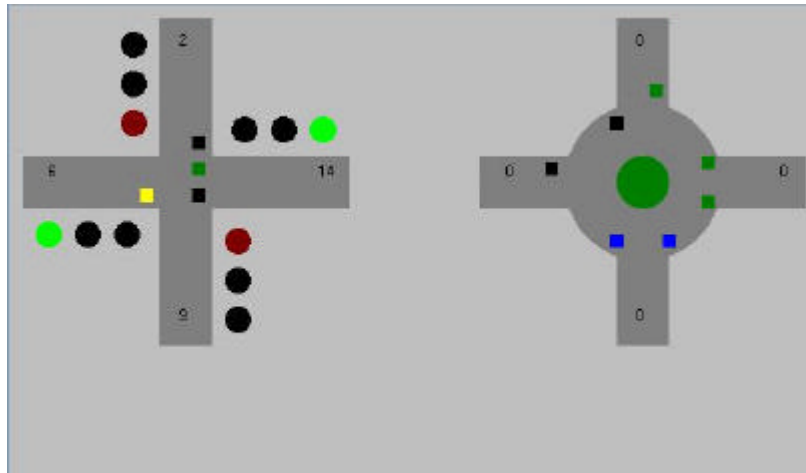
Figuur 1 Mieren zoeken voedsel

Figuur 1 geeft een gebied aan waarin het nest zich in het midden bevindt. Overall zwerven mieren (de rode vierkantjes), er is een aantal voedselplaatsen (in het blauw) en een aantal actieve reuksposen, waarbij een zwart spoor verser is dan een grijs of geel. Het uitvoeren van dergelijke simulaties laat goed zien dat als er voedsel gevonden is, veel mieren gaan helpen met het vervoer ervan, en dat bij een gebrek aan voedselbronnen er steeds meer mieren op zoek gaan. Ook blijkt dat deze regels ervoor zorgen dat als een voedselbron opraakt, er altijd eerst in de buurt van die bron verder gezocht wordt. Deze twee eigenschappen van het systeem zijn duidelijk *emergent*. Dat wil zeggen, dat ze ontstaan uit de individuele regels van de afzonderlijke mieren, maar dat ze niet in het systeem zijn 'geprogrammeerd' (zie voor het begrip 'emergent' ook paragraaf 3.4). De oplossing is dus niet 'gepland', maar ligt besloten in de interactie tussen de mieren.

2.3.2 Rotondes

Op een kruispunt met verkeerslichten wordt de verkeersdoorstroming geregeld door de kleur van de lichten. Om die goed te programmeren is veel studie nodig van de verkeersstromen die over het kruispunt gaan. Bovendien worden op drukke kruispunten de verkeerslichten nog gecombineerd met lichten voor voetgangers, voor aparte voorsorteervakken en voor fietsers. Ook kunnen er nog ingewikkelder oplossingen worden bedacht met lussen in het wegdek en oversteekknoppen voor fietsers en voetgangers. Kortom, verkeerslichten zijn een klein wonder van informatieverwerking en centrale besturing. En toch, zoals gezegd, komt het regelmatig voor dat we 's nachts om vier uur staan te wachten voor een rood stoplicht zonder dat er enig ander verkeer aankomt.

Heel anders is de situatie op de rotonde. Hier geen lichten, maar een simpele interactieve regel: links heeft voorrang (niet rechts, want dan raakt bij rechtshoudend verkeer de rotonde verstopt). Weg informatiesysteem, weg lichten, weg oversteekknoppen. En de doorstroming is aanzienlijk beter dan op een kruispunt, zoals in de Figuur 2 is te zien (de getallen op de wegen geven het aantal wachtende auto's na enige tijd aan, 31 voor het kruispunt en 0 voor de rotonde).



Figuur 2 Kruispunt versus Rotonde

Het verschil tussen kruispunt en rotonde ligt in de manier waarop we de processen besturen. Bij het kruispunt voegen we steeds meer besturingscomplexiteit toe in een poging om een proces dat in feite ongeschikt is, te laten omgaan met de complicaties van heterogeniteit (auto's, fietsers, voetgangers) en onvoorspelbaarheid (welk verkeersaanbod op welk tijdstip?). We bouwen als het ware de complexiteit om het proces heen. Bij een rotonde is de complexiteit echter gevangen in het proces zelf. Er wordt gebruikgemaakt van de aanwezige kennis bij de gebruiker; hij is de baas geworden. Door de voortdurende interactiviteit is de totale complexiteit van het proces opgebouwd uit een verzameling simpele interactieve procesjes. Met andere woorden: complexiteit als repeterende eenvoud.²

Rotondes ontstaan echter niet vanzelf. Er bestaat nog wel degelijk een ontwerp- en besturingsvraag. Deze bestrijkt echter niet de operationele uitvoering, maar betreft de juistheid, de mogelijkheid tot handhaven en de effectiviteit van het regelsysteem.

2.3.3 Ritsen

Ritsen is een bekende manier om verkeer dat van twee verschillende rijstroken komt te laten samenvoegen. De basisgedachte is dat bij gelijke snelheid de minste vertraging optreedt als zich tussen elke twee auto's één nieuwe kan voegen, wat doet denken aan een rits in een kledingstuk. Vreemd

² Het verschil komt ook duidelijk tot uiting in het aantal regels code voor de simulatie. Het kruispunt vereist bijna 4 maal zoveel coderegels dan de rotonde!

genoeg mislukt dit systeem in Nederland echter volledig, terwijl het in Duitsland een groot succes is!

Het systeem van ritsen is gebaseerd op vertrouwen. Die vertrouwensbasis is te herleiden tot een in de managementliteratuur bekende strategie, namelijk 'Tit for Tat' (oog-om-oog, tand-om-tand). Deze strategie werd ontwikkeld in een spel tussen computers waarbij deelnemers simulatiestrategieën mochten inbrengen, die vervolgens tegen elkaar werden uitgespeeld. Tit for Tat won glansrijk, tot verbazing van de organisatoren³. De strategie die Tit for Tat volgt is heel eenvoudig: vertrouw de tegenpartij in de eerste ronde; blijkt de tegenpartij niet te vertrouwen, vertrouw hem dan in de volgende ronde ook niet meer totdat het tegendeel blijkt. Deze simpele strategie werkt voortreffelijk, zo is ook in latere simulaties voortdurend gebleken.

Wat ritsen betreft zien we echter dat in Nederland het gegeven vertrouwen meestal wordt beschaamd. Laten we een auto uit een andere rijstrook keurig voorgaan dan zijn er andere auto's die er nog tussen kruipen; als we zelf willen ritsen moeten we alle mogelijke moeite doen om ertussen te komen. Elke vertrouwensbasis ontbreekt. Bij het ritsen leidt dit uiteindelijk tot 'survival of the fittest' strategie.

In Duitsland is de situatie heel anders. Als een automobilist zich daar niet overeenkomstig de afgesproken regels voor ritsen gedraagt wordt deze onmiddellijk getraakteerd op een hels claxonconcert, zodat hij een volgende schending wel uit zijn hoofd laat. De sociale controle zorgt er daar voor dat het systeem blijft werken.

2.3.4 *Paden in het gras*

Stel dat tussen een aantal in aanbouw zijnde kantoorgebouwen paden moeten worden aangelegd. Het is dan een lastig probleem om te bepalen hoe die zouden moeten lopen. Tijdens de bouw is namelijk onzeker welke afdeling in welk gebouw terecht zal komen en zelfs als dat al bekend is, is het niet duidelijk welke afdelingen het vaakst onderling contact zullen hebben. Natuurlijk kan men alle gebouwen via een zo recht mogelijk pad verbinden, maar als het aantal gebouwen oploopt zijn er wel heel veel paden nodig, zoals Figuur 3 laat zien.

³ Zie Axelrod (1984).



Figuur 3 Paden in het gras

Een mogelijke oplossing is om eerst alleen maar gras te leggen en de paden pas te asfalteren als de gebouwen enige tijd in gebruik zijn. De paden ontstaan namelijk vanzelf doordat het gras wordt platgetreden en verdwijnt; er ontstaat dan op *emergente* wijze (doordat alle spelers zelf op microniveau hun weg bepalen) een juiste en passende oplossing. En als in de toekomst veel veranderingen zijn te verwachten kan zelfs een flexibele oplossing worden gezocht, bijvoorbeeld door grint te gebruiken. Ontstaat een 'nieuw pad' door het gras, dan kan een nieuw grintpad worden aangelegd. Als bovendien het onkruid niet te vaak wordt verwijderd, zullen niet-gebruikte paden vanzelf weer verdwijnen. Ook hier geldt: geen planning, maar een oplossing die als het ware vanzelf ontstaat.

2.4 Waar draait het eigenlijk om?

Genoemde voorbeelden hebben een aantal eigenschappen gemeen, die de basis vormen van dit boekje. Ten eerste is in alle voorbeelden de buitenwereld onvoorspelbaar: mieren weten niet waar voedsel is, kruisingen weten niet waar de auto's vandaan zullen komen en de architect kan niet vooraf voorspellen over welke paden gebruikers zullen lopen. Meestal wordt de oplossing gezocht in het (steeds beter) 'voorspellen van de onvoorspelbaarheid'. Kruispunten zijn echter knooppunten van informatietechnologie die niet optimaal werken en dat de gekozen verharde paden falen bewijst het platgetrapte gras ernaast.

De oplossingen die in de voorbeelden zijn gegeven zijn echter anders van aard. Het betreft steeds een oplossing van binnen uit. Vanuit de interactie tussen de spelers wordt een oplossingsrijkdom gecreëerd die opgewassen is tegen het onvoorspelbare gedrag van de buitenwereld. Deze oplossingsrijkdom kan echter niet worden gecreëerd door voor elke mogelijke toekomstige situatie een oplossing voorhanden te hebben; al deze mogelijkheden samen zouden leiden tot een vrijwel oneindig aantal oplossingen. Het werkt anders.

Er is in de voorbeelden nog een tweede overeenkomst: geen enkele keer is er een 'baas' van het systeem. Er is soms wel een regelgever, maar er is geen baas op de rotonde, er is geen mier aangesteld die de andere mieren orders geeft, en er is geen agent die ons laat ritsen (hoewel dit laatste in de praktijk nog wel eens wil gebeuren, wat dan ook onmiddellijk het falen van de centrale autoriteit in dit probleem aantoont). De baas is vervangen door interactie.

De derde overeenkomst is wat meer verborgen: geen van de geschetste systemen resulteert bij normale uitvoering in een toestand van chaos. Eigenlijk is dat heel bijzonder, want in de meeste gevallen waarin we de 'baas' uit het systeem verwijderen ontstaat meestal chaos. Organisaties waaruit het management wordt verwijderd, vervallen doorgaans tot situaties waarin iedereen met iedereen praat; ze produceren wel veel 'warmte', maar weinig 'voortbeweging'. Een goed voorbeeld is het verdwijnen van de strak gestuurde planeconomie in Rusland. Hoewel er een (redelijk) werkend alternatief is, namelijk het westers kapitalisme, is er in Rusland feitelijk een chaotische situatie ontstaan waarin de sterkste (in een aantal gevallen de Russische maffia) regeert. In onze voorbeelden is echter geen sprake van chaos maar van een spontane vorm van orde. Orde die ontstaat uit de zelforganisatie van het systeem, uit interactie tussen de spelers. Orde die niet is opgelegd, maar wel degelijk aanwezig is. We noemen dit ook wel *emergent*.

Het is natuurlijk prachtig als we de machteloosheid die aan onze voorbeelden voorafging kunnen ombuigen in enthousiasme en hoop op andere oplossingen, maar drie vragen zijn dan nog van eminent belang:

1. Kunnen we in alle gevallen dit soort oplossingen bedenken en toepassen?
2. Bij welk soort problemen zijn oplossingen van deze aard mogelijk?
3. En wat moeten we dan doen om die te realiseren?

Eenvoudige vragen, maar niet eenvoudig te beantwoorden. In de volgende hoofdstukken zullen we eerst dieper ingaan op de wetmatigheden van dit type oplossingen, te beginnen met interactiviteit. Vervolgens gaan we in op de wetten waar het systeem aan moet voldoen. Tenslotte - en wellicht het meest van belang voor managers van ondernemingen of beleidsvormers bij de overheid - buigen we ons over de vraag of en hoe dergelijke systemen *bestuurd* kunnen worden (*governance*). Als de orde spontaan (emergent) uit het systeem komt, kan ik dan als manager of beleidsvormer van een afstandje toekijken? En als niet de gewenste orde uit de interacties ontstaat, kan ik dan nog ingrijpen? Of ben ik op een andere manier machteloos geworden? De volgende hoofdstukken zullen - in deze volgorde - op die

vragen ingaan. Doel is om te zoeken naar de randvoorwaarden waaronder systemen emergente ordening vertonen⁴.

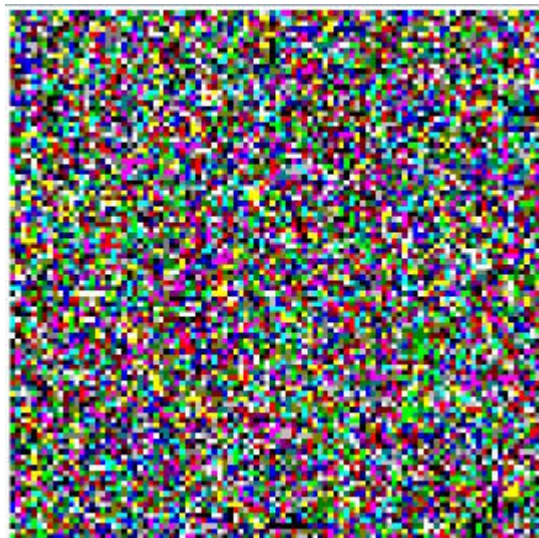
⁴ Er zijn daarnaast ook emergente systemen waarbij de output chaotisch is, waar geen geschikte vorm van orde ontstaat. We zijn hier slechts geïnteresseerd in emergente systemen waar het spontaan ontstaan van orde het geval is.

3. Interactiviteit

Interactiviteit is de uitwisseling die plaatsvindt tussen spelers onder elkaar of tussen spelers en de omgeving. De regels die spelers hierbij hanteren zijn meestal zeer eenvoudig, maar hun aantal kan groot zijn. De eenvoud van de regels is herkenbaar in hun structuur, die een ALS-DAN karakter heeft. ‘ALS het regent DAN gebruik ik mijn paraplu’ is een simpel voorbeeld van een regel waarbij gereageerd wordt op de omgeving. ‘ALS er een auto van rechts komt DAN wacht ik’ is een wederom simpele interactieregel, nu tussen twee spelers. De complexiteit die de spelers (in dit soort analyses heten ze vaak agenten) en het systeem als geheel kunnen hebben wordt gecreëerd door de hoeveelheid mogelijke (simpele) regels. De regel: ‘ALS de windkracht groter is dan 6 DAN gebruik ik geen paraplu’, maakt het bijvoorbeeld al moeilijker om te begrijpen hoe het systeem werkt. Dit laatste is van belang, aangezien het een constatering van buitenaf betreft. Als wij als buitenstaander naar systeemgedrag kijken zonder de regels te kennen begrijpen we er niets van: wanneer gebruiken mensen nu wel en wanneer geen paraplu? Een goed voorbeeld is een cricketwedstrijd. Zelfs uren naar een wedstrijd kijken verklaart voor de meeste mensen op geen enkele wijze de regels van het spel. Hoewel het voor de kenners van de regels een relatief eenvoudig spel is, lijkt zonder die kennis het systeem uitermate ingewikkeld.

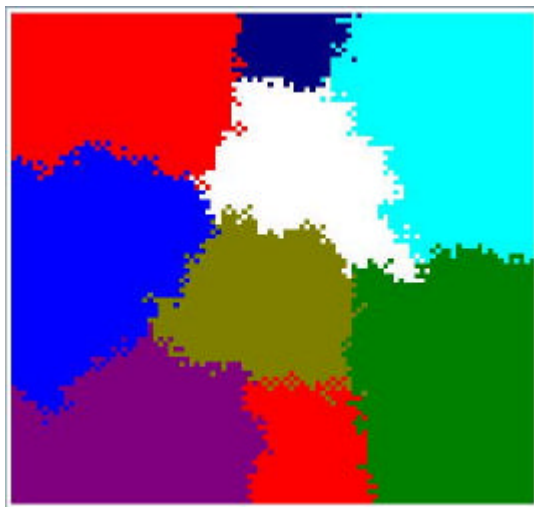
3.1 Colors

Interactiviteit maakt het dus mogelijk om ingewikkelde situaties goed te behandelen. Laten we weer met een voorbeeld beginnen, in dit geval het computerprogramma Colors. We zien twee figuren afgebeeld. De huidige figuur ‘groeit’ uit de eerste. De vraag is hoe de chaos van Figuur 4 zich ontwikkelt tot de relatieve orde van Figuur 5. Het antwoord is: via een simpele regel die in een complexe omgeving tot verbazingwekkende orde leidt.



Figuur 4 Colors, bij de start

Hoe verloopt dat proces nu? Colors is een computermodel met 10.000 spelers (de 100x100 gekleurde punten in Figuur 4), verdeeld in 16 groepen (aangegeven met 16 kleuren). Aanvankelijk is de verdeling geheel willekeurig, wat tot een zeer chaotisch beeld leidt. De spelers kunnen echter interacteren; als een geselecteerde speler een buurman van dezelfde kleur tegenkomt mogen ze gezamenlijk hun gebied met één speler in die richting uitbreiden. Welke speler 'aan de beurt' is wordt random bepaald. Het effect van de simpele interactieregel is verbazingwekkend. Heel snel ontstaan gebieden met dezelfde kleur. Na enige tijd begint het aantal kleuren af te nemen, omdat gebieden veroverd worden (er is wat dat betreft een duidelijke parallel met het bordspel Risk, waar ook na beginnende schermutselingen een beeld ontstaat van stabiele gebieden).



Figuur 5 Colors, na vele iteraties

De laatste fase waarbij uiteindelijk altijd één kleur wint - die uiteraard vooraf niet te voorspellen valt - kan geruime tijd in beslag nemen. Hier is een bijzondere parallel te trekken met een markteconomie. In een markt waar vele partijen actief zijn vindt in het algemeen een shake-out plaats totdat er een vier- tot vijftal spelers overblijft. Daarna ontstaat een soort van natuurlijk evenwicht (oligopolie). Ook binnen de computerwereld van Colors neemt het aantal kleuren vrij snel af tot er ongeveer vier overblijven. De strijd tussen de laatste kleuren duurt veel langer, net zoals bij de oligopolistische effecten in de markteconomie. Omdat in het Colors-voorbeeld het systeem gesloten is - er zijn immers geen invloeden van buitenaf en er kunnen geen nieuwe spelers ontstaan - zal er uiteindelijk één winnaar uit de bus komen. Wie dat is kan vooraf niet worden voorspeld, maar dankzij één simpele regel is een volslagen chaos omgevormd tot een situatie van de grootst mogelijke orde!

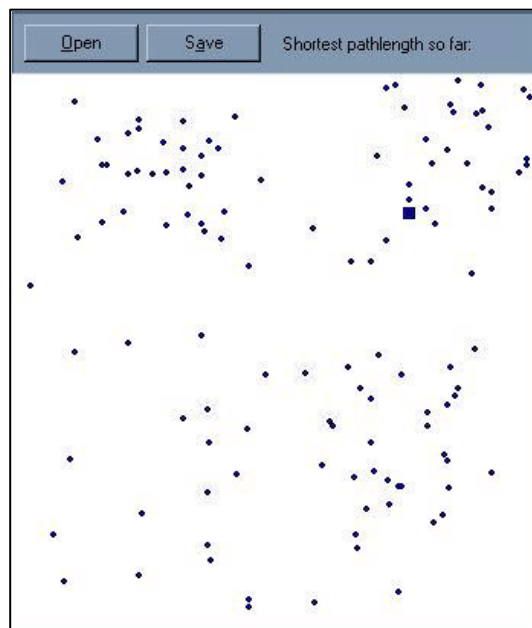
Als we terugkeren naar ons startpunt – interactieregels - is de Colors-regel daarvan een uitstekend voorbeeld, want de orde in Colors bestaat bij de gratie van interactie. Een rotonde kent hetzelfde fenomeen. De orde en doorstroming in het systeem ontstaan doordat de interactieregel (links heeft op een rotonde voorrang) ervoor zorgt dat de rotonde altijd zo snel mogelijk leegloopt. De naderende automobilist en de automobilist op de rotonde zien

elkaar en de voorrangsregel stuurt de interactie. Let wel, we hebben – behalve in Engeland - het grootste deel van de vorige eeuw steeds met de verkeerde regel gewerkt. Pas toen links voorrang kreeg begon dit proces goed te werken.

3.2 De krantenbezorger

Een tweede voorbeeld, voordat we dieper ingaan op de algemene kenmerken van interactie en interactieregels, is een klassieker: het ‘travelling salesman’ probleem. Het betreft een vertegenwoordiger die de kortste route wil bepalen om al zijn klanten te bezoeken. Dit probleem, dat de basis vormt van alle transport-scheduling problemen in de logistieke wereld, is alleen oplosbaar als alle mogelijkheden worden uitgerekend. Het is evident dat naarmate het aantal te bezoeken adressen toeneemt het aantal mogelijke routes exponentieel stijgt. Met 80 adressen, zoals in het onderstaande voorbeeld, zou dat uitrekenen zelfs met een snelle computer enige miljoenen jaren in beslag nemen. Wiskundig is het een zogenaamd “NP-hard” probleem. Er zijn namelijk geen ‘slimme’ algoritmes die eenvoudig de optimale route kunnen bepalen.

Een krantenbezorger kent hetzelfde probleem: wat is de kortste route om alle kranten te bezorgen. In Figuur 6 zijn het depot (het startpunt) en alle 80 adressen weergegeven. De krantenbezorger wil zo weinig mogelijk lopen, maar moet wel alle kranten bezorgen. In dit geval hoeft hij niet weer bij het depot uit te komen.



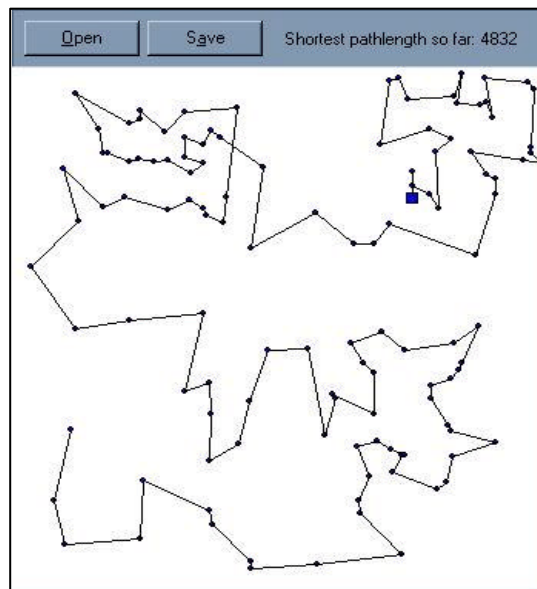
Figuur 6 De krantenbezorger, de adressen

We zoeken nu naar een eenvoudige manier om tot een aanvaardbare oplossing te komen, waarbij de vraag is natuurlijk wat wij onder aanvaardbaar verstaan. Als alle punten verdeeld zijn over twee uiterste hoeken, dan bedraagt de maximale loopafstand voor de krantenbezorger

(heen en weer blijven lopen tussen de hoeken) ongeveer 400.000 eenheden. Zijn de punten gelijkmatig verdeeld en kan de bezorger er eenvoudig langslopen, dan bedraagt de te lopen afstand ca. 4000 eenheden. Een oplossing die ver verwijderd blijft van 400.000 eenheden en de 4000 eenheden benadert is dus alleszins aanvaardbaar. De interessante vraag blijft hoe we daar toe komen. Hoe lossen we dat op?

Stelt u zich eens voor dat de krantenbezorger een nieuw adres moet invoegen. Wat zal hij doen? Waarschijnlijk zal hij het adres niet achteraan plaatsen, maar kijken tussen welke twee bestaande adressen het nieuwe adres het beste past. Dit kunnen wij natuurlijk ook vanaf het begin doen. Vanuit het depot kiezen we een willekeurig eerste punt. Dan ontstaat een simpele regel: neem een willekeurig volgend punt. Kijk tussen welke twee andere punten dat het beste past, of dat het wellicht het beste achteraan gesloten kan worden. Ga door tot je alle punten hebt gedaan. Onthoud het resultaat en begin opnieuw. Dit kun je in de computer eindeloos blijven doen, of net zolang tot het resultaat aanvaardbaar is. Interessant is dat alle gevonden oplossingen tot een route van minder dan 6000 afstandseenheden leiden. Na enige tientallen keren proberen (in de computer is dit een kwestie van seconden) wordt doorgaans een route van rond de 4800 eenheden gevonden. Lang niet slecht!

Hiermee streven we dus niet naar de optimale oplossing, maar wel naar een goede oplossing in zeer korte tijd. In 'real life'-probleemsituaties kan dit erg handig zijn, zoals voor koeriers die pas op het laatste moment nieuwe adressen krijgen en dus hun route onmiddellijk moeten aanpassen.



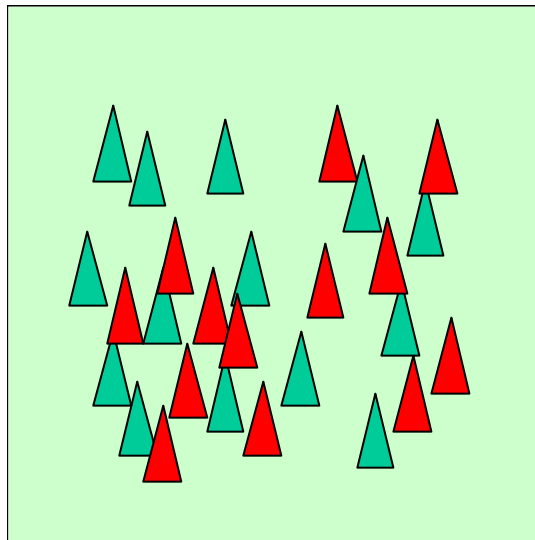
Figuur 7 De krantenbezorger, na enige iteraties

De essentie van het voorbeeld is opnieuw dat een simpele repeterende regel tot een eenvoudige oplossing voor een moeilijk probleem leidt. Het vinden van die regel kan trouwens erg moeilijk zijn. Meestal helpt het als we ons verplaatsen in de situatie van hen die het probleem dagelijks moeten oplossen!

3.3 Hoedjes

Het is dus niet gemakkelijk om simpele regels te bedenken. We geven hier een eenvoudig voorbeeld waarbij u dat zelf eens mag proberen.

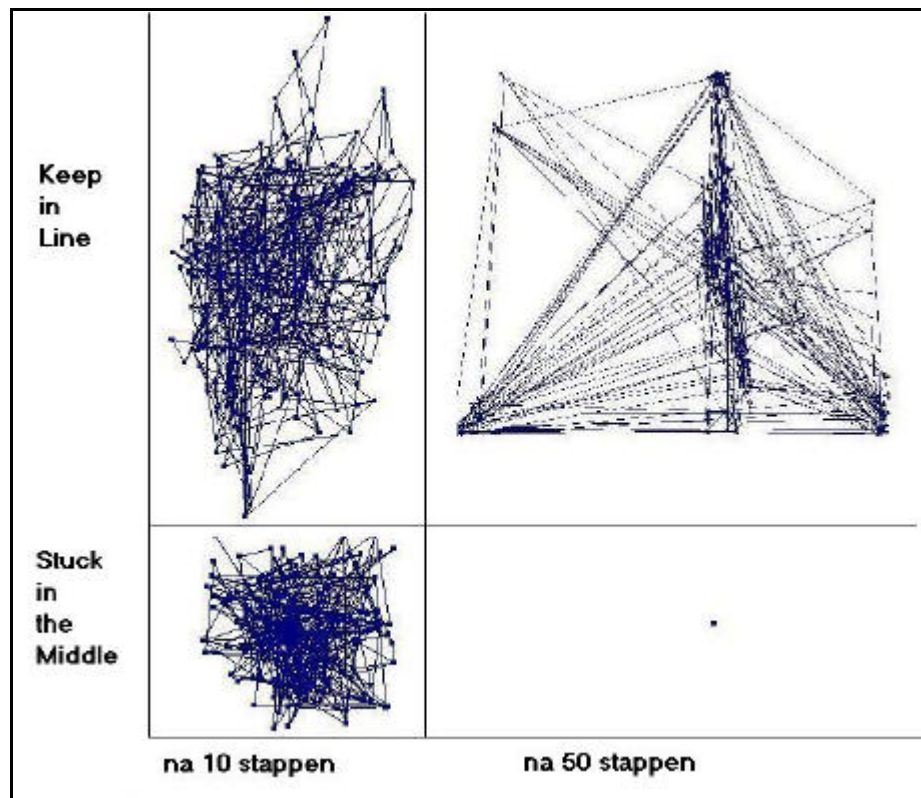
In een ruimte bevindt zich een groot aantal mensen. Elke deelnemer heeft een hoedje op, maar kan zelf niet zien welke kleur het heeft. Er zijn twee kleuren hoedjes. Het is de deelnemers niet toegestaan met elkaar te communiceren. Wel kunnen ze de kleur van het hoedje van de anderen zien. De opgave luidt: bedenk een interactieregel die er voor zorgt dat alle mensen met dezelfde kleur hoedje bij elkaar komen te staan.



Figuur 8 Hoedjes, ongeordend

De oplossing is te vinden aan het eind van hoofdstuk 5.

Een vergelijkbaar voorbeeld werd gegeven door Bonabeau (2002). Stel, er is een zaal met 100 personen. Deze personen wordt eerst gevraagd om willekeurig in de zaal rond te lopen. Er ontstaat een willekeurig patroon. Nu krijgt ieder de opdracht om twee anderen (A en B) te kiezen en te zorgen dat hij al bewegend op het verlengde van de lijn tussen A en B blijft. Het patroon dat daaruit resulteert is chaotisch. In Figuur 9 is dit de 'Keep in Line'-strategie; het linker patroon toont de toestand na 10 simulatiestappen, het rechter na 50 stappen.



Figuur 9 Bonabeau

De tweede opdracht is vervolgens om te zorgen dat men al bewegend tussen A en B blijft. We zien dan dat er zeer snel een concentratie in het midden van de zaal ontstaat. Achteraf is dit eenvoudig te beredeneren, maar als vooraf naar het verwachtingspatroon wordt gevraagd blijkt het heel moeilijk om het juiste antwoord te vinden. En als gevraagd wordt naar de simpele regel terwijl alleen de output van het systeem wordt getoond, is die regel niet te vinden! Het is dus heel moeilijk om deze simpele regels te ontdekken. In Figuur 9 heet deze tactiek 'Stuck in the Middle', want binnen 50 stappen blijft slechts een punt over: alle personen staan op een kluitje bij elkaar.

3.4 Wetten van interactiviteit

Wil interactiviteit behulpzaam zijn in ingewikkelder systemen dan die in de voorbeelden beschreven zijn, zoals ondernemingen of maatschappelijke systemen, dan dient ze aan een zestal wetten te voldoen:

1. Interactie tussen agenten onderling of tussen agenten en de omgeving leidt tot uitruil van 'utilities' (zoals goederen, diensten, informatie, emoties), in een min of meer constante stroom. Er zijn dus zeer veel interacties tijdens het bestaan van een systeem.
2. Alle interacties kunnen beschreven worden middels regels in een simpele ALS-DAN constructie [ALS gebeurtenis DAN actie].
3. Agenten kunnen irrationeel gedrag vertonen en zullen acteren onder condities van onvolledige informatie.
4. Evolutie van interactieregels is gebaseerd op experimenten (nieuwe regels of mutaties van bestaande regels) en nieuwe combinaties (uitruil van regels met andere agenten).
5. Binnen een systeem zullen agenten samenwerken maar elkaar ook beconcurreren, zowel wat uitruil van 'utilities' als evolutie van regels betreft.
6. Als gevolg van de interactieprocessen kunnen er nieuwe agenten geboren worden (worden toegevoegd aan het systeem) en er kunnen agenten sterven (uit het systeem verdwijnen).

Deze wetten verdienen enige toelichting. Allereerst moeten alle van toepassing zijn voordat we kunnen spreken van emergente systemen⁵. Onder emergente systemen verstaan we systemen waarbij het gedrag van het systeem rijker is dan direct uit de zuivere regels van de agenten kan worden afgeleid. Het geheel is dus meer dan de som der delen. We zullen nu de zes wetten van interactiviteit wat nader bekijken. In de volgende paragraaf zullen we ze dan toepassen op een voorbeeld uit de luchtvaart.

3.4.1 *Constante stroom transacties*

De interacties tussen de agenten (spelers) binnen het systeem bepalen hoe het systeem zich gedraagt. Bij een systeem met weinig agenten die slechts sporadisch interacteren zal het toeval een grote rol spelen. Het is dan sterk van het toeval afhankelijk welke agent aan de beurt is, welke andere agenten hij ontmoet en hoe de interactie wordt afgehandeld.

Als echter het aantal transacties tussen agenten groeit zorgt de wet van de grote getallen voor een stabielere situatie. Doordat de vele interactieregels allemaal regelmatig gebruikt worden (en dus op praktische bruikbaarheid getoetst) ontstaat een regelmatig beeld van het systeem als geheel. Grote

⁵ Er zijn nog meer wetten nodig op systeem en governance niveau, die volgen in de hoofdstukken 4 en 5.

hoeveelheden interacties zijn dus een essentiële voorwaarde voor het ontstaan en laten evolueren van nuttige interactieregels.

3.4.2 *Simpele regels*

Regels worden opgebouwd uit simpele Booleaanse expressies, de bouwstenen voor de ALS-DAN constructies. Booleaanse algebra werkt met de operatoren 'EN', 'OF' en 'NIET':

- 'ALS regen DAN paraplu' is een zeer eenvoudige regel.
- 'ALS windkracht > 6 DAN NIET paraplu' introduceert de Booleaanse operator 'NIET'.
- 'ALS (regen EN (windkracht < 6)) DAN paraplu' introduceert een iets complexere constructie met de operator 'EN'.

Op deze wijze zijn zeer ingewikkelde ALS-DAN constructen te bouwen. Theoretisch kan worden aangetoond dat met de operatoren 'EN', 'OF' en 'NIET' alle mogelijke combinaties kunnen worden gemaakt en dat deze set dus voldoet om alle interactieregels mee te beschrijven.

3.4.3 *Niet-rationeel gedrag*

Als agenten een beperkte set strikte regels hebben en zich daar te allen tijde aan houden, zal het systeemgedrag tot in redelijk detail voorspelbaar zijn. Strikte regels verdragen zich echter slecht met een veranderende omgeving, omdat ze verhinderen dat er nieuwe regels in de omgeving worden ontdekt. In de werkelijke mierenwereld zijn er af en toe mieren die niet het sterkste reukspoor volgen maar een willekeurige andere kant opgaan. Hierdoor kunnen ze nieuwe voedselbronnen in de omgeving ontdekken. Dit principe wordt tegenwoordig ook toegepast in telecommunicatienetwerken waar pakketjes met data zelf hun weg zoeken. In 99% van de gevallen volgen ze een spoor door alle netwerkknoppunten dat door voorgangers als goed is bestempeld, maar heel af en toe proberen ze een random andere weg om verbeteringen te vinden. Dit is niet-rationeel gedrag op agentniveau, maar het is essentieel om het systeem als geheel te laten overleven.

In de managementwereld zit dit – van buitenaf gezien irrationele – gedrag opgesloten in de werkelijkheid, omdat managers met grote regelmaat gedwongen worden beslissingen te nemen onder condities van onvolledige informatie. Soms betekent dat simpelweg het nemen van 'een gok'. En soms is het ook de gok waard om eens iets heel anders te doen dan alle concurrenten, zelfs als de uitkomst van die actie niet goed te bepalen is. Deze acties kunnen vanuit de agent heel rationeel zijn, maar zijn soms irrationeel vanuit het systeem bezien. Toch is ook dit een belangrijke voorwaarde om te komen tot systemen die vooruitgang kunnen boeken: denk aan 3M's toevallige ontdekking van de gele 'post-it notes' en andere toevallige innovaties.

3.4.4 *Experimenten en recombinitie*

Een tweede belangrijk aspect van vooruitgang is natuurlijk de ontwikkeling van de interactieregels zelf. Hier kan de evolutietheorie ons helpen. Deze onderkent drie basisontwikkelingsvormen: selectie, mutatie en recombinitie.

Door selectie zullen van alle interactieregels die zijn geprobeerd slechts de beste overblijven ('survival of the fittest'). Door mutatie ontstaan werkelijk nieuwe regels uit toevallige veranderingen. 'Fouten' en 'irrationaiteit' zijn dus bronnen van mutatie.

De agenten moeten deze regels snel kunnen aanpassen en testen. De capaciteit om snel met nieuwe regels te experimenteren en bij goed resultaat deze snel te verspreiden over de gemeenschap van agenten maakt dat een systeem veel beter overweg kan met omgevingsveranderingen.

De derde variant – recombinitie – is een vorm waarbij tussen agenten gedeeltes van regels worden overgedragen, zodat nieuwe regels ontstaan die het beste van twee oude regels in zich bergen. Dit leidt in het algemeen tot een snellere verbetering van de regelset omdat er sneller geleerd kan worden. Daarvoor is dan wel een vorm van overdraagbaarheid tussen agenten vereist. Ook hier geldt natuurlijk dat deze nieuwe regels weer worden betrokken in het proces van selectie en mutatie.

Het adaptief vermogen van een systeem is dus afhankelijk van de mogelijkheden om experimenten uit te voeren en nieuwe regels te creëren. Dat moet dan ook nog plaatsvinden terwijl het systeem gewoon functioneert.⁶ Systemen die niet kunnen experimenteren en recombineren kunnen op langere termijn niet succesvol functioneren.

3.4.5 Samenwerking en concurrentie

Als er in een systeem gebrek is aan een bepaalde resource zal er tussen de agenten strijd om die resource ontstaan. Stel dat we een simpel systeem ontwerpen met alleen consumenten en producenten; als er dan te veel producenten zijn, zal de prijs uiteraard dalen tot er een zeker evenwicht ontstaat; de producenten gaan elkaar dus beconcurreren. Tegelijkertijd hebben die producenten grondstoffen nodig, waarbij het handig is (efficiënt en/of effectief) om daar samen naar te zoeken. Dit coöperatie/competitiedilemma bestaat zowel op exploitatieniveau (bij kerntaken als het zoeken naar voedsel) als op exploratieniveau (bij het zoeken naar nieuwe regels). Alle systemen met grote gevarieerde groepen agenten kennen dit principe. Samenwerking tussen agenten maakt overdracht van (delen van) regels mogelijk. Concurrentie is juist een stimulans voor agenten om zelf nieuwe regels te ontdekken.

3.4.6 Geboorte en dood

Ten slotte moet in interactieprocessen de mogelijkheid van geboorte en dood van agenten bestaan. Overdraagbaarheid en recombinitie van regels zijn typisch eigenschappen die horen bij de geboorte van nieuwe agenten. De zojuist genoemde concurrentie kan (en moet) ertoe leiden dat agenten uit het systeem verdwijnen. Interactieregels die leiden tot geboorte en dood zijn dus noodzakelijk wil het systeem werken.

⁶ Dit probleem is bekend als het exploratie/exploitatiedilemma: als alle energie wordt besteed aan het zoeken van nieuwe regels, dreigt uitsterven op korte termijn; als alle energie wordt gebruikt om de huidige situatie in stand te houden, dreigt uitsterven op de wat langere termijn.

De volgende stap is het toepassen van deze interactieregels op een drietal voorbeelden: vogels in een zwerm, Free Flight en het verpakkingsconvenant. Niet alle wetten van interactiviteit zijn voor elk voorbeeld één-op-één in te vullen, maar bij elkaar genomen geven de voorbeelden een goed beeld van de wetten.

3.5 Vogels

Laten we ons eens een zwerm vogels voor de geest halen. Hoe kunnen vogels toch zo keurig in formatie vliegen? Hoe leren ze om bij de zwerm te blijven? Welke succesvolle interactieregels passen ze toe om zulk opmerkelijk complex en toch geordend gedrag in stand te houden? Ze vormen immers niet alleen een zwerm, maar als zodanig spelen ze het ook klaar om obstakels te omzeilen zonder ze te raken, doordat ze bliksemsnel hun formatie verbreken en zich met grote snelheid hergroeperen.

Vaak wordt het voorbeeld van een zwerm vogels gebruikt om aan te geven hoe complex gedrag kan ontstaan uit simpele regels. Dikwijls nemen deze regels echter de volgende vorm aan: 'Bereken het zwaartepunt van de zwerm alsmede de vliegsnelheid en pas uw gedrag dienovereenkomstig aan.' En inderdaad levert dit soort regels heel acceptabel zwermgedrag op. Toch is het moeilijk te geloven dat vogels in staat zijn het zwaartepunt van de zwerm of de vliegsnelheid te berekenen. Er moet toch een eenvoudiger verklaring voor hun gedrag zijn.

De eenvoudigste verklaring voor zwermgedrag kan worden gevonden in de toepassing van de regel: '[ALS] vogels voor je [DAN] vlieg zo snel mogelijk in de richting van de dichtstbijzijnde vogel.' Uit simulatie blijkt dat zelfs deze ene simpele regel de vogels in staat stelt in een geordend - zij het primitief - patroon te vliegen.

Dit is echter slechts één van de mogelijke interactieregels. Het blijkt dat vogels op basis van enigszins beperkte waarnemingen (ze zien alleen de vogels voor zich, naast zich en boven en onder zich) en een beperkte set mogelijke acties (sneller vliegen, langzamer vliegen, naar links, naar rechts, naar boven en naar beneden) een veel rijkere set aan interactieregels kunnen vormen. Elke mogelijke regel leidt tot resultaat, maar de ene regel is succesvoller dan de andere. Succesvolle regels zullen leiden tot een dichtere zwermformatie (dat is veiliger, zowel voor de individuele vogels als voor de zwerm), terwijl elke vogel zich minder hoeft in te spannen. Het is redelijk te veronderstellen dat vogels niet rationeel uit deze regelset zullen kiezen. In plaats daarvan zullen vogels die toevallig een succesvolle regel volgen een grotere kans op overleven hebben dan vogels die een minder succesvolle regel volgen⁷. Hierdoor zullen in de loop van de evolutie de regels zichzelf

⁷ Een beroemd voorbeeld is afkomstig uit Engeland: het betreft het gedrag van roodborstjes en mezen bij de introductie van een nieuwe dop voor melkflessen. Beide soorten vogels dronken uit de tot dan toe open melkflessen. Toen een dop op de fles werd aangebracht ontdekte een slimme mees dat die lekgeprikt kon worden, waarop alle mezen dit gedrag zeer snel overnamen. Wat de roodborstjes betrof: die zijn niet dommer en er zijn ook geweest die de 'truc' ontdekt hebben. Maar roodborstjes schermen hun gebied af en interacteren niet. Ze zijn daardoor niet in staat om als populatie te leren en voor hen is deze voedselbron dan ook verloren gegaan. Dit voorbeeld is ontleend aan De Geus (1997), en is oorspronkelijk afkomstig van prof. Allan C. Wilson.

uitslecteren: de minder goede regels verdwijnen na verloop van tijd uit het systeem. Op deze manier is de zwerm vogels in staat te leren. Feitelijk leren de vogels individueel, maar de toestand van de zwerm bepaalt mede het succes van een regel, de zwerm evolueert dus mee. Evolutie zorgt er daarnaast voor dat regels soms willekeurig gemuteerd worden, waardoor nieuwe regels kunnen ontstaan.

We zien in dit vogelvoorbeeld de meeste wetten van interactiviteit terug: een constante stroom interacties, simpele regels, incomplete informatie en evolutie van regels.

3.6 Free flight

Elk enigszins modern lijnvliegtuig beschikt over een Automatic Collision Detection System (ACDS). Dit is een mechanisme dat automatisch in werking treedt als een ander toestel te dicht nadert. In eerste instantie wordt de piloot gewaarschuwd dat er een koerswijziging nodig is om een botsing te vermijden. Als na enige tijd de piloot geen actie heeft ondernomen en het toestel dus nog steeds een 'collision course' aanhoudt, zal het systeem zelf actie ondernemen en vlak voor een eventuele botsing abrupt van koers veranderen. Dit systeem communiceert met het ACDS-systeem van het andere toestel (en alle overige toestellen in de omgeving), zodat niet beide toestellen naar dezelfde kant uitwijken. Een botsing is op die manier zo goed als onmogelijk. Gaat echter de verkeersleiding zich ermee bemoeien, dan neemt de kans op fouten toe.

De toepassing van dit mechanisme is momenteel beperkt tot op noodgevallen. Maar waarom zouden we dat niet veel algemener inzetten? Iedereen die regelmatig vliegt kent het fenomeen: iedereen is op tijd aan boord, niets lijkt vertrek op tijd in de weg te staan, en dan volgt de mededeling: 'Air traffic control geeft ons nog geen toestemming om te vertrekken vanwege het drukke luchtverkeer'. En toch ziet het luchtruim er redelijk leeg uit. In deze driedimensionale omgeving moeten toch veel vliegtuigen elkaar eenvoudig kunnen passeren. De moeilijkheid is echter dat het luchtverkeer door mensen geregeld wordt en de complexiteit met grote aantallen vliegtuigen snel toeneemt, vandaar genoemde mededeling.

Een aantal ontwerpers in de Verenigde Staten heeft bedacht dat het ACDS-systeem een ruimere toepassing zou kunnen krijgen. Er wordt rondom elk vliegtuig een soort virtuele rubberen bal gecreëerd die onderweg in zekere mate tegen rubberen ballen van andere vliegtuigen kan aanbotsen. De ruimte tussen de toestellen is daarmee veilig en ze kunnen door onderlinge communicatie eenvoudig hun eigen weg vinden. Tests met dit systeem, zowel in simulatie als in werkelijkheid, hebben aangetoond dat de doorstroming daarmee zienderogen verbetert (de throughput nam bij instandhouding van de corridors toe met 30%; loslaten van die corridors maakt de beschikbare ruimte zelfs 10 tot 100 keer zo groot). Minder management leidt dus tot beter resultaat. Dit is dan ook een duidelijk voorbeeld dat het managen van het systeem wordt overgewaardeerd. Proberen om strikt te managen leidt tot opstoppingen en onnodig ingewikkelde oplossingen. Een oplossing waarbij de spelers de zaken onderling regelen is niet alleen veel eenvoudiger, maar blijkt ook nog veel beter te functioneren!

Hoe zijn nu in dit voorbeeld de wetten van interactiviteit toegepast? We stelden als eerste voorwaarde dat er een continue stroom transacties moest zijn. De constante afstemming tussen de vliegtuigen is daarvan een duidelijke invulling. De interactieregels zijn bovendien eenvoudig: 'ALS ander vliegtuig te dichtbij DAN pas koers aan'.

Irrationeel gedrag vinden we niet direct terug (dat wil men bij veiligheidssystemen veelal uitsluiten), maar het systeem kan wel beslissen terwijl niet alle informatie beschikbaar is. Het hoeft namelijk alleen maar te kijken naar de vliegtuigen die zich dichtbij bevinden en heeft geen overzicht van het hele luchtruim nodig⁸. In de exploitatie van het systeem worden niet direct nieuwe regels gecreëerd, maar de reeks variabelen kan wel worden aangepast. Als bijvoorbeeld snellere vliegtuigen worden ontwikkeld zal het reactiemoment zich daar vanzelf aan aanpassen. Ook de coöperatie/competitie-wet is hier verwerkt. Uiteindelijk wil elk vliegtuig zo snel mogelijk de plaats van bestemming bereiken, maar willen ze ook allemaal veilig aankomen. Ze werken dus samen, maar willen toch als eerste arriveren. Ten slotte is er een vorm van 'geboorte' en 'dood' herkenbaar. Zo zullen vliegtuigen die dit spel niet kunnen spelen, dus vliegtuigen zonder zo'n ACDS, vanzelf uit het systeem worden verwijderd. Ze worden te lastig en te duur. Aan de andere kant zal het systeem zich verder ontwikkelen, en zullen vliegtuigen met nieuwere technologie het systeem betreden, waardoor uiteindelijk de oude varianten weer zullen verdwijnen.

3.7 Verpakkingsconvenant

Een derde voorbeeld vloeit voort uit het gegeven dat samenwerking in een keten van bedrijven een ingewikkelde zaak is. Er is geen natuurlijke basis van vertrouwen, iedereen verwacht eigenlijk dat de ander waar mogelijk zijn eigen voordeel zal proberen te vergroten.

Het voorbeeld betreft het zgn. verpakkingsconvenant. Het punt is hier dat in het grote aantal stappen van producent tot klant een veelheid aan verpakkingsmaterialen aan een product wordt toegevoegd. Pallets tussen groothandel en distributeur, dozen bij levering aan de retailer en natuurlijk de consumentenverpakking die het product zelf al heeft. Al deze verpakkingen leiden tot een grote afvalberg, maar tot dusver bestond er geen incentive om die te verminderen. Integendeel, handige verpakking maakte het afleverproces eenvoudiger en goedkoper. De partij aan het eind van de keten bleef met de rommel zitten, alle andere partijen hadden wel de lusten maar niet de lasten. Toch ontstaat er langzamerhand een algehele behoefte om de hoeveelheid verpakking terug te dringen, ook al omdat de wettelijke regels voor de afvoer van afval steeds strenger worden.

Na lange onderhandelingen is nu tussen alle belanghebbende partijen een convenant gesloten, waarvan het principe uitermate simpel en doeltreffend is. Alle verpakking die een partij ontvangt van de vorige schakel in de keten mag ze weer aan de afzender terugsturen. Het gevolg is dat elke partij alle verpakking die ze toevoegt ook weer moet innemen. Het effect van een dergelijk 'feed the shit back'-principe is dat het nu ineens in het belang is van alle partijen om zo weinig mogelijk afval te produceren. En dat is in werkelijkheid ook gebeurd!

⁸ Op dit moment krijgen vliegtuigen pas clearing als vooraf is vastgesteld dat de gehele route naar de eindbestemming beschikbaar is.

Dit voorbeeld toont twee belangrijke zaken aan: allereerst de eenvoudige interactieregel in de vorm van het ‘feed the shit back’-principe, waarbij de veroorzaker ook de consequenties moet accepteren, en ten tweede de veranderende rol van de regelgever. Het was niet nodig om strikte wetten te ontwerpen en te handhaven of om elke afvoer van verpakking te monitoren; met één simpele regel is een situatie gecreëerd waarin de belangen van partijen en overheid dezelfde zijn geworden. Handhaving is slechts beperkt noodzakelijk en de overheid bestuurt slechts de interactie in plaats van het management van het systeem op zich te nemen. De terugtrekkende overheid laat dus een zelforganiserend systeem achter en hoeft slechts af en toe te controleren of er geen vreemde uitspattingen ontstaan.

Als we dit laatste voorbeeld weer tegen het licht van onze wetten van interactiviteit houden komen we tot dezelfde conclusies als bij Free Flight: in de kern zijn (delen van) alle wetten opgenomen, sommige wat duidelijker dan andere. Blijkbaar zijn al deze wetten nodig om tot een goed functionerend systeem te komen.

4. Systeem

Een systeem kan niet alleen met de interactie tussen de spelers worden gedefinieerd. We hebben ook een notie van het systeem als geheel nodig. In de praktijk is dat vaak vrij eenvoudig: we hebben het over een land, een onderneming of een verkeerssituatie. Een formele definitie van een systeem is echter veel lastiger, omdat het moeilijk is de grenzen scherp te definiëren. Van belang is dat er een aantal kenmerken bestaat dat niet op agent- maar wel op systeemniveau geldt. De praktijk geeft dit duidelijk aan. Immers, als manager ben ik verantwoordelijk voor het goed functioneren van de gehele onderneming en dan zijn de simpele interactieregels tussen de spelers niet voldoende om succes of falen te kunnen meten.

We beginnen weer met een voorbeeld, nu met de focus op systeemniveau. (N.B: ook hier zijn de voorbeelden bedoeld als illustratie bij een of meer systeemwetten, maar voldoen ze niet noodzakelijk één-op-één aan al die wetten.)

4.1 Hiërarchie versus chaos: een voetbalwedstrijd

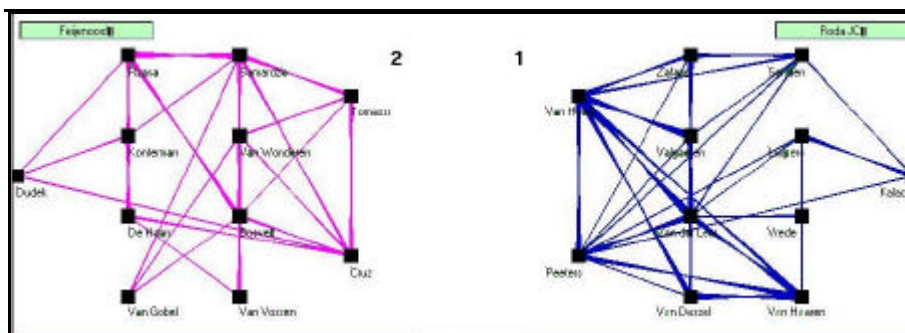
Een voetbalwedstrijd is een voorbeeld van een keurig afgebakend systeem⁹. De manager (coach of trainer) staat langs de kant om aanwijzingen te geven en kan eventueel spelers binnen het systeem vervangen. De regels zijn relatief eenvoudig, het team dat de meeste doelpunten maakt heeft gewonnen. Er is een hele reeks zogenaamde spelregels, die vreemd genoeg heel weinig zeggen over het spel. (Er zijn bijvoorbeeld geen regels voor de opstelling van de teams, terwijl dat grote invloed kan hebben op het verloop van het spel!) Ze bepalen in hoofdzaak de randvoorwaarden. Er bestaat ook een aantal interactieregels die door team en trainer worden bedacht. Deze regels zijn niet strikt vastgelegd, maar algemeen bekend. Eenvoudige voorbeelden zijn: 'Speel de bal naar een speler die een betere scoringskans heeft' en 'Doet zich een scoringskans voor, benut die dan, tenzij de vorige regel van toepassing is'. In de praktijk zijn er vele tactische systemen, die soms van verschillende regels uitgaan. Het Italiaanse catenaccio bijvoorbeeld is vooral gericht op het voorkomen van doelpunten.

Voor de trainer is het teamresultaat belangrijker dan de resultaten van de individuele spelers. Er moet dus een evenwicht zijn tussen solistische acties en het doorgeven van de bal. Er moet ook een evenwicht bestaan tussen alle spelers, het team moet beter functioneren dan de verzameling afzonderlijke spelers. Dat is het hoofddoel van de trainer.

In een aantal experimenten hebben we getracht dit te meten door te kijken naar orde en wanorde in het team. Een volledige hiërarchisch systeem zou betekenen dat alle ballen via vaste lijnen bij één centrale speler terechtkomen die dan bepaalt aan wie de bal wordt doorgegeven. Een sterk Tayloristisch beeld, met een top die opdrachten naar beneden geeft. Veel voorkomend bij organisaties, maar lachwekkend voor een voetbalelftal. Een compleet chaotisch systeem zou betekenen dat elke speler de bal naar een willekeurige medespeler zou plaatsen. Theoretisch misschien aardig, maar praktisch

⁹ Daarmee is het systeem dus gesloten en voldoet het niet aan alle systeemwetten die we later zullen bezien. Het voorbeeld is hier opgenomen om de noodzaak van onbalans en energie toe te lichten (zie paragraaf 4.2)

evenmin erg effectief. Hoe werkt het in de praktijk? Figuur 10 toont dit voor een willekeurig gekozen wedstrijd (de dikte van de lijnen geeft het aantal keren weer dat de bal van de ene speler naar de ander is gespeeld; er is pas een connectiviteitslijn getrokken als er meer dan 5 interacties zijn geweest tussen twee spelers).



Figuur 10 Voetbal, de connectiviteit en concentratie

In dit voetbalvoorbeeld wordt duidelijk dat er tussen sommige spelers meer contact is dan tussen anderen. Om dit in kaart te brengen introduceren we twee nieuwe termen:

- **Connectiviteit:** het *aantal* verbindingen tussen spelers (ofwel de interactiedichtheid).
- **Concentratie:** de *scheefheid* van de verdeling van het aantal verbindingen.

In het voorbeeld is connectiviteit het aantal verschillende combinaties van spelers die de bal onderling hebben overgespeeld. Het maximum bij 11 spelers is dan 110 verbindingen (elke speler kan de bal immers naar 10 anderen doorgeven). De maximale connectiviteit is dus 110.

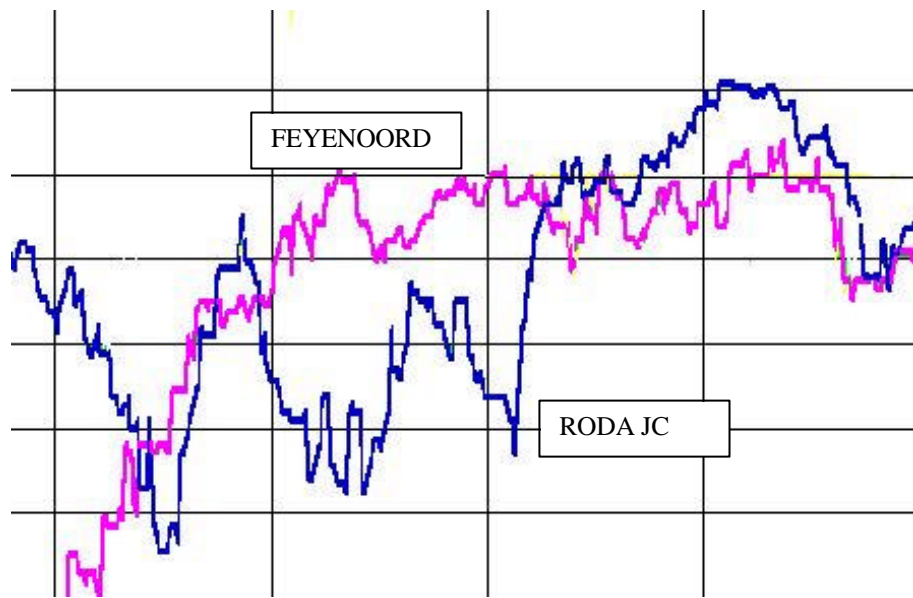
De concentratie is hoger naarmate de dikte van de stromen schever (minder gelijk) is verdeeld. Ze zou maximaal zijn als elke bal altijd via één centrale speler naar een andere speler zou worden verplaatst. Ze zou minimaal zijn als alle spelers in gelijke mate de bal naar de andere spelers zouden plaatsen.

Beide grootheden spelen een belangrijke rol: concentratie en connectiviteit bepalen samen de hoeveelheid wanorde (*entropie*) in het elftal. Figuur 10 geeft het overspelen van de bal door beide teams weer en enig patroon is wel herkenbaar. Duidelijk is dat in het algemeen niet alles via één centrale speler loopt maar dat ook niet iedereen in gelijke mate met iedereen contact heeft. Er is een zekere orde aanwezig. Interessant daarbij is de – voorlopige – constatering¹⁰ dat de entropieniveaus¹¹ van de twee teams altijd dicht bij elkaar liggen maar wel tussen wedstrijden kunnen verschillen én dat de

¹⁰ Na analyse van een beperkt aantal wedstrijden.

¹¹ Entropie is een wiskundige mate voor wanorde

ploeg met een marginaal hoger entropieniveau, dus de meeste wanordelijkheid, meestal wint. Een overschot aan entropie (net iets meer verschillende combinaties kunnen maken) is blijkbaar gunstig. Een te grote entropie betekent echter dat het een chaos wordt, en dat vermindert juist weer de kans om te winnen. In Figuur 11 is de entropie-ontwikkeling van Feyenoord-Roda JC te zien over een gedeelte van de wedstrijd (de wedstrijd werd met 2-1 door Feyenoord gewonnen).



Figuur 11 Voetbal, ontwikkeling van de entropie in de tijd

4.2 Systeemwetten

Systeemwetten hebben vooral betrekking op de definitie, taak en werkwijze van het systeem als geheel. Niet de acties van de individuele agenten, maar de gevolgen voor het systeem als geheel zijn onderwerp van deze wetten. We onderkennen er vijf:

1. Een systeem moet op agentniveau open zijn naar de omgeving, om uitruil van 'utility' met die omgeving mogelijk te maken.
2. Wil het systeem kunnen voortbestaan, dan moet de uitruil met de omgeving leiden tot een win-win situatie (*positieve non-zero sum game*), zowel op agent- als op systeemniveau.
3. Onbalans ('edge of chaos') is de basis voor energie; er is een bandbreedte voor de wanorde in het systeem.
4. Het entropieniveau (de mate van wanorde) van het systeem moet dicht bij het entropieniveau van de omgeving liggen.

5. Zowel op systeem- als op agentniveau is er een maat van effectiviteit en efficiency, waarmee het relatieve succes van het systeem wordt bepaald. Deze informatie is direct beschikbaar voor alle agenten en voor de systeembestuurder.

Ook hier geldt weer dat aan alle wetten voldaan dient te zijn voordat we van een emergent systeem kunnen spreken. Het voetbalvoorbeeld illustreert met name de drie laatste wetten.

4.2.1 *Open naar de omgeving*

Uitruil met de omgeving is voor een systeem om een aantal redenen van eminent belang. Zonder uitruil zal het systeem ofwel stollen ofwel vervallen tot volledige chaos. Om nog even naar het voetbal terug te keren, dat laatste zien we bijvoorbeeld wanneer nog jonge voetballertjes zonder enige hulp aan een wedstrijd beginnen; er ontstaat dan een onontwarbare kluwen spelers, vaak zonder veel succes op systeemniveau¹². Om te voorkomen dat het systeem in chaos onttaardt is uitruil nodig om entropie (wanorde) te kunnen exporteren en energie te kunnen importeren. In de meeste systemen zijn beide vormen van uitruil parallel aanwezig.

Op een veel praktischer niveau is uitruil natuurlijk evident. Als een onderneming een product fabriceert heeft ze input (zoals grondstoffen) van buiten nodig én moet ze producten naar buiten kunnen leveren.¹³

4.2.2 *Positieve non-zero sum game*

De eerste doelstelling van een systeem is zijn eigen voortbestaan. Als dat direct wordt bedreigd zijn andere zaken niet relevant. Onder deze conditie zal een systeem alleen een uitruil met zijn omgeving aangaan als dat voordeel biedt. Een eenvoudig voorbeeld: een onderneming wil haar gefabriceerd product graag voor meer dan de pure kostprijs aan de omgeving verkopen. Omgekeerd zal de omgeving het product alleen kopen als de prijs overeenkomt met wat het product haar waard is. Zowel koper als verkoper denken van de uitruil beter te worden. Deze vormt voor beide een positieve uitslag ('win-win').

Alleen als aan deze randvoorwaarde is voldaan zal er continu uitruil plaatsvinden, waarbij economische wetten aangeven dat zo een evenwichtige prijs tot stand zal komen. In emergente systemen kan een agent niet het gehele speelveld overzien en zullen lokale evenwichten worden bereikt, maar er is niet noodzakelijk een optimale marktprijs voor een product. Dit is geheel conform de werkelijkheid waarbij prijzen voor hetzelfde product tussen winkels of regio's zullen variëren.

De uitruil komt tot stilstand als geen van de agenten in het systeem of de omgeving nog een incentive heeft om de uitruil aan te gaan. Dit is het geval wanneer het belang van de één ten koste gaat van dat van de ander (zero sum game) of wanneer beide spelers door uitruil slechter af zijn (negatieve non-

¹² Natuurlijk is 'succes' bepaald door het systeemdoel, dat bij jeugdvoetballers vooral plezier is. In die zin slaagt het systeem in het algemeen wonderwel.

¹³ Dit benadrukt het belang van een precieze systeemdefinitie. Als we die te breed kiezen, zal dus vrijwel elk systeem altijd 'open' zijn. De systeemdefinitie moet dus alleen betrekking hebben op die aspecten van het systeem die we willen analyseren.

zero sum game). Daarmee is het systeem feitelijk gesloten voor de omgeving, wat zijn voortbestaan bedreigt. Er moet dus een blijvende positieve non-zero sum game zijn.

4.2.3 Onbalans als basis voor energie

In economische omgevingen zouden we twee uitersten kunnen bedenken. Aan de ene kant een situatie van grote stabiliteit, met zeer voorspelbaar gedrag van alle agenten en de omgeving. Aan de andere kant een situatie van grote chaos, met onvoorspelbaar gedrag van alle agenten en hun omgeving. De financiële markten neigen naar de laatste vorm en de resultaten zijn dan ook notoir onvoorspelbaar. Toch is juist aan deze kant van het spectrum veel geld te verdienen (en te verliezen). In een geheel stabiele situatie zal de prijs uitkomen op een minimumniveau (vlak boven de kostprijs) en wordt dus relatief weinig verdiend.

De onbalans van de markt levert dus vele mogelijkheden om tot een goede uitruil te komen. Volledige chaos is daarbij ongewenst, maar voldoende beweging is een vereiste. Juist op deze rand tussen orde en chaos - 'the edge of chaos' - blijken emergente systemen het beste te functioneren.

4.2.4 Entropie van systeem en omgeving

Elk systeem kent een zekere mate van wanorde. In een onderneming kunnen we die definiëren door de hoeveelheid combinaties van afzonderlijke activiteiten te koppelen aan de snelheid waarmee een vraag uit de markt kan worden ingevuld. Immers, als er te weinig combinatiemogelijkheden zijn leidt dat tot minder geschikte oplossingen, te veel mogelijkheden maken de zoektijd naar een geschikte oplossing uiteindelijk oneindig. De mate van wanorde in een systeem bepaalt mede de mogelijke reactie naar de omgeving. De verhouding tussen de gevraagde variatie vanuit de markt en de complexiteit van het interne oplossingsdomein is dus van eminent belang. Een star systeem kan per definitie niet snel veranderen en zal dus in een zeer beweeglijke markt het onderspit delven. Omgekeerd echter zullen systemen die zo ingericht zijn dat ze zich zeer snel aan veranderingen in de omgeving kunnen aanpassen, in een zeer stabiele omgeving meer kosten maken dan hun stabiele concurrenten. In een stabiele markt – die vaak veel concurrentie kent, waardoor de prijzen laag zijn – is een dergelijk aanpassingsvermogen uiteindelijk in de concurrentieverhoudingen onbetaalbaar. Ook deze ondernemingen moeten het onderspit delven.

Dit betekent dat er geen eenduidig ideaal bedrijfsmodel bestaat, maar dat het model voor elke afzonderlijke onderneming moet passen bij haar omgeving. Te rigide is even slecht als te flexibel.

4.2.5 Effectiviteit en efficiency

Systemen zoals ondernemingen kennen een zekere flexibiliteit, zodat ze zich kunnen aanpassen aan de omgeving. Om het succes van die aanpassingen te kunnen meten is een maat nodig voor wat 'beter' en 'slechter' is. Als een nieuwe interactieregel wordt gebruikt tussen agenten leidt dat tot ander gedrag. De betreffende agent moet dan kunnen zien of dit een verbetering is. Het is daarbij essentieel dat die maatvoering continu voor alle spelers en voor het systeem beschikbaar is. Slechts dan zijn zinvolle verbeteringen mogelijk en kan een systeem zich meetbaar in gunstige zin aanpassen aan de omgeving.

Een belangrijke kanttekening is dat een verbetering alleen als zodanig bestempeld kan worden als de combinatie van effectiviteit en efficiency verbetert. Bij een retailer kan een simpele regel die de voorraad verhoogt de kans op neeverkoop sterk verlagen, maar alleen tegen lagere efficiency. Hier wordt dus een trade-off gemaakt binnen de bestaande systeemprestatie. Dat is dus geen betere regel, maar alleen een andere keuze. Het realiseren van een hogere effectiviteit bij gelijkblijvende efficiency of een efficiëntere regel bij gelijkblijvende effectiviteit zijn daarentegen werkelijke verbeteringen.

4.3 KPN-klusdienst¹⁴

De gemiddelde klant van KPN heeft heel direct contact met de organisatie als er werkzaamheden bij hem aan huis moeten worden uitgevoerd. In het verleden was het niet ongewoon als een servicemedewerker van KPN een of meer keren moest terugkomen voor één simpele handeling, omdat hij de juiste spullen niet bij zich had, in tijdnood was gekomen omdat een eerdere afspraak was uitgelopen, enzovoort. Slecht voor de naam van KPN, frustrerend voor de servicemedewerker en irritant voor de klant. KPN heeft dit probleem echter op een eenvoudige en doeltreffende wijze opgelost. Niet door meer of beter te gaan plannen, maar door de servicemedewerkers zelf verantwoordelijk te maken voor de indeling van hun agenda en hen zelf de afspraak te laten maken. Het effect hiervan is dat medewerkers een sterke mate van vrijheid ondervinden, maar ook de zorg voor een goede uitvoering als hun verantwoordelijkheid beschouwen. Het geheel werkt als volgt.

Via een computersysteem krijgen de medewerkers een aantal opdrachten van klanten gepresenteerd die dezelfde week moeten worden uitgevoerd. Elke medewerker kan zelf zijn gewenste klussen uit deze door klanten gevulde klussenbak kiezen, waarvoor hij dan verder geheel verantwoordelijk is. Hij is dan ook degene die een afspraak met de betreffende klant maakt. Daarbij zorgt hij er wel voor dat hij het goede materiaal bij zich heeft; goed beslagen ten ijs komen is immers in zijn directe belang. Als een opdracht onverwacht uitloopt zal diezelfde medewerker ook eerder geneigd zijn die dag maar langer door te werken, omdat hij immers zelf de afspraak met de klant heeft gemaakt.

Iedereen voelt wel aan dat dit systeem beter werkt dan de oude, geplande, oplossing waarin elke medewerker zich vooral slachtoffer van de afspraken van een ander voelde. De medewerker heeft nu meer vrijheid en komt minder vaak voor niets bij een klant, de klant is blij omdat de doorlooptijd van problemen sterk wordt verkort en KPN heeft minder kosten en krijgt minder klachten.

Als we teruggrijpen naar onze systeemregels zien we dat er voor iedereen een win-win situatie is ontstaan. Op systeemniveau zijn de effectiviteit én de efficiency toegenomen, en door de kortere lijnen kan de medewerker de 'planning' veel makkelijker en sneller aanpassen. De combinatiemogelijkheden binnen het systeem liggen nu dus veel dichterbij de wens van de klant. Verbeteringen voor agenten en systeem gaan hand-in-hand.

¹⁴ Met dank aan Frans van der Reep, initiatiefnemer van ketenomkering binnen KPN, voor zijn feedback en commentaar.

Om een woordspeling van Frans van der Reep, initiatiefnemer van ketenomkering bij KPN, aan te halen: voor 'ont-moeten', bijvoorbeeld van de klant, is het nodig op te houden met 'moeten'. Loslaten van onnodige regels is daarbij een goede stap, de ontmoeting bepaalt het verdere verloop, niet de vooraf bedachte opdracht.

Betekent dit dan dat managers overbodig worden? Nee, dat niet, maar hun rol zal veranderen.

5. Governance

Elk systeem heeft een vorm van besturing nodig, anders is de kans groot dat het stolt of vervalt tot chaos. De vraag is echter of besturing hetzelfde is als management. In de klassieke betekenis heeft management een sterk top-down karakter, waarbij boven in de organisatiestructuur beslissingen worden genomen die via orders naar beneden worden doorgegeven. Elke actie onder in de hiërarchie is daarbij terug te voeren tot een beslissing aan de top. Het gehele systeem kent daarmee feitelijk geen vrijheidsgraden meer. Deze werkwijze wordt tegenwoordig als ongewenst en niet effectief beschouwd. Maar alle beslissingen bij de top weghalen en het systeem vrijelijk zijn eigen weg laten zoeken is evenmin een valide oplossing. De ervaringen met zelfsturende teams, waar dit tot op zekere hoogte geprobeerd is, hebben in het algemeen niet het gewenste resultaat opgeleverd. Hoe moet de gewenste flexibele organisatie dan worden gemanaged? Hoe moet worden omgegaan met complexe maatschappelijke systemen, zoals de zorg, het openbaar vervoer of het onderwijs? Is er een werkelijk alternatief?

Ook het besturingsvraagstuk kent een aantal wetten. En wederom geldt dat ze alle van toepassing moeten zijn. We beginnen met een voorbeeld, en wel van de Nederlandse gezondheidszorg, die vooral van bovenaf wordt gemanaged, met ongunstige resultaten. Dan zullen we de wetten toelichten en een tweede voorbeeld, de creditcard, gebruiken om de toepassing ervan aan te geven. Het blijkt dan dat het zonder management toch uitstekend kan gaan!

5.1 Gezondheidszorg

De problemen in de Nederlandse gezondheidszorg zijn van velerlei aard, maar zijn terug te voeren op één centrale stelling: micro-optimalisatie leidt tot macroabsurditeit. Laten we drie afzonderlijke gevallen bekijken:

1. Het gebruik van MRI-apparaten (scanners) is tot in detail gepland. De redenering is dat de apparaten duur zijn in aanschaf en in afschrijving en dus optimaal gebruikt moeten worden. Er is daarom apart personeel nodig om dat allemaal te plannen, een puur administratieve taak. Natuurlijk moet hierbij ruimte blijven voor noodgevallen. Het gevolg is dat de betreffende dure apparaten niet 100% bezet zijn en dat er bovendien wachtrijen ontstaan. Een vraag van een andere orde is of de kosten voor al die planning de afschrijvingskosten van het apparaat niet verre overschrijden en de optimalisatie dus feitelijk kosten toevoegt.
2. Specialisten dreigden te veel te gaan verdienen. Dit was maatschappelijk onacceptabel en er ontstonden begrotingsproblemen. De gevonden oplossing leek simpel en doeltreffend: stel een bovengrens aan de verdiensten. Het inkomen van de specialist mag het vastgestelde maximum niet overschrijden. Natuurlijk zal de specialist zich aan de nieuwe regel aanpassen: hij of zij werkt tot dat maximum is bereikt. Met deze maatregelen is voldaan aan de financiële randvoorwaarden om het stelsel van gezondheidszorg overeind te houden. Maar terwijl de wachtlijst groeit heeft de specialist noodgedwongen vrij.

3. Ziekenhuizen gaven te veel geld uit, er was een continu begrotingsprobleem. Met een strikter begrotings- en uitgavenbeleid is dit probleem nu echter opgelost. Daarbij kan het natuurlijk voorkomen dat bepaalde faciliteiten soms iets minder vaak worden gebruikt (gebruik kost immers geld), maar de begroting gezondheidszorg blijft keurig binnen de gestelde kaders.

Dit zijn drie voorbeelden van op zichzelf staande optimaliseringen die het gestelde doel hebben bereikt. Micro-economisch uitstekend, maar het macrogevolg is wel dat het uiteindelijke doel - de zorgverlening - helaas niet meer adequaat en continu kan geschieden. Al deze maatregelen hebben geleid tot lange wachtlijsten voor de zorg. Micro-optimalisaties hebben geleid tot macroabsurditeit.

De grondoorzaak van deze macroabsurditeit is de poging het systeem van gezondheidszorg van bovenaf te managen. Dat beperkt de lokale inventiviteit en creativiteit: zoeken naar betere oplossingen wordt gestaakt. Er ontstaan typische 'bureauoplossingen', die in de praktijk niet werken omdat de werkelijkheid in het ziekenhuis zich niet houdt aan de geplande randvoorwaarde van de oplossing.

De gezondheidszorg is een systeem dat continu de optimale oplossing dient te zoeken en dus vooral adaptief moet zijn, zo weinig mogelijk gebonden door strakke hiërarchische regels. De gezondheidszorg kan alleen adequaat functioneren indien prestaties juist worden beloond (nu wordt het gebruik van faciliteiten vergoed, niet het genezen van patiënten!). Dus, ziekenhuizen die patiënten beter of sneller genezen worden beter beloond.

Ook de huidige verzekeringsstructuur werkt onder de maat functioneren in de hand. Er zijn geen prikkels om patiënten sneller beter te maken. Het ziekenhuis krijgt vergoeding voor de activiteiten die specialisten daar uitvoeren, dus levert sneller en beter werken minder op. De patiënt heeft betaald en verwacht nu te allen tijde optimale zorg. Hij of zij wil dus altijd – ook als dat niet noodzakelijk is – als eerste worden geholpen. Er is geen transactie tussen ziekenhuis en patiënt waarbij een patiënt die geen haast heeft bijvoorbeeld korting krijgt als hij even wil wachten. Zolang de gezondheidszorg volledig capaciteitsgestuurd blijft zullen we te maken hebben met wachtlijsten. En zolang we dit vanuit een ivoren toren besturen zonder interactie tussen patiënt en ziekenhuis zullen alle systeemwijzigingen tot suboptimale oplossingen leiden.

5.2 De governance-wetten

De gezondheidszorg is een goede illustratie van de aspecten die spelen bij de besturing van systemen. Governance is dan ook wat anders dan management. Governance houdt zich niet bezig met directe aansturing van het gedrag van agenten, maar met het besturen van de randvoorwaarden waarbinnen de agenten in het systeem zelfstandig kunnen handelen en interacteren.

Er zijn vier governance-wetten voor emergente systemen onderkend:

1. Het systeem heeft geen centrale planning of controle die het gedrag van de individuele agenten kan managen.

2. Emergente systemen worden bestuurd (governance) in plaats van gemanaged.
3. Deze besturing houdt zich bezig met Energie, Richting en Stabiliteit.
4. De governance instantie staat buiten het systeem, maar wordt wel door het systeem gelegitimeerd.

5.2.1 *Geen centrale controle*

Emergente systemen zijn gebaseerd op autonomie en bewegingsvrijheid van de agenten. Juist de afwezigheid van centrale controle verschaft de meerwaarde in dit soort systemen. De inrichting van een mierenkolonie, zoals beschreven in hoofdstuk 2, is daarvan een goed voorbeeld.

Veel van onze huidige sociale systemen, in ondernemingen zowel als bij de overheid, kennen een zeer sterke planning-and-control cyclus, waarbij de agenten weinig vrijheid hebben. De overheid probeert doorgaans om maatschappelijke problemen via wetgeving op te lossen. We hebben kunnen constateren dat dit bijna altijd leidt tot zeer complexe regelgeving, die zichzelf vaak tegenspreekt en soms niet langer valt te handhaven. De meeste maatschappelijke systemen zijn veel te ingewikkeld om ze centraal te managen.

5.2.2 *Besturen in plaats van managen*

Als het probleem te ingewikkeld is om te managen, is het vaak beter om met dit managementproces te stoppen. De overheid moet niet de illusie van volledige controle willen wekken; vele trieste gevallen hebben ons al geleerd dat dit niet werkt (de vuurwerkramp in Enschede werd al eerder genoemd). Maar stoppen met managen wil niet zeggen dat we het systeem aan zijn lot moeten overlaten, integendeel. De taak van de bestuurder wordt om de juiste randvoorwaarden te creëren, zodanig dat de spelers in het systeem samen tot steeds betere oplossingen kunnen komen. De bestuurder doet dat door betere oplossingen te belonen, experimenten toe te staan, goede experimenten te ondersteunen en voortgang te meten, kortom, door goed gedrag te belonen en niet door slecht gedrag te bestraffen.

Besturen is zeker niet eenvoudiger dan managen. Besturen van een systeem betekent immers dat de bestuurder ervan uitgaat dat anderen het op sommige gebieden beter weten dan hijzelf, een rol die niet zo past in onze managementcultuur. Besturen lijkt meer op de rol van een tuinman die langzaam tot een mooiere en rijkere tuin komt dan op een verkeersagent op een kruispunt die bepaalt wanneer een automobilist mag doorrijden. Directe macht dient te worden opgegeven, wat op de korte termijn tot een onzekere uitkomst zal leiden. Maar de uitkomst is natuurlijk zeer de moeite waard. Want terwijl de verkeersagent nog steeds dezelfde verkeersstromen moet regelen, kan de tuinman volstaan met af en toe een tuin bij te werken die zelf zorgdraagt voor zijn groei en bloei.

5.2.3 Energie, Richting en Stabiliteit

Als we dan niet meer managen in de klassieke zin van het woord, waar houdt dit besturen zich dan mee bezig? Het antwoord is samen te vatten in drie kernbegrippen: Energie, Richting en Stabiliteit. De bestuurder zoekt naar lokale energie bij de spelers, verschaft richting door goede initiatieven te ondersteunen en draagt zorg voor de stabiliteit door bijvoorbeeld niet te veel initiatieven tegelijkertijd te laten uitvoeren. Gezien het belang van deze wet voor de wijze waarop emergente systemen bestuurd (zouden moeten) worden komen we hier in meer detail op terug in paragraaf 5.4.

5.2.4 De governance-instantie

De governance-instantie is geen systeemagent, maar vertegenwoordigt alleen het systeembelang. Wanneer de governance-instantie ook een eigen belang heeft, wordt zij partij in transacties en daardoor moeilijker te vertrouwen. Om energie, richting en stabiliteit te kunnen besturen moet de governance-instantie wel gelegitimeerd worden door het systeem. In maatschappelijke systemen is daarom de overheid bij uitstek de instantie om de governancerol te vervullen. In een aantal gevallen heeft men dan ook de governancerol en de operationele rol (waarin de overheid vaak tevens 'speler' is) van elkaar gescheiden. In bedrijven is vaak de directie of raad van bestuur de aangewezen partij om de governancerol te vervullen. In andere systemen, bijvoorbeeld supply chains, ligt het ingewikkelder omdat een speler die de governancerol claimt er al snel van zal worden verdacht vooral het eigenbelang te dienen.

5.3 Credit card

Wie bezit meer macht, de consument of een machtig concern als een bank of een creditcardorganisatie? Zonder veel nadenken zullen de meeste mensen toch tot dezelfde conclusie komen: de grote instellingen zijn natuurlijk veel machtiger. Maar is dat altijd waar? Neem het voorbeeld van de credit card. Als uw credit card gestolen wordt en u dat binnen een afgesproken tijd bij de organisatie meldt, zijn de gevolgen van misbruik van uw card voor de creditcardorganisatie, niet voor u! Dat is vreemd, waarom zouden creditcardorganisaties niet u verantwoordelijk stellen? U verliest per slot van rekening uw card.

Ook hier betreft het een afspraak waarbij veel partijen een rol hebben gespeeld. Natuurlijk is het in het belang van de creditcardorganisatie om vertrouwen te creëren in het gebruik van de card en juist dit overnemen van het frauderisico is voor consumenten een belangrijke drijfveer om zo'n card te gebruiken. Maar het risico voor een maatschappij kan behoorlijk oplopen, met grote financiële gevolgen.

Deze regel, waarbij de onmachtige consument de macht in de interactie heeft gekregen, is een goed voorbeeld van een zelfsturende oplossing. Zoals gezegd wordt het voor de consument dan interessanter om een card aan te schaffen, ellenlange gerechtelijke procedures (die grote maatschappijen wel zouden winnen, maar de vraag is tegen welke kosten) worden voorkomen en er is als vanzelf een uitstekend systeem ontstaan om fraude op te sporen. Dat laatste is namelijk ineens in het belang van de creditcardorganisaties geworden. Het verlies van een losse kaart is natuurlijk niet dramatisch, maar

georganiseerde fraude kan desastreus zijn. De organisaties hebben er door de bestaande regel alle belang bij om die fraude tegen te gaan. Dat belang was veel kleiner geweest als de klant voor de kosten had moeten opdraaien. Goede governance-oplossingen blijken vaak over de omkering van het gebruikte principe te gaan.

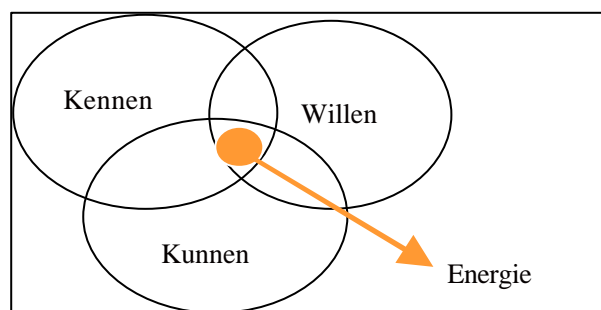
Dit is ook een goed voorbeeld van de wijze waarop de overheid haar rol als beschermer van de machteloze burger gestalte kan geven. In het algemeen is het niet handig als de overheid dit soort problemen - eventueel via wetgeving - voor de burger gaat oplossen. Een oplossing die op langere termijn blijft werken is er een waarbij die machteloze burger feitelijk machtig gemaakt wordt en dus zelf kan acteren. Het creditcardvoorbeeld toont dat duidelijk aan: de overheid hoeft hier immers niets meer te doen!

5.4 Energie, Richting en Stabiliteit

De componenten Energie, Richting en Stabiliteit zijn cruciaal in de besturing van een emergent systeem. In vele gevallen zijn mislukkingen, bijvoorbeeld bij een grote verandering, te herleiden tot slecht gebruik van een van deze componenten. Besturen zou moeten gaan over het richten van de aanwezige energie en het verschaffen van voldoende stabiliteit. Strikte 'command and control'-besturing gaat hieraan voorbij. Hierbij gaat vooral veel energie verloren. We zullen nu de drie besturingscomponenten wat verder uitwerken:

5.4.1 Energie

Traditionele besturing houdt zich vooral bezig met het mobiliseren van energie van onwillige spelers op basis van macht en centrale planning. Energie is opgebouwd uit drie componenten: 'willen', 'kennen' en 'kunnen'. In veel centraal gestuurde systemen wordt getracht bij de spelers energie te mobiliseren die de implementatie van de vooraf geplande doelstellingen mogelijk maakt. De componenten 'kennen' en 'kunnen' worden doorgaans vanaf centraal niveau ingevuld. De component 'willen', die iets zegt over de belangen en motieven van de spelers, wordt echter nogal eens uit het oog verloren. Als spelers niet de wil hebben om 'iets te doen' (te veranderen, te bewegen), rest het centraal gezag alleen geld, macht en voorgeschreven procedures. De energie stroomt hierbij van centraal naar lokaal niveau.



Figuur 12 Besturen van energie

Als we, als bestuurder, continu energie moeten toevoegen is de kans erg groot dat het resultaat uiteenvalt op het moment dat we deze energietoevoer

stoppen. De geforceerde reorganisaties, met veel geweld van bovenaf opgelegd, worden vaak in kleine stapjes teruggedraaid vanaf het moment dat de reorganisatie ‘klaar’ is. Het topmanagement beschouwt de reorganisatie als afgerond en gaat ervan uit dat de nieuwe structuur ook de nieuwe werkelijkheid is. Als de lokale energie niet dezelfde kant op beweegt als de uitgevoerde reorganisatie is de kans dat deze standhoudt nihil. Naarmate de machtsbasis van centraal gezag afneemt – spelers kunnen het open systeem eenvoudig verlaten – en procedures minder recht doen aan de complexe omgeving, wordt deze manier van sturen minder effectief.

Energie moet dus in hoge mate lokaal (bij de individuele spelers) aanwezig zijn. Spelers moeten gemotiveerd zijn om iets te gaan *doen*; zonder energie is verandering uitgesloten. De sleutel om complexe systemen in beweging te brengen lijkt dus te zitten in governance van energie, met name de component ‘willen’. Niet door vanaf centraal niveau energie toe te voegen, maar door lokale energie (het willen) te identificeren en waar nodig te katalyseren via toevoeging van ‘kennen’ en ‘kunnen’. Deze twee aspecten kunnen door scholing en coaching worden ontwikkeld om zo het vrijkomen van energie te ondersteunen. Met andere woorden, de energie stroomt van spelerniveau naar systeemniveau.

5.4.2 *Richting*

Als energie aanwezig is, is de volgende vraag welke richting deze heeft. Zonder richting leidt energie op spelerniveau niet per definitie tot energie op systeemniveau, omdat de tegengestelde krachten van spelers elkaar grotendeels opheffen. Er ontstaat dus wel veel ‘warmte’, maar weinig ‘beweging’. Er is een gezamenlijk kompas, een gezamenlijke doelstelling nodig om energie te richten. Met behulp van deze doelstelling, die geïdentificeerd wordt door de governance-instantie (bijvoorbeeld het bestuur van de onderneming), kan de richting van het systeem worden gestuurd. Daarmee is het bepalen van de richting een onderdeel dat zich op de dunne rand van management en besturing bevindt. Als richting bepalen wordt ingevuld door ‘het beter te weten dan de rest’ vallen we terug in de oude command-and-control structuur en zijn we geen stap verder.

Richting bepalen betekent initiatieven ondersteunen die leiden tot een betere invulling van de maat voor efficiency en effectiviteit. Natuurlijk zit daar een element in van beleidsbepaling, en dus een keuze aan de top, maar vooral de wijze waarop we daar komen is veel meer open dan bij de klassieke hiërarchische oplossing. De besturing van de onderneming gedraagt zich als een stuurbevoegdheid, waarbij initiatieven die goed in de doelstellingen passen worden ondersteund, terwijl een voorstel dat tegen de stuurbevoegdheid ingaat niet op voorhand wordt afgeschoten. Dit laatste houdt verband met het belang van irrationaliteit en random mutaties voor het ontstaan van nieuwe interactieregels (zie paragraaf 3.4.3). Als een dergelijk voorstel het zonder stuurbevoegdheid haalt is dit juist een teken van kracht, zowel wat het voorstel zelf aangaat als het komen tot betere oplossingen zonder opgelegde ideeën van bovenaf.

De bepaling van de richting is vooral ook het aangeven van een oplossingsruimte aan de spelers binnen de onderneming. Binnen de oplossingsruimte bepaalt de lokale energie wat wel en niet gebeurt. De bepaling van de richting is daarmee niet star en vooraf tot in detail

vastgelegd, maar juist de creatie van een speelveld, waarin goede en minder goede ideeën een kans krijgen zich verder te ontwikkelen. Dit laat expliciet de mogelijkheid open voor uiteenlopende belangen van spelers.

De doelstellingen van het systeem zullen doorgaans uit meerdere, tegengestelde, belangen bestaan. Het realiseren van het ene belang ten koste van het andere leidt tot een zero sum game (bij een voetbalwedstrijd kan de ene partij alleen winnen als de ander verliest). Het bestaan van tegengestelde belangen die in de doelstellingen worden meegenomen is juist een voorwaarde voor het totstandkomen van een positieve non-zero sum game (zie paragraaf 4.2.2 en 4.2.5).

5.4.3 Stabiliteit

Tenslotte speelt stabiliteit een belangrijke rol. Zoals vele kleine sneeuwvlokjes kunnen leiden tot het ontstaan van een lawine kunnen vele kleine veranderingen leiden tot een aardverschuiving in het systeem. Het is aan de governance-instantie om dit te voorkomen. Dit leidt tot de volgende paradox. Aan de ene kant moeten lokaal initiatief en experimenteren worden ondersteund om op lange termijn voldoende vernieuwend te zijn (*exploratie*), aan de andere kant moet tegelijkertijd de hoeveelheid exploratie-energie in toom worden gehouden om het succes op korte termijn (*exploitatie*) niet teveel onder druk te zetten. Met heel veel goede ideeën voor de toekomst kun je nog steeds vandaag failliet gaan! Stabiliteit kan worden bestuurd middels de parameters connectiviteit en concentratiegraad, waarmee de wanordelijkheid van het systeem (entropie) in de hand kan worden gehouden.¹⁵ Bij een te hoge wanordelijkheid zullen al snel lawine-effecten ontstaan. Een te lage wanordelijkheid leidt ertoe dat het systeem gaat stollen.

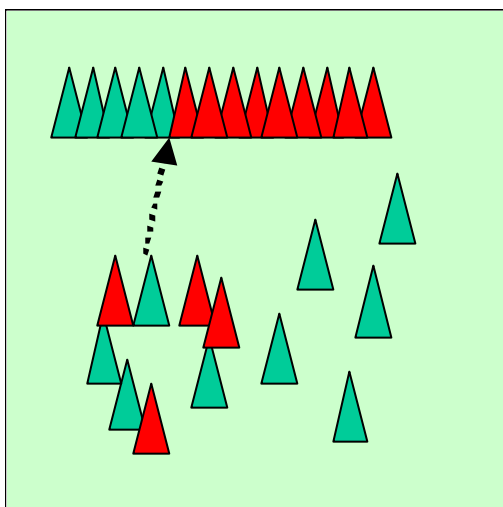
Besturing van stabiliteit houdt zich dus in hoofdzaak bezig met het definiëren en bewaken van de grenzen van de oplossingsruimte voor de exploratie, zonder terug te vallen in een command-and-control regime.

Concluderend kunnen we stellen dat governance van energie, richting en stabiliteit cruciaal is in het ontstaan en succesvol functioneren van emergente systemen.

¹⁵ Zie voor een uitleg van concentratie en connectiviteit het voetbalvoorbeeld in paragraaf 4.1.

5.5 De oplossing van het hoedjesprobleem.

De oplossing van het hoedjesprobleem is als volgt: Twee deelnemers gaan naast elkaar staan. Een derde deelnemer kijkt of de naast elkaar staande deelnemers een verschillend gekleurde hoed op hebben. Zo ja, dan gaat hij tussen hen in staan, anders stelt hij zich naast een van de twee op. Deelnemer 4 doet exact hetzelfde, evenals deelnemer 5, 6 enzovoort. Als iedereen aan de beurt is geweest staan de twee kleuren keurig in twee groepen, met de laatste deelnemer in het midden.



Figuur 13 Hoedjes, de oplossing

6. Emergentie: 10 praktische tips

In de voorgaande hoofdstukken is de theorie over emergente systemen toegelicht aan de hand van in totaal 15 basiswetten en een aantal voorbeelden. De kernvraag voor de manager is echter wat daarmee in de praktijk kan worden bereikt. Wat doet hij anders dan voorheen?

Uit praktische ervaringen met veranderingstrajecten waarin we deze emergentiewetten hebben toegepast, blijkt dat de manager sommige zaken absoluut moet doen en andere juist moet nalaten. Dit levert tien praktische tips op voor managers:

1. Stop met plannen
2. Simpele regels volstaan
3. Zoek de juiste knoppen
4. Verschillen vormen de drijvende kracht
5. Agenten en systeem hebben hetzelfde belang
6. Experimenteer!
7. Durf hands-off te zijn
8. Stel antagonistische systeemdoelen vast
9. De doeners vormen het systeem
10. Bewaak de entropie

In dit hoofdstuk gaan we aan de hand van deze praktische tips in op de toepasbaarheid van de eerder beschreven wetten.

6.1 De Nederlandse Spoorwegen

Stop met plannen

Simpele regels volstaan

Zoek de juiste knoppen

De NS is het laatste jaar vele malen onderwerp van gesprek geweest, vanwege vertragingen, het niet nakomen van beloften en hogere prijzen bij lagere service. Met de wetten voor emergente systemen in gedachten zien we onmiddellijk wat het probleem is: in een poging het zeer ingewikkelde systeem van railvervoer centraal te managen maakt men de oplossing steeds complexer. Hoe meer reizigers, hoe meer treinen, en hoe groter de onzekerheden, des te meer energie er gaat zitten in de centrale planning van het systeem. En ondanks al die moeite kan de verkeersleiding niet voorkomen dat het systeem steeds vaker geheel vastloopt.

Als de treinen dan toch niet op tijd rijden, waarom zouden we dan nog plannen? De kosten om treinsamenstellingen en dienstregelingen te plannen worden zo langzamerhand disproportioneel ten opzichte van de totale economische opbrengst. In dit soort gevallen - die zich ook veelvuldig bij private ondernemingen voordoen - is stoppen met plannen vaak een betere oplossing. Een probleem is wel dat het simpelweg afschaffen van de planning het systeem in chaos zal doen verzanden, omdat bij de NS de dienstregeling (het spoorboekje) vastligt. Willen we de planning kunnen afschaffen, dan zal er iets anders moeten gebeuren.

Zo'n alternatief bestaat wel degelijk. Op de metrolijnen in de grote steden raadpleegt niemand het spoorboekje, omdat er elke vijf minuten een trein rijdt; overstappen of een aansluiting missen is dan geen probleem meer. Hoogfrequente verbindingen geven dus een veel rustiger beeld. Zeker in de Randstad moet dit vrij eenvoudig mogelijk zijn. Het net wordt dan wel drukker, maar daar passen we het principe van de simpele regels op toe. In plaats van vooraf te plannen op welke plaats de ene trein de andere moet passeren laten we elke trein gewoon twee kilometer vooruitkijken¹⁶. Als de trein dan ook nog zelf de wissel kan omzetten is alle planning zinloos geworden. Een aantal simpele regels - met veiligheid in de regelset ingebouwd - verschaft een veel elegantere oplossing die bovendien altijd blijft werken. Natuurlijk moeten we wel de capaciteit van het geheel in de gaten blijven houden. Er zijn grenzen aan het aantal bewegingen over een beperkte hoeveelheid spoor.

Sommigen vinden deze oplossing niet reëel, uit een oogpunt van veiligheid of anderszins. In Japan rijden de metrotreinen echter al geruime tijd zonder machinisten en zorgt software voor de afhandeling. Technisch is het blijkbaar al geen enkel probleem meer!

De crux bij het toepassen van dergelijke oplossingen is niet alleen het vinden van de juiste regels, maar ook van de belangrijkste 'knoppen' waarmee de prestatie van het systeem kan worden bijgestuurd. Bij de NS zou het bijvoorbeeld kunnen gaan om minimale grootte of de minimale remweg van treinstellen, parameters die de vervoersfrequentie en dus het succes van het systeem beïnvloeden.

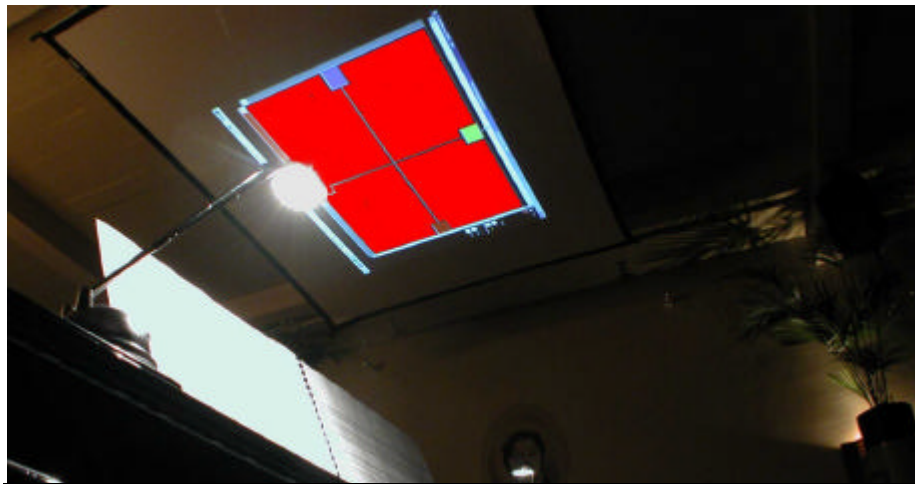
6.2 Emergente muziek?

Verschillen vormen de drijvende kracht

Klassieke muziekstukken worden in het algemeen uitgevoerd volgens de (strakke) richtlijnen van de componist, of anders toch volgens de interpretatie daarvan door de dirigent. Het systeem is daarmee vrij hiërarchisch. Dit is geheel anders in sommige jazzstijlen, waarbij free jazz bijna in het extreme uitgaat van de interpretatie van de individuele muzikant. We hopen dan dat daar een geheel uitkomt dat zich laat aanhoren. Toch blijft zelfs die opvatting er een van een actieve muzikant en een passieve toehoorder. Alle energie, richting en stabiliteit komen van de muzikant en/of dirigent.

¹⁶ Eigenlijk het maximum van zijn remweg (dus afhankelijk van zijn snelheid) en de afstand tot de volgende wissel. Bij rechtdoorgaand eenrichtingsspoor is alleen de remweg genoeg, uiteraard met enige veiligheidsmarge.

In 2001 vond een experiment plaats waarbij de rol van de passieve toeschouwer omgevormd werd tot die van een actieve deelnemer. Tijdens een uitvoering van *Canto Ostinato* van de Nederlandse componist Simeon ten Holt kon het publiek invloed uitoefenen op de stijl van de uitvoering. Elke toehoorder kreeg hiertoe een stemkastje met vier kleuren en kon elke minuut zijn stem uitbrengen. De kleuren stonden voor basis (zwart), koel (blauw), luchtig (geel) en vurig (rood), maar alle tussenvarianten waren mogelijk. De muzikanten hadden voortdurend zicht op het stemgedrag van het publiek omdat het gemiddelde van de gekozen kleuren op het plafond was geprojecteerd, zodat die ook voor het publiek zelf zichtbaar was.



Figuur 14 Publiekgestuurde muziek

De lokale energie van het publiek bepaalde de richting van de uitvoering. Er was echter geen governance- of managementstructuur om het geheel stabiel te houden. De oplossingsruimte was beperkt, het publiek kon niet buiten de gegeven kleuren komen.

Het niveau van de lokale energie vertoonde een opmerkelijk verloop. In het eerste deel van de uitvoering werden alle kleuren ‘getest’. Hierbij was in eerste instantie het publiek de leidende factor, na verloop van de tijd werden dat de muzikanten. Na ongeveer een uur ontstond een synthese, waarbij niet meer aan te wijzen was of nu het publiek of juist de muzikanten sturing gaven. Dit leidde blijkbaar tot een situatie waarin het grootste gedeelte van het publiek het welletjes vond, zodat de energie wegebde en steeds minder mensen hun stemkastje bleven gebruiken. De stemmen van de weinigen die dat nog wel deden waren volkomen tegengesteld. Het gevolg was dat de kleur op ‘rood’ vastgemetseld bleef staan (zie Figuur 14).

We zien hier dus twee interessante fenomenen. Ten eerste: als de agenten allemaal dezelfde voorkeuren hebben en iedereen tevreden is, valt de energie weg. Ten tweede: als de voorkeuren van de agenten volkomen tegengesteld zijn, is er evenmin een basis voor energie. Een oplossing zou kunnen zijn om het systeem uit zijn bestaande evenwicht te trekken door de verschillen kunstmatig groter te maken, bijvoorbeeld door na een tijdje de kleur of de volgorde van het muziekstuk ‘random’ te wijzigen.

6.3 Kwaliteitsteams in de Duitse auto-industrie

Agenten en systeem hebben hetzelfde belang

De Duitse auto-industrie heeft altijd een naam van ‘Gründlichkeit’ weten hoog te houden. Met de opkomst van de Japanse auto-industrie moest dat echter gebeuren tegen steeds lagere prijzen. De Japanners waren kwalitatief zeer goede auto’s gaan bouwen tegen veel lagere kosten en vormden dus een sterke bedreiging.

Eind jaren tachtig kwamen de topmanagers van de verschillende Duitse automerken tot de conclusie dat er een goedkoper en beter product moest worden geleverd. Ook realiseerden ze zich dat dit alleen uitvoerbaar was als de medewerkers er direct bij betrokken waren. Dus leek het een voortreffelijk plan om aan de mensen op de vloer te vragen met goede ideeën te komen en die dan ten uitvoer te brengen.

Gecharmeerd door de vraag en de daaraan gekoppelde vrijheid stortten de medewerkers zich vol overgave op dit probleem. Er kwamen vele goede ideeën binnen die de kwaliteit waarborgden tegen lagere kosten. Bij de eerste implementatie bleek echter dat die lagere kosten voor een groot deel werden bereikt door vermindering van het aantal arbeidsplaatsen. Waarschijnlijk zeer noodzakelijk om de concurrentieslag te kunnen volhouden, maar natuurlijk nooit de bedoeling van de medewerkers die de ideeën hadden ingebracht. De lokale initiatieven leidden tot ontslag van collega’s.

Het resultaat is volgens verwachting. Na een eerste vruchtbare slag werkte deze benadering in het geheel niet meer. Hoewel de initiatieven zeer succesvol waren voor het geheel waren ze desastreus voor de spelers op de vloer. De les uit deze ervaring is dus dat dergelijke constructies alleen werken bij ‘mutual benefit’. Het geheel moet op macro- en microniveau goed uitpakken, anders stopt het vanzelf.

6.4 Retail-outlets

Experimenteer!

We hebben al laten zien dat het bedenken van simpele regels een moeilijk proces kan zijn. Het is dan ook een illusie dat al die regels door managers of stafmedewerkers op het hoofdkantoor kunnen worden bedacht. Juist de interactie op de werkvloer biedt de mogelijkheid om nieuwe ideeën te ontdekken en uit te testen. Experimenten zijn cruciaal, het is onmogelijk om alles door de centrale R&D-afdeling te laten bedenken. Een goed voorbeeld is het volgende.

Een retail-keten heeft een groot aantal winkels. In elk daarvan werken mensen met allerlei goede ideeën, die tot stand komen door de interactie van de medewerkers met de klant of onder elkaar. Dit kan variëren van gedachten over nieuwe producten tot aanpassingen in supply-chain processen. Stel nu dat de betreffende keten 1000 winkels heeft. Dat betekent dat een experiment in de helft van de winkels al kan leiden tot het parallel testen van 500 nieuwe ideeën. Natuurlijk zijn deze niet allemaal even succesvol of ingrijpend, maar de kans op een *aantal* successen is wel erg groot.

De rol van het management bij deze experimenten lijkt op de werking van een stuurbevoegdheid bij een auto. Goede initiatieven en experimenten krijgen ondersteuning, experimenten die botsen met de doelstelling van de onderneming worden juist niet ondersteund en hebben daardoor een geringe kans op succes. Het management moet zich echter niet rechtstreeks bemoeien met het op gang brengen en uitvoeren van de experimenten. Bij sturing van bovenaf worden het lokale enthousiasme en de lokale energie juist vernietigd. De manager moet de controle enigszins uit handen durven geven, een stijl van leiding geven die voor velen erg ongewoon is. Het is niet altijd eenvoudig een balans te vinden tussen het toestaan van experimenten, een teruggetrokken stijl van leiding geven, ondersteuning bieden, maar ook afrekenen op mislukkingen. Als die balans echter gevonden is zal het succes daarvan uit alles blijken.

6.5 Hoe Xerox defecte kopieerapparaten repareert¹⁷

Durf hands-off te zijn

Een antropoloog die bij Xerox in San Diego ging werken als onderdeel van zijn stageperiode, werd toegevoegd aan de afdeling Service & Reparatie. Hij was gefascineerd door het feit dat servicemonteurs in staat waren om heel eenvoudig maar effectief de oorzaken te achterhalen van defecten aan kopieerapparaten. Uit gesprekken met de servicemanager werd hem duidelijk dat het probleem niet zozeer school in het vinden van oplossingen, maar in de vraag hoe een geografisch wijd verspreide serviceploeg daar toegang toe zou krijgen. Als al deze informatie via lessen of handboeken aan servicemonteurs zou moeten worden overgedragen zou dat veel tijd en geld kosten. Bovendien zouden de monteurs tijdens een reparatie de relevante informatie waarschijnlijk niet snel en gemakkelijk kunnen vinden.

De servicemanager en de antropoloog besloten tot een experiment. Ze voorzagen elke servicemonteur van een draagbare zendontvanger, zodat de monteurs vrijelijk met elkaar konden communiceren. Het grootste deel van de tijd werd de apparatuur gebruikt als babbelbox, maar zo nu en dan gebeurde het dat een monteur tijdens het werk aan een kopieerapparaat op problemen stuitte die hij nog niet eerder was tegengekomen en via zijn zendontvanger om assistentie vroeg. Meestal was er wel een collega die met de oplossing kwam of in elk geval met informatie om die te helpen vinden. Niet alleen werden daardoor reparaties effectiever uitgevoerd, maar zulke informatie werd binnen de groep ook veel beter geabsorbeerd dan met een of andere vorm van geprogrammeerd leren.

Interessant is dat dit systeem vervolgens op een andere servicelocatie werd toegepast en om onduidelijke redenen mislukte. Na een tijdje bleek echter dat de plaatselijke manager daar de gewoonte had om sociale informatie die via de zendontvangers was uitgewisseld door te geven aan anderen. De monteurs vonden dat ze waren afgeluisterd, dus hielden de praatjes op en uiteindelijk werden de zendontvangers helemaal niet meer gebruikt. Met als gevolg dat de monteurs niet langer konden reageren op verzoeken van collega's om informatie over reparatieproblemen.

¹⁷ Voorbeeld ontleend aan Orr (1990) en Brown (1994).

Dit voorbeeld onderstreept het belang van ‘hands-off’ management. Besturing (governance) is in feite niet meer dan de randvoorwaarden garanderen om de lokale energie (de zendontvangers) te laten stromen, het systeemdoel (kosteneffectief werken en het tevreden houden van de klant) te bewaken en pas in laatste instantie in te grijpen bij werkelijk grof misbruik. Voor de rest is ‘afblijven’ het devies.

6.6 Geluidshinder bij Schiphol

Stel antagonistische systeemdoelen vast

De doeners vormen het systeem

Bewaak de entropie

Veel mensen die in de buurt van Schiphol wonen klagen over het lawaai van overkomende vliegtuigen. Tegen die geluidshinder zijn al veel maatregelen getroffen. Alle huizen die binnen een bepaalde norm vallen krijgen isolatie; alle huizen binnen een nog strengere norm worden afgebroken en de bewoners krijgen de mogelijkheid te verhuizen. Voortdurend wordt op veel plaatsen gemeten hoe groot de overlast werkelijk is. Schiphol wordt beboet als het de afgesproken grenzen overschrijdt, met als ultieme maatregel de sluiting van een baan of zelfs van de hele luchthaven. Het aantal normen en regels is zo groot dat ze de omvang van dit boekje overschrijdt. Desondanks kunnen de overheid en de luchthaven Schiphol het nooit goed doen.

Eigenlijk is dat vreemd. De overheid beheert zelf de luchthaven niet en doet bovendien haar uiterste best om met een goede regelgeving het iedereen naar de zin te maken. Aan sluiten van Schiphol valt niet te denken. Dezelfde mensen die van die vliegtuigen geluidshinder ondervinden gaan daar wel mee op vakantie en veel omwonenden danken direct of indirect hun werk aan de luchthaven. Bovendien vliegt Schiphol zelf niet, het verschaft slechts de infrastructuur. Het zijn de luchtvaartmaatschappijen die het lawaai veroorzaken, maar die worden daar zelden op aangesproken.

Alle maatregelen van de overheid hebben grosso modo het aantal klachten niet verminderd. De maatregelen die Schiphol treft of voorstaat, bijvoorbeeld via een vijfde baan, doen het aantal woningen dat hinder ondervindt dalen. De actiegroepen deden er echter alles aan om die vijfde baan te voorkomen. En ondanks geluidsisolatie en veel andere maatregelen blijven de mensen bellen met klachten.

De frustratie van de omwonenden is ook veel meer een kwestie van onmacht dan van werkelijke hinder. Het heeft iets van een nachtelijke file. Hoewel files overdag al vervelend zijn, weet je dat de kans erop groot is en is in de file staan een min of meer bewuste keuze. Een file om tien uur 's avonds is veel frustrerender, zelfs als hij korter is.

Een oplossingsrichting voor het geluidshinderprobleem zouden we dan ook in die richting moeten zoeken: maak de omwonenden machtig, geef ze betere informatie en laat ze zelf kiezen of ze vliegtuigen over hun dak willen. Een optie is het creëren van een marktmechanisme voor geluidsruimte, waarbij de omwonenden machtiger worden omdat zij eigenaar zijn van de geluidsruimte boven hun woning. Een luchtvaartmaatschappij mag pas vliegen als ze voldoende geluidsruimte heeft verworven. Meer geluid betekent voor de omwonenden dus meer

inkomsten. Daarmee is de keuze aan de omwonenden en aan de luchtvaartmaatschappijen, de twee enige partijen in het systeem die werkelijk iets doen.

Zo maken de omwonenden in dit nieuwe systeem doorlopend de afweging tussen meer geld of meer geluidsoverlast; beide kunnen nooit tegelijk gemaximaliseerd worden. De luchtvaartmaatschappij heeft hetzelfde probleem: meer vliegen levert meer op, maar kost meer vanwege de aan te kopen geluidsruimte. Een werkelijk betere oplossing voor beide partijen is dus minder geluidsoverlast door het vliegen, bijvoorbeeld door verbetering in de techniek. Als een dergelijke tegenstrijdigheid niet in (de meting van) het systeemdoel zit betekent dit dat er agenten zijn met een eendimensionaal belang. Dit gaat altijd ten koste van de stabiliteit van het systeem; de agent met dit eendimensionale belang wordt immers op geen enkele wijze geremd in zijn behoefte.

Ook de overheid krijgt een andere rol in dit systeem: ze wordt marktmeester in plaats van politieagent. De omwonenden zorgen zelf voor een regeling met de luchtvaartmaatschappijen. Hoofddoel van de overheid is daarbij niet meer het controleren van alle spelers in het systeem, maar het bewaken van de hoeveelheid chaos die potentieel kan ontstaan. Het gaat dus om besturing van de interactieregels in plaats van het managen van alle agenten.

Epiloog

Hoewel van geval tot geval verschillend, hebben de oplossingen in elk van de voorbeelden in dit boekje met elkaar gemeen dat ze radicaal verschillen van de bestaande logica. Soms komen dergelijke oplossingen toevallig tot stand en zijn ze meer een neveneffect dan een vooropgesteld doel (zoals in het creditcardvoorbeeld). In andere gevallen (zoals bij de paden tussen gebouwen) worden deze radicaal afwijkende principes bewust gehanteerd.

Wij denken dat er op vele gebieden grote kansen bestaan om systeemprestaties te verbeteren door toepassing van deze principes. Dit is geen eenvoudige taak. Weliswaar zijn de interactieregels doorgaans relatief simpel, het traject om tot de juiste interactieregel te komen is dat vaak niet. Daarnaast laat ervaring zien dat bepaalde spelers grote weerstand kunnen hebben tegen de invoering van dergelijke principes, omdat zij juist hun bestaansrecht ontlene aan het suboptimaal functioneren van het bestaande systeem.

Het toepassen van deze principes vergt daarom veel moed en doorzettingsvermogen. Durf onconventioneel te zijn!

Literatuur

- Arthur, W.B. (1989) Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Small Events, *The Economic Journal*, 99, March, 116-131.
- Arthur, W.B. (1996) Increasing Returns and the New World of Business, *Harvard Business Review*, July-August, 100-109.
- Ashby, W.R. (1958) Requisite Variety and its Implications for the Control of Complex Systems, *Cybernetica*, 1, 83-99.
- Asseldonk, T. van, L. Berger, and E. den Hartigh (2001), *Emergence: Creating Strength Without Central Power, Six Cases in Business and Society* (report no. R01-403), TVA developments, Veldhoven.
- Axelrod, R. (1984) *The Evolution of Cooperation*, Basic Books, New York.
- Axelrod, R. (1997) *The Complexity of Cooperation*, Princeton University Press, Princeton NJ.
- Bonabeau, E. (2002) Predicting the Unpredictable, *Harvard Business Review*, March, 109-116.
- Brown, J-S. (1994) *Rethinking Organizational Learning*, Xerox Corporation Top Management Forum, June 16, 1994.
- De Geus, A. (1997) *The Living Company: Habits for Survival in a Turbulent Business Environment*, Harvard Business School Press, Boston MA.
- Holland, J.H. (1995) *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading MA.
- Holland, J.H. (1998) *Emergence: From Chaos to Order*, Perseus Books, Reading MA.
- Kauffman, S.A. (1993) *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, Oxford.
- Kauffman, S.A. (1995) *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Complexity*, Oxford University Press, Oxford.
- Maturana, H.R. & F.J. Varela (1980) *Autopoiesis and Cognition: The Realization of Living*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Nicolis, G. & I. Prigogine (1989) *Exploring Complexity: An Introduction*, W.H. Freeman and Company, New York.
- Orr, J.E. (1990) Sharing Knowledge, Celebrating Identity: Community Memory in a Service Culture, in: Middleton, D. & D. Edwards (red.) *Collective Remembering*, Sage Publications, London, 169-189.
- Simon, H.A. (1984) On the behavioral and rational foundations of economic dynamics, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5, 35-55.
- Simon, H.A. (1996) *The Sciences of the Artificial* - 3rd edition (1st edition 1969), The MIT Press, Cambridge MA.