

Globale Complexiteit en het Autosysteem

John Urry

Vertaling: Kurt De Wit

'Time is not absolutely defined'. Albert Einstein

'We are observing the birth of a science that is no longer limited to idealized and simplified situations but reflects the complexity of the real world, a science that views us and our creativity as part of the fundamental trend present at all levels of nature'. Ilya Prigogine

'Elements are elements only for the system that employs them as units and they are such only through this system'. Niklas Luhmann

'...city life is subtly but profoundly changed, sacrificed to that abstract space where cars circulate like so many atomic particles.... [T]he driver is concerned only with steering himself to his [sic] destination, and in looking about sees only what he needs to see for that purpose; he thus perceives only his route, which has been materialized, mechanized, and technicized, and he sees it from one angle only - that of its functionality: speed, readability, facility'. Henri Lefebvre

1. DE GROEI VAN HET GLOBALE

In de jaren 1990 groeide het internet als gevolg van een snellere toename in het gebruik dan eender welke andere technologie ooit haalde, met weldra een miljard gebruikers wereldwijd. De dagelijkse wisselkoerstransacties hebben een waarde van 1,4 triljoen dollar, zestig keer meer dan het volume aan wereldhandel. Communicatie 'on

the move' wordt anders, nu nieuwe mobiele telefoons wereldwijd meer gangbaar zijn dan conventionele grondkabeltelefoons. Er zijn jaarlijks 700 miljoen internationale reizen en dat cijfer zal snel meer dan een miljard bedragen. Drie miljard mensen over de hele wereld ontvangen hetzelfde totale inkomen als de rijkste driehonderd. Wereldwijde merken-bedrijven hebben een budget dat groter is dan dat van individuele landen. Beelden van de blauwe aarde vanuit de ruimte of de gouden bogen van McDonalds zijn alomtegenwoordig over de hele wereld op de talloze TV's. Nieuwe technologieën produceren 'globale tijd' doordat afstanden tussen plaatsen en mensen verkorten of zelfs 'dematerialiseren'.

Verschillende commentatoren hebben geprobeerd deze globale veranderingen te begrijpen. Giddens beschreef het moderne sociale leven als een onbestuurde, onbestuurbare 'juggernaut' (1990), Bauman beschrijft de versnelde 'liquid modernity' (2000), Castells besprak de groei van de 'internet galaxy' (2001), Hardt en Negri suggererden dat de soevereiniteit van de natie-staat vervangen werd door een enkel machtssysteem, dat van 'empire' (2000), Rifkin analyseert de gevolgen van de 'nieuwe fysica' voor de studie van kapitalistische eigendomsverhoudingen (2000: 191-3), terwijl meer dan honderd auteurs per jaar ingaan op de 'globalisering' van het economische, het sociale en het politieke leven (zie bijvoorbeeld Held, McGrew, Goldblatt, Perraton 1999). Deze debatten transformeren bestaande controversen, zoals het relatieve belang van sociale structuur en menselijke *agency*. Bovendien is er niet één algemeen aanvaarde globaliseringsthese; er zijn in hoofdzaak vijf theorieën die respectievelijk gebaseerd zijn op de concepten structuur, stroom (*flow*), ideologie, performantie en complexiteit (zie Urry 2003: hoofdstuk 1).

Het is de notie van globale complexiteit die me hier interesseert (zie Urry 2003). Met de samenvoeging van 'globaal' en 'complexiteit' wil ik niet beweren dat complexiteit alle problemen van de sociale wetenschappen oplost. Evenmin kan globalisering enkel en exhaustief door middel van complexiteit begrepen worden. En bovenal suggereer ik niet dat de 'sociale' implicaties van complexiteit duidelijk zijn. Maar aangezien de systemische kenmerken van globalisering nog niet behoorlijk getheoretiseerd werden (zie de kritiek van Rosenberg 2000) is het waardevol te onderzoeken of de complexiteitswetenschappen concepten en methoden kunnen aanreiken die globalisering verduidelijken als een serie zichzelf organiserende systemen (zie vergelijkbare pogingen in Capra 2002, Urry 2003).

Ik ga dus in op de aanbevelingen van de in de VS gebaseerde *Gulbenkian Commission on the Restructuring of the Social Sciences*, waar Wallerstein voorzitter van was en de niet-lineaire wetenschapper Prigogine deel van uitmaakte (Wallerstein 1996). Deze commissie breekt een lans om de scheiding tussen 'natuur-' en 'sociale' wetenschappen op te heffen door beide te zien als gekarakteriseerd door 'complexiteit' (Wallerstein 1996, meer algemeen over de groei van het complexiteitsdenken zie Thrift 1999).

Dit houdt in om niet 'de mensheid als mechanisch op te vatten, maar eerder om de natuur als actief en creatief op te vatten' en 'de wetten van de natuur compatibel met de idee van gebeurtenissen, van nieuwhed en van creativiteit' te maken. Volgens de commissie zou wetenschappelijke analyse 'gebaseerd op de dynamieken van non-

evenwicht, met hun nadruk op meervoudige toekomsten, bifurcatie en keuze, historische afhankelijkheid en ... intrinsieke en inherente onzekerheid' het model voor de sociale wetenschappen moeten zijn en dit zou de scherpe onderscheidingen tussen mensen en natuur en tussen sociale en natuurwetenschappen ondermijnen (Wallerstein 1996, 61, 63).

Maar deze commissie zegt niets over de studie van globalisering, hoewel het globale niveau toch *par excellence* gekarakteriseerd is door complexe processen die tegelijk sociaal *en* natuurlijk zijn (Urry 2003). De meest significante fenomenen waar de zogenaamde sociale wetenschappen zich nu mee bezig houden zijn inderdaad hybriden van fysische *en* sociale relaties, zonder zuiver fysische of sociale gehelen. Dergelijke hybriden omvatten gezondheid, technologieën, het milieu, het internet, automobilititeit, extreme weersomstandigheden enzovoort. Deze hybriden, die centraal staan in elke analyse van globale relaties, worden het best onderzocht door middel van complexiteits-analyses van de interdependente 'niet-menselijke' of materiële werelden (zie ook Capra 2002).

2. COMPLEXITEIT

Complexiteit onderzoekt hoe componenten van een systeem doorheen hun dynamische interactie 'spontaan' collectieve eigenschappen of patronen ontwikkelen die niet impliciet zijn aan, of op zijn minst niet op dezelfde manier impliciet zijn aan, de individuele componenten (zie Urry 2003: hoofdstuk 2 voor een vollediger uitwerking). Complexiteit onderzoekt emergente eigenschappen, bepaalde regulariteiten in het gedrag die op een of andere manier de samenstellende ingrediënten transcenderen. Complexiteit argumenteert tegen de reductie van het geheel tot de delen. Op die manier verandert het het wetenschappelijk begrip van ver-uit-evenwicht structuren, van onomkeerbare tijd en van niet-Euclidische mobiele ruimtes. Het benadrukt de aard van sterke interacties die tussen delen van het systeem plaatsvinden, vaak zonder de aanwezigheid van een centrale hiërarchische structuur die 'regeert' en uitkomsten produceert. Die uitkomsten zijn zowel onzeker als onomkeerbaar. Het gebruik van complexiteit zou ons in staat moeten stellen te breken met dualistisch denken, dat ervan uitgaat dat er ofwel 'systemen' ofwel 'systeemfalingen' zijn (Malpas & Wickham 1995). Chaos en orde moeten gezien worden als altijd onderling verbonden binnen systemen die opereren in en doorheen tijd-ruimte.

Tijd en ruimte moeten niet verstaan worden als de *container* van lichamen die op deze dimensies bewegen (Capra 1996; Casti 1994; Prigogine 1997). Tijd en ruimte zijn *intern* aan de processen doorheen dewelke de fysische en sociale werelden zelf opereren, constitueren mee de krachten ervan. Zo'n visie leidt tot de these dat er geen enkelvoudige tijd is maar meervoudige tijden en dat die tijden lijken te stromen. Hawking vat samen hoe dit loopt: 'Space and time are now dynamic qualities: when a body moves, or a force acts, it affects the curvature of space and time - and in turn the

structure of space-time affects the way in which bodies move and forces act' (1988, 33; Adam 1998).

Meer algemeen laat de thermodynamica zien dat er een onomkeerbare stroom van tijd is. Eerder dan een tijdsymmetrie en omkeerbare tijd zoals de klassieke fysica postuleert, is er een duidelijk onderscheid tussen verleden en toekomst. In open systemen resulteert een tijdspijl in het verlies van organisatie en een toename in toevalligheid en wanorde doorheen de tijd (Coveney 2000). Maar er is geen eenvoudige groei van wanorde. Prigogine toont aan hoe nieuwe orde voortkomt zonder dat het om evenwicht gaat. Er zijn wat hij noemt dissipatieve structuren, eilanden van nieuwe orde binnen een zee van wanorde, die hun orde behouden of doen toenemen ten koste van grotere algemene entropie. Hij beschrijft hoe zo'n gelokaliseerde orde 'floats in disorder' (geciteerd in Capra 1996, 184). Het zijn situaties van niet-evenwicht die de bron zijn van nieuwe orde. Turbulente stromen van water en lucht, die chaotisch lijken, zijn in hoge mate georganiseerd. Materie stroomt continu in de wervelende tunnel van een draaikolk in een bad. Het systeem is organisatorisch gesloten en behoudt een stabiele vorm ook al is het lang geen evenwicht.

Bovendien zijn de fenomenen van tijd en ruimte zelf historisch. De *big bang* creëerde blijkbaar op dat eigenste moment zowel ruimte als tijd. Er was geen voorafbestaande ruimte en tijd: 'any attempt to explain the origin of the physical universe must perforce involve an explanation of how space and time came into existence too' (Davies 2001, 57). Er is dus geen 'tijd' voor de big bang en als/wanneer het universum eindigt in een ander singulier evenement, dan zal tijd (en ruimte) ook ophouden te bestaan. Ruimte en tijd lijken spontaan gecreëerd te zijn, als deel van de systemische aard van het universum. Zij worden plots aangeschakeld, door een onvoorspelbare en niettemin klaarblijkelijk onomkeerbare *quantum change* (Hawking 1988; Coveney and Highfield 1990; Casti 1994).

Tijden zijn zowel meervoudig als onvoorspelbaar. Prigogine spreekt van het 'einde van de zekerheid' wanneer de complexiteitswetenschappen de overhand halen op wat hij noemt de 'two alienating images of a deterministic world and an arbitrary world of pure chance' (1997, 189). Complexiteit verwerpt dus de dichotomieën van determinisme en toeval, zowel als van natuur en maatschappij, zijn en worden, stilstand en verandering. Fysieke systemen vertonen noch onderhouden onveranderlijke structurele stabiliteit. De complexiteitswetenschappen werken uit hoe er orde en wanorde is binnen alle fysieke en sociale fenomenen en ook, zo stelt Kauffman, binnen de aard van de evolutie zelf (1993).

Systemen worden dus door complexiteit gezien als zijnde 'on the edge of chaos'. Orde en chaos zijn in een soort balans waarbij de componenten noch volledig op hun plaats vastgeklonken zijn noch in anarchie oplossen. Chaos is geen algehele anarchistische toevalligheid maar er is 'ordelijke wanorde' binnen al dergelijke dynamische systemen (zie Hayles 1991, 1999).

Een verder gevolg van deze vloeïendheid van tijd is dat kleine veranderingen in het verleden potentieel grote effecten hebben in het heden. Dergelijke kleine gebeurtenissen worden niet 'vergeten'. De chaostheorie verwerpt de *common-sense* opvatting

dat alleen grote veranderingen in de oorzaak grote veranderingen in effecten produceren (Gleick 1988). Een deterministisch geheel van regels volgend, kunnen resultaten gegenereerd worden die onvoorspelbaar zijn maar niettemin een patroon vertonen, waarbij kleine oorzaken bij gelegenheid grote effecten kunnen hebben en vice versa. Het klassieke voorbeeld is het vlindereffect dat Lorenz toevallig ontdekte in 1961. Minuscule veranderingen op een bepaalde plaats kunnen theoretisch, wanneer gemodelleerd door drie gekoppelde niet-lineaire vergelijkingen, grote weerseffecten produceren op grote afstand in tijd en/of ruimte van de oorspronkelijke plaats waar de hypothetische vleugels flapperen (Casti 1994, 96; Maasen & Weingart 2000, 93-4). Er is geen consistente relatie tussen oorzaak en gevolg. Relaties tussen variabelen kunnen eerder niet-lineair zijn, met abrupte veranderingen die plaatsvinden, zodat dezelfde 'oorzaak' in specifieke omstandigheden heel verschillende gevolgen kan hebben. Capra beschrijft hoe 'Nonlinear phenomena dominate much more of the inanimate world than we had thought, and they are an essential aspect of the network pattern of living systems' (1996, 122; White 1995).

Chaostheorie is gebaseerd op de iteratie van een relatief simpel wiskundig algoritme. Complexiteit daarentegen onderzoekt systemen die in staat zijn zich aan te passen en te evolueren, die zich organiseren doorheen de tijd (zie Mitleton-Kelly 2003). De aard van dergelijke complexe sociale interacties werd vergeleken met het lopen door een doolhof waarvan de muren zich herordenen bij elke stap die gezet wordt (Gleick 1988, 24). En terwijl men wandelt moeten nieuwe reeksen van stappen gezet worden om zich aan te passen aan de veranderende positie van de omringende muren van de doolhof. Complexiteit onderzoekt dus emergente, dynamische en zelf-organiserende systemische eigenschappen (Prigogine 1997, 35).

Zo'n systemen zijn instabiel. Een bepaalde *agent* produceert zelden één enkel en begrensd effect. Interventies of veranderingen zullen geneigd zijn een reeks mogelijke effecten te produceren doorheen het betreffende systeem. Prigogine beschrijft die systeemeffecten als 'a world of irregular, chaotic motions' (1997, 155). Cohen en Stewart beschrijven de 'regularities of behaviour that somehow seem to transcend their own ingredients' (1994, 232; Byrne 1998, hoofdstuk 3; Jervis 1997, over 'systeemeffecten'). Het is niet dat de som groter is dan de grootte van haar delen - maar dat er systeemeffecten zijn die op een of andere manier verschillen van haar delen. Complexiteit onderzoekt hoe componenten van een systeem 'spontaan' collectieve kenmerken of patronen ontwikkelen doorheen hun interactie. Wat meer is, als een systeem een bepaalde drempel overschrijdt met minieme veranderingen in de controlerende variabelen, kan een ommezwaai optreden en de emergente kenmerken keren zich om. Zo gaat een vloeistof over in een gas, relatief warm weer gaat plots over in een ijstijd (Byrne 1998, 23; Cohen en Stewart 1994, 21). Nicolis vat samen hoe in een niet-lineair systeem: 'adding two elementary actions to one another can induce dramatic new effects reflecting the onset of cooperativity between the constituent elements. This can give rise to unexpected structures and events whose properties can be quite different from those of the underlying elementary laws' (1995, 1-2).

In het bijzonder komt het ontstaan van patronen binnen eender welk gegeven systeem voort uit co-evolutie en wederzijdse aanpassing. Een emergent complex systeem is het resultaat van een rijke interactie van eenvoudige elementen die 'only respond to

the limited information each is presented with' (Cilliers 1998, 5). *Agents* handelen in termen van een lokale omgeving maar elke agent past zich aan aan, of co-evolueert met, de lokale omstandigheden 'within an environment in which other similar agents are also adapting, so that changes in one agent may have consequences for the environment and thus the success of other agents' (Gilbert 1995, 148). Elke agent co-evolueert, wat wijst op een 'capability to "orientate" to macro-level properties' zodat paradoxaal bepaalde emergente kenmerken in het leven worden geroepen (Gilbert 1995, 151).

Meer bepaald bewegen dynamische systemen niet doorheen alle mogelijke delen van een potentiële ruimte of fase, maar nemen er integendeel een beperkt deel van in. Dit komt voort uit de mathematica van attractoren (Capra 1996, hoofdstuk 6). De eenvoudigste attractor is een punt, zoals bij het ongedwongen schommelen van een slinger met wrijving. Het eenvoudige systeem bereikt de enkelvoudig punt attractor. Metaforisch kan gezegd worden dat 'the fixed point at the centre of the coordinate system "attracts" the trajectory' (Capra 1996, 130).

Een complexer voorbeeld is een huishoudelijk centrale verwarmings- of airconditioningssysteem waar de attractor bestaat uit een ingesteld bereik van temperaturen. De relatie is niet lineair maar houdt *negatieve* feedbackmechanismen of -processen in die afwijking minimaliseren en het bereik van temperaturen opnieuw instellen. Het is onmogelijk te voorspellen wat de precieze temperatuur zal zijn - alleen dat die zal liggen in het bereik die de attractor uitmaakt. Topologisch is deze attractor als een doughnut, een systeem dichtbij evenwicht in hetwelk effectieve negatieve terugkoppelingsmechanismen de temperatuur altijd terug binnen het bereik brengen dat binnen het systeem gespecificeerd werd. Dit is een zichzelf regulerend en begrensd systeem waar negatieve terugkoppeling cruciaal is. Byrne suggereert dat dit analoog is aan het Fordisme dat in het grootste deel van de twintigste eeuw functioneerde als attractor voor leidende industriële maatschappijen (zie Byrne 1998, 28).

In bepaalde complexe systemen zijn er 'strange attractors'. Dit zijn onstabiele ruimtes waarnaar het traject van dynamische systemen wordt aangetrokken doorheen miljarden iteraties, als *agents* op complexe manieren co-evolueren doorheen de tijd. Wat hier belangrijk is, is de *positieve* terugkoppeling die het systeem wegleidt van het evenwicht (Byrne 1998, 26-9). Dergelijke dynamische instabiliteit is zichtbaar in de vlinder gevormd door de Lorenz-attractor (zie Capra 1996, 133). Zo'n attractoren zijn heel gevoelig voor de gevolgen die kleine veranderingen in hun initiële condities teweegbrengen. Dus: 'very small differences in the value of control parameters at the bifurcation point determine which of two radically different trajectories the system settles into' (Byrne 1998, 28). En aangezien iteraties telkens weer optreden, ontstaat een onstabiel en onvoorspelbaar patroon. Het is onmogelijk te voorspellen door welk punt in zo'n ruimte het traject van een attractor zal gaan, ook al zijn er deterministische wetten in het spel. Veel recente wetenschap heeft zich gericht op het karakteriseren van de vorm of topologie van dergelijke vreemde attractoren (Capra 1996, 132).

Centraal in de patroonvorming van attractoren in tijd en ruimte zijn de verschillende terugkoppelingsmechanismen. Vroeg cybernetisch onderzoek onder de auspiciën van de Macy Conferences in de periode na de Tweede Wereldoorlog benadrukte het be-

lang van negatieve terugkoppelingsmechanismen. Deze hebben als effect het herstellen van het homeostatisch functioneren van eender welk systeem dat onderzocht werd. Maar in latere systeemformuleringen, van complexiteit of het non-lineaire, worden veel meer de positieve terugkoppelingsmechanismen onderzocht. Deze worden gezien als versterkers van de oorspronkelijke spanningen in het systeem; op die manier wordt het voor het systeem onmogelijk gemaakt schokken te absorberen en het originele evenwicht te herstellen (Hayles 1999). Positieve terugkoppeling treedt op als een tendens tot verandering versterkt eerder dan afgezwakt wordt. Positieve terugkoppeling is zichtbaar in de economische en sociologische analyses van toeneemende opbrengsten die voorkomen in een hele industrie of activiteit (Arthur 1994; Waldrop 1994; en zie verder, deel 3).

Maturana en Varela ontwikkelden de notie dat systemen autopoietisch zijn (Maturana 1981; Mingers 1995). Autopoiesis gaat om de idee dat levende systemen een proces van zelf-making of zelf-productie inhouden. Er is een netwerk van productieprocessen waarin de functie van elke component is deel te nemen aan de productie of transformatie van andere componenten in het netwerk. Op die manier gaat het netwerk zichzelf maken. Het wordt geproduceerd door de componenten en dit produceert op zijn beurt de componenten. In een levend systeem is het product van deze operatie de eigen organisatie, met het ontwikkelen van grenzen die het domein van haar operaties afbakenen en het zelf-makende systeem definiëren (Capra 1996, 98; Hayles 1999, hoofdstuk 6).

Autopoiesis kan ook gezien worden in de aard van stedelijke groei. Kleine lokale voorkeuren die op een zachte manier uitgedrukt worden in de bekommernissen van individuen, zoals willen leven met etnisch gelijken, produceren erg sterk gesegregeerde zelf-organiserende buurten zoals die karakteristiek zijn in grote Amerikaanse steden. Krugman stelt dat residentiële patronen onstabiel zijn in het licht van toevallige verstoringen: 'local, short-range interactions can create large-scale [self-organizing] structure' (1996, 17).

In de volgende sectie relateer ik deze diverse begrippen aan één globaal systeem in het bijzonder, dat van de automobiliteit (andere globale systemen worden onderzocht in Urry 2003).

3. COMPLEXITEIT EN DE AUTO

Eén miljard auto's werden er geproduceerd in de vorige eeuw. Zo'n 700 miljoen auto's zwerven rond over de wereld. Voorspellingen stellen dat het reizen per auto wereldwijd zou verdrievoudigen tussen 1990 en 2050 (Hawkin, Lovins, Lovins 1999). Land na land is een 'automobile cultuur' aan het ontwikkelen, met als meest significante voorbeeld momenteel China. In 2030 kunnen er één miljard auto's wereldwijd zijn (Motavalli 2000, 20-1, 231-2).

Merkwaardig genoeg wordt de auto zelden bediscussieerd in de 'globaliseringsliteratuur', hoewel de dominantie ervan meer systemisch is dan die van film, televisie en computer - die meestal wel als globale technologie worden gezien. Ik toon verder aan dat automobilititeit een bijzonder significant en interessant voorbeeld is van 'globale complexiteit' (zie Sheller & Urry 2000).

'Automobilititeit' is een hybride verzameling van mensen (bestuurders, passagiers, voetgangers) zowel als machines, wegen, gebouwen, tekens en hele culturen van mobiliteit waarmee het verweven is (Thrift 1996, 282-84). Het kernelement is niet de 'auto' op zich maar het systeem van deze fluïde interconnecties, aangezien: 'a car is not a car because of its physicality but because systems of provision and categories of things are "materialized" in a stable form' - een stabiele vorm die dan, zo kunnen we stellen, erg verschillende kenmerken kan zichtbaar maken (Slater 2001, 6). Het is nodig na te gaan welke stabiele vorm of 'systeem' automobilititeit vormt zoals het zich maakt en hermaakt over de hele wereld.

Automobilititeit moet gezien worden doorheen de complexiteits-taal, als een zichzelf organiserend, niet-lineair systeem (autopoetische automobilititeit!). Het verspreidt wereldwijd auto's, autobestuurders, wegen, petroleumleveringen en een hele reeks nieuwe objecten, technologieën en tekens die auto's tegelijk vooronderstellen *en* doen ontstaan. Het systeem genereert de voorwaarden voor de eigen zelf-expansie. Luhmann definieert autopoësis als volgt: 'everything that is used as a unit by the system is produced as a unit by the system itself. This applies to elements, processes, boundaries, and other structures and, last but not least, to the unity of the system itself' (1990, 3; zie Mingers 1995). Automobilititeit heeft, vooral door het doen ontstaan van nieuwe tijden en ruimtes, datgene geproduceerd 'wat gebruikt wordt door een eenheid als een eenheid'.

Dit systeem van automobilititeit komt voort uit een pad-afhankelijk patroon neergelegd in de jaren 1890. Van zodra economieën en samenlevingen 'ingesloten' (locked-in) waren in de 'staal-en-petroleum' auto, ontstonden enorme winsten voor de producenten en verkopers van deze auto's en de ermee samenhangende infrastructuur, producten en diensten (zie Arthur 1994). En tegelijkertijd werd het sociale leven onomkeerbaar ingesloten in de modus van mobiliteit die automobilititeit zowel genereert als veronderstelt. Deze modus van mobiliteit is sociaal noodzakelijk noch onvermijdelijk maar het lijkt onmogelijk er los van te komen. Vanuit relatief kleine oorzaken werd een onomkeerbaar patroon uitgestippeld en dit heeft de voorwaarden voor de zelfexpansie van de automobilititeit verzekerd in de voorbije 'eeuw van de auto'.

Dergelijke toenemende winsten zijn verbonden met hoe patronen van socio-technische ontwikkeling 'pad-afhankelijk' zijn (zie Kelly 1998). Pad-afhankelijkheid wijst op het belang van de temporele ordening van gebeurtenissen of processen. *Contra* lineaire modellen, beïnvloedt het temporele patroon waarin gebeurtenissen of processen optreden de wijze waarop zij uiteindelijk verschijnen (Mahoney 2000, 536). Oorzakelijkheid kan inderdaad lopen van contingente kleine gebeurtenissen naar bijzonder krachtige algemene processen die, doorheen toenemende winsten, ingesloten worden gedurende lange tijd. 'History matters' in de processen van pad-afhankelijke ontwikkelingen (North 1990, 100).

Deze pad-afhankelijkheid komt typisch tot stand omwille van kleinschalige, lokale redenen. Het meest gekende voorbeeld is het QWERTY toetsenbord voor de typemachine dat in 1873 werd geïntroduceerd om typisten te vertragen. Maar eens deze lay-out voor het toetsenbord geïntroduceerd was om dergelijke kleinschalige redenen in de 19^e eeuw, bleef die lay-out behouden, ondanks de grote technologische veranderingen in wat een 'toetsenbord' is in de late twintigste eeuw (zie Arthur 1994; North 1990).

En in de jaren 1890 waren er in hoofdzaak drie manieren om voertuigen voort te bewegen: petroleum, stoom en elektrische batterijen, waarbij de laatste twee meer 'efficiënt' waren (Motavalli 2000, hoofdstuk 1; Scharff 1991). Auto's op petroleum werden gebouwd om kleinschalige, min of meer toevallige redenen, deels omdat een voertuig rijdend op petroleum één van de twee enige was die een 'horseless carriage competition' in Chicago in 1896 kon uitrijden. Het petroleumstelsel werd opgebouwd en 'ingesloten', en de rest is bij wijze van spreken geschiedenis. De kleine oorzaken die in een bepaalde volgorde optraden op het einde van de negentiende eeuw hebben zo enorme onomkeerbare gevolgen gehad voor de twintigste eeuw. De 'pad-afhankelijkheid' van de petroleumauto werd ingesloten, ook al was het niet de technologisch meest verkiesbare. Maar eens ingesloten, was de rest geschiedenis, omdat een verbazingwekkende reeks industrieën, activiteiten en belangen mobiliseerden rond de op petroleum gebaseerde auto. Zoals North meer algemeen schrijft: 'Once a development path is set on a particular course, the network externalities, the learning process of organizations, and the historically derived subjective modelling of the issues reinforce the course' (1990, 99).

De kern is dat: 'small chance events become magnified by positive feedback' en dit sluit dergelijke systemen in, zodat doorheen de tijd toenemende winsten of positieve terugkoppeling het resultaat zijn (Brian Arthur, geciteerd in Waldrop 1994, 49). Relatief deterministische patronen van inertie versterken bestaande patronen door processen van positieve terugkoppeling. Dit doet verandering geleidelijk toenemen door een 'lock-in' die in de tijd het systeem wegleidt van wat we ons kunnen voorstellen als het 'evenwichtspunt' en van wat optimaal had kunnen zijn in termen van 'efficiëntie', zoals een niet-QWERTY toetsenbord of elektrische manieren om auto's aan te drijven (Motavalli 2000).

Het belang van de 'lock-in' betekent dat instituties heel belangrijk zijn voor hoe een systeem zich ontwikkelt. Zo'n instituties kunnen een lange-termijn onomkeerbaarheid teweegbrengen die 'both more predictable and more difficult to reverse' is (North 1990, 104). De effecten van de petroleumauto, een eeuw na de toevallige constructie ervan, laten zien hoe moeilijk het is om ingesloten institutionele processen om te keren als miljoenen actors samen evolueren en zich aanpassen aan het zichzelf reproduceren over de wereld (zie Sheller & Urry 2000).

Automobiliteit in het bijzonder heeft onomkeerbaar nieuwe socialiteiten in gang gezet, van het familieleven, de gemeenschap, de vrije tijd, het plezier van de verplaatsing enzovoort. De groei in automobiliteit produceert nieuwe beweging en is niet de vervanging van publiek transport door de auto (zie Vigar 2002, 12; Adams 1999).

Deze mobiliteiten resulteren uit hoe het autosysteem immens flexibel is *en* volledig dwingend.

Automobiliteit is een bron van vrijheid, de 'freedom of the road'. Haar flexibiliteit laat de autobestuurder toe om snel, op elk moment, in elke richting te reizen over het complex wegensysteem van Westerse samenlevingen dat de meeste huizen, werkplaatsen en vrijetijdsplaatsen verbindt. Auto's vergroten het bereik van waar mensen heen kunnen en vandaar wat zij als mensen letterlijk kunnen doen. Veel van wat mensen nu beschouwen als 'sociaal leven' zou niet mogelijk zijn zonder de flexibiliteit van de auto en zijn vierentwintiguurs beschikbaarheid. De auto maakt het mogelijk laat te vertrekken, verbindingen te missen, te reizen op een relatief tijd-loze manier. Mensen reizen wanneer ze willen, volgens routes die ze zelf kiezen, komen onverwacht op nieuwe plaatsen uit, stoppen onderweg voor relatief onbepaalde periodes en vertrekken terug wanneer het hen uitkomt.

Maar tegelijkertijd is deze flexibiliteit noodzakelijk door de automobiliteit. De 'structuur van de auto-ruimte' (Freund 1993; Kunstler 1994) dwingt mensen om hun mobiliteiten en socialiteiten op complexe en heterogene manieren op te zetten over zeer aanzienlijke afstanden. De stedelijke omgeving, gebouwd tijdens de laatste helft van de twintigste eeuw om de auto ter wille te zijn, heeft de territorialiteiten van thuis, werk, bedrijf en vrije tijd 'ontbonden'. De leden van families gaan uit elkaar aangezien zij op van elkaar verwijderde plaatsen zullen leven, waarbij het reizen om elkaar met tussenpozen te ontmoeten, complex is. Mensen bewonen verkeersopstoppingen, files, tijdelijke onzekerheden en gezondheidsbedreigende stedelijke omgevingen, als gevolg van het ingekapseld zijn in een geprivatiseerde, *cocooned*, bewegende capsule (zie Flink 1988; Whitelegg 1997; Miller 2000).

Automobiliteit is dus een systeem waarin iedereen *gedwongen* wordt in een intense *flexibiliteit*. Het dwingt mensen om te jongleren met kleine deeltjes tijd om te kunnen omgaan met de temporele en ruimtelijke beperkingen die het zelf oplegt. Automobiliteit ontwikkelt 'onmiddellijke' tijd die gemanaged moet worden op in hoge mate complexe, heterogene en onzekere manieren; er is een individualistisch tijdsschematiseren van een veelheid aan momenten of fragmenten van tijd. Het autosysteem kunnen we op die manier zien als een door Frankenstein gecreëerd monster dat het individu uitbreidt naar een rijk van vrijheid en flexibiliteit waar het bewonen van een auto positief kan beschouwd worden, maar dat ook auto 'gebruikers' oplegt om hun leven te leiden op ruimtelijk uitgerokken en in de tijd samengedrukte manieren. De auto is de 'ijzeren kooi' van de moderniteit, gemotoriseerd, bewegend en geprivatiseerd. Automobiliteit produceert met andere woorden verlangens naar flexibiliteit die alleen het autosysteem in vervulling kan doen gaan.

Maar het is een essentieel kenmerk van complexiteitsbenaderingen dat niets voor altijd vastligt. Abbott wijst op 'the possibility for a pattern of actions to occur to put the key in the lock and make a major turning point occur' (Abbott 2001, 257). Zo'n niet-lineaire uitkomsten worden gegenereerd door systemen die zich bewegen over een keerpunt of wat Gladwell noemt 'tipping points' (2000). Dergelijke omwentelingsmomenten houden drie opvattingen in: dat gebeurtenissen en fenomenen besmettelijk zijn, dat kleine oorzaken grote effecten hebben en dat verandering kan plaats-

vinden, niet gradueel en lineair, maar dramatisch op het moment dat het systeem omslaat. Gladwell beschrijft de consumptie van faxen of mobiele telefoons, wanneer op een bepaald moment elk kantoor een fax nodig heeft of elke mobiele persoon een mobieltje. Welvaart ontstaat niet uit schaarste, zoals in conventionele economie, maar uit overvloed (Gladwell 2000, 272-3).

Een belangrijke kwestie voor het huidige autosysteem is of er een omwentelingsmoment kan optreden zodat plots de hele wereld er zich van afkeert. Wat kan complexiteit zeggen over zo'n mogelijkheid? Het moet hier opgemerkt worden dat ik tot nog toe slechts één vorm van de auto besproken heb en voornamelijk hoe de padafhankelijkheid van de privé toegeëigende en gemobiliseerde 'staal-en-petroleum' auto tot stand kwam en 'ingesloten' raakte. We moeten ook opmerken dat in het huidige denken over globale automobilititeit en wat ermee gedaan, gekenmerkt wordt door lineair denken: kunnen bestaande auto's een kleine technische reparatie krijgen om het brandstofverbruik te doen stijgen, of kunnen bestaande manieren van publiek transport verbeterd worden en zo handelsverkeer onttrekken aan de auto en de wegen?

Complexiteit zou echter stellen dat de echte uitdaging is hoe tot een ander patroon te komen; is er een omwentelingsmoment analoog aan de geschiedenis van de mobiele telefoon, dat volledig breekt met het huidige autosysteem? Complexiteit laat zeker zien dat zo'n systeem niet ontregeld kan raken door lineaire veranderingen maar enkel door een geheel van wederzijds afhankelijke kleine veranderingen in een *bepaalde* volgorde, dat het systeem op een nieuw pad kan bewegen of doen keren (zie Sheller & Urry 2000; Gladwell 2000).

Een interessante vaststelling is dat lineaire modellen van alle kanten bekritiseerd worden, niet alleen door theoretici van niet-lineaire dynamieken (Prigogine 1997; Nicolis 1995; Capra 1996, 2001), maar ook door empirisch georiënteerde sociologen (zie Abbott's kritiek op de 'generalised linear reality'; 2001). Volgens Abbott toont 'padafhankelijkheid' dat 'time matters' (2001). Het is een procesmodel waarin systemen zich onomkeerbaar ontwikkelen door 'lock-in', maar waar slechts kleine oorzaken nodig zijn om ze te initiëren, zoals inderdaad met de onvoorspelbare origine van de op petroleum gebaseerde auto (Mahoney 2000, 535-536). Om te breken met het huidige autosysteem (wat Adams (1999) noemt 'business as usual') moeten we 'omwentelingsmomenten' onderzoeken.

Abbott stelt dat verandering de normale gang van zaken is en heel wat inschattingen van het huidige sociale leven benadrukken inderdaad de in toenemende mate versnellende aard van dergelijke veranderingen. Maar er zijn zekere netwerken van sociale relaties die verbazend stabiel zijn over langere perioden, die vaak sociale structuren genoemd worden. Eén zo'n structuur is het autosysteem, dat opmerkelijk stabiel en onveranderlijk is, zelfs met de grote economische, sociale en technologische *maelstrom* van verandering die het omringt (Abbott 2001, 256). Men zou kunnen stellen dat het autosysteem desondanks verder zeilt, met zijn ouderdom van meer dan een eeuw en in toenemende mate in staat *to 'drive' out competitors*, zoals voeten, fietsen, bussen en treinen. Het is in toenemende mate verouderd, in tegenstelling tot bijna alle huishoudelijke technologieën van de twintigste eeuw, omdat het gebaseerd is, niet op elektrische energie, maar op petroleumverbranding. In de twintigste eeuw raakten

huizen en garages steeds meer gevuld met elektrische goederen - behalve de merkwaardige, verouderde auto.

Nu wil ik wijzen op enkele kleine techno-economische, beleids- en sociale veranderingen die misschien de kiemen zaaien van een nieuwe mobiliteit in de rest van deze eeuw. Als zij zich ontwikkelen in het volgende decennium of daaromtrent, zal een omwentelingsmoment bereikt worden door hun systemische, temporele onderlinge afhankelijkheden. Als zij in de 'juiste volgorde', die waarschijnlijk enkel achteraf kan vastgesteld worden, plaatsvinden, zullen ze een nieuwe mobiliteit produceren, het 'post-auto systeem' (voor een andere zienswijze, zie Graham & Marvin 2001).

Tot deze kleine veranderingen behoren nieuwe *brandstofsysteemen*, zoals batterijen, hybride auto's op diesel en batterijen en waterstof- of brandstofcellen; *nieuwe materialen* om 'auto'-lichamen te maken die vele malen lichter zullen zijn; 'smart-card' *technologie* ter uitwisseling van tarieven, onkosten, informatie vanuit de auto naar thuis, naar de bus, naar de trein, naar de werkplek, naar websites, naar winkelkassa's, naar de bank; de *deprivatisering* van de auto door uitgebreid autodelen, autoclubs en autoverhuurschema's; veranderingen in het *transportbeleid* weg van de voorspel-en-biedaan modellen, en *communicaties* die ingebed zijn in en samenvallen met vormen van transport (zie *inter alia* Hawken, Lovins, Lovins 1999; US Department of Transportation 1999; Motavalli 2000; Thrift 2001; Vigar 2002).

Dit systeem van de 'post-auto' zou bestaan uit kleine, lichte, intelligente, wellicht op waterstof gebaseerde, gedeprivatiseerde 'voertuigen', elektronisch en fysisch geïntegreerd met vele andere vormen van mobiliteit. In het post-auto systeem zal er een gemengde stroom zijn van traagbewegende semi-publieke micro-auto's, fietsen, vele hybride voertuigen, voetgangers en massatransport, geïntegreerd in een mobiliteit van fysische *en* virtuele toegang. Elektronische tolgelden zullen toegang en snelheid regelen. Buurten zullen 'access by proximity' aanmoedigen door de grotere dichtheid van levenspatronen en het geïntegreerde gebruik van grond; en zullen elektronische coördinatie bevorderen tussen gemotoriseerd en niet-gemotoriseerd transport en tussen hen die op vele verschillende manieren 'on the move' zijn (Hawken, Lovins, Lovins 1999, 47; Sheller & Urry 2000).

Complexiteitsbenaderingen beklemtonen hier drie punten ten aanzien van de verschuiving weg van het huidige autosysteem. Ten eerste, het patroon van 'publieke mobiliteit', van de dominantie van bussen, treinen, koetsen en schepen, zal niet heropstaan. Dat is onomkeerbaar verloren gegaan door het zichzelf expanderende karakter van het autosysteem dat individuele mobiliteit op basis van instant-tijd, fragmentatie en flexibiliteit, geproduceerd en noodzakelijk gemaakt heeft. Eender welk post-autosysteem zal uitgaan van de geïndividualiseerde beweging die automobilititeit vooronderstelt en tot stand gebracht heeft als een onomkeerbaar gevolg van de eeuw van de auto.

Ten tweede, de dagen van staal-en-petroleum mobiliteit zijn in feite geteld. Tegen 2100 zal het ondenkbaar zijn dat geïndividualiseerde mobiliteit gebaseerd zal zijn op de negentiende-eeuwse technologieën van stalen auto's en dieselmotoren. Een keerpunt of omwentelingsmoment zal optreden tijdens de eenentwintigste eeuw als de

staal en petroleum auto uiteindelijk gezien zal worden als een dinosaurus (een beetje zoals het Sovjetimperium, vroege vrijstaande PCs of niet-mobiele telefoons). Wanneer het zo gezien wordt, zal het voor eens en altijd opgeborgen worden en niemand zal begrijpen hoe zo'n groot, verspillend en planeet-vernietigend wezen de aarde kan geregeerd hebben. Plots zal het systeem van automobilititeit verdwijnen en als een dinosaurus in een museum worden en we zullen ons afvragen waar al die drukte om gemaakt werd.

Ten derde, dit omwentelingsmoment is onvoorspelbaar. Het kan niet afgelezen worden van lineaire veranderingen in bestaande bedrijven, industrieën, praktijken en economieën. Net zoals het internet en de mobiele telefoon 'uit het niets' verschenen, zal het omwentelingsmoment naar de 'post-auto' onvoorspelbaar verschijnen. Het zal waarschijnlijk komen van een set technologieën of bedrijven of overheden die momenteel niet tot het centrum van de autoindustrie en -cultuur behoren, zoals met de Finse toiletpapiermaker Nokia en de onverwachte oorsprong van de mobiele telefoon.

4. CONCLUSIE

Ik merkte hierboven op hoe Prigogine analyseert hoe er dissipatieve structuren zijn, eilanden van nieuwe orde in een zee van wanorde, eilanden die hun orde doen toemen ten koste van een grotere algemene wanorde. Prigogine beschrijft hoe elk van deze *pockets of order* 'floats in disorder' (geciteerd in Capra 1996, 184). En zo'n gelocaliseerde orde houdt processen van zelfconstructie in.

Dan heb ik het globale autosysteem onderzocht als leidend voorbeeld van 'globale complexiteit'. In het bijzonder is het globale autosysteem een van die 'eilanden van orde' en als 'turbulente stroom' heeft het een grotere entropie of wanorde over de wereld gegenereerd.

Complexiteit is ook het vertrekpunt om te onderzoeken hoe dit globale systeem dat zo onveranderbaar lijkt, toch door kleine veranderingen, als zij in een bepaalde volgorde plaatsvinden, kan overgaan in een post-auto mobiliteitssysteem. En *exact* wanneer de auto een dinosaurus rijp voor het museum wordt, zal de levensvatbaarheid op lange termijn van heel wat aspecten van het leven op 'aarde' bepalen.

En ik suggereer dat dit zal gebeurd zijn voor het einde van deze eeuw. Maar voorspellen wanneer juist dit zal plaatsvinden is onmogelijk, niettegenstaande dit artikel geargumenteed heeft dat de categorieën van complexiteit de manier zijn om te onderzoeken hoe mogelijkheden zich kunnen ontwikkelen en elkaar kruisen en hoe een systeem dat zo volslagen onbuigzaam lijkt zich op een dag gewoon zou kunnen om draaien en sterven.

BIBLIOGRAFIE

- Abbott, A. (2001), *Time Matters*. Chicago: University of Chicago Press.
- Adam, B. (1998), *Timescapes of Modernity*. London: Routledge.
- Adams, J. (1999), *The Social Implications of Hypermobility*. OECD Project on Environmentally Sustainable Transport, UCL.
- Arthur, B. (1994), *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Bauman, Z. (2000), *Liquid Modernity*. Cambridge: Polity.
- Byrne, D. (1998), *Complexity Theory and the Social Sciences*. London: Routledge.
- Capra, F. (1996), *The Web of Life*. London: Harper Collins.
- Capra, F. (2001), *The Hidden Connections. A Science for Sustainable Living*. London: Harper Collins.
- Castells, M. (2001), *The Internet Galaxy*. Oxford: Oxford University Press.
- Casti, J. (1994), *Complexification*. London: Abacus.
- Cilliers, P. (1998), *Complexity and Post-Modernism*. London: Routledge.
- Cohen, J. & I. Stewart (1994), *The Collapse of Chaos*. Harmondsworth: Penguin.
- Coveney, P. (2000), A clash of doctrines: the arrow of time in modern physics, in P. Baert (ed), *Time in Contemporary Intellectual Thought*. Amsterdam: Elsevier.
- Coveney, P. & R. Highfield (1990), *The Arrow of Time*. London: Flamingo.
- Davies, P. (2001), Before the Big Bang, *Prospect*, June: 56-9.
- Flink, J. (1988), *The Automobile Age*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Freund, P. (1993), *The Ecology of the Automobile*. Montreal and New York: Black Rose Books.
- Giddens, A. (1990), *The Consequences of Modernity*. Stanford: Stanford University Press.
- Gilbert, N. (1995), Emergence in social simulation, in Gilbert, N. & R. Conte (eds), *Artificial Societies*. London: UCL Press.
- Gladwell, M. (2000), *Tipping Points. How Little Things can make a Big Difference*. Boston: Little, Brown and Company.
- Gleick, J. (1988), *Chaos*. London: Sphere.
- Graham, S. & S. Marvin (2001), *Splintering Urbanism*. London: Routledge.
- Hardt, M. & T. Negri (2000), *Empire*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Hawken, P., A. Lovins & L.H. Lovins (1999), *Natural Capitalism*. London: Earthscan.
- Hawking, S. (1988), *A Brief History of Time*. London: Bantam.
- Hayles, N.K. (ed) (1991), *Chaos and Order: Complex Dynamics in Literature and Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hayles, N.K. (1999), *How We Became Posthuman*. Chicago: University of Chicago Press.
- Held, D., A. McGrew, D. Goldblatt & J. Perraton (1999), *Global Transformations*. Cambridge: Polity.
- Jervis, R. (1997), *System Effects*. Princeton: Princeton University Press.
- Kauffman, S. (1993), *The Origins of Order*. New York: Oxford University Press.
- Kelly, K. (1998), *New Rules for the New Economy*. London: Fourth Estate.

-
- Krugman, P. (1996), *The Self-Organizing Economy*. Cambridge, Mass: Blackwell.
- Kunstler, J. (1994), *The Geography of Nowhere: The Rise and Decline of America's Man-Made Landscape*. New York: Touchstone Books.
- Luhmann, N. (1990), *Essays on Self-Reference*. New York: Columbia University Press.
- Maasen, S. & P Weingart (2000), *Metaphors and the Dynamics of Knowledge*. London: Routledge.
- Mahoney, J. (2000), Path dependence in historical sociology, *Theory and Society*, 29, 507-48.
- Malpas, J. & G. Wickham (1995), Governance and failure: on the limits of sociology, *Australian and New Zealand Journal of Sociology*, 31, 37-50.
- Maturana, H. (1981), Autopoeisis, in M. Zeleny (ed) *Autopoeisis: A Theory of Living Organization*. New York: North Holland.
- Mingers, J. (1995), *Self-Producing Systems*. New York: Plenum.
- Mitleton-Kelly, E. (2003), Ten principles of complexity and enabling infrastructures, in *Complexity and Evolutionary Perspectives of Organisations: the Application of Complexity Theory to Organisations*. London: Elsevier.
- Motavalli, J. (2000), *Forward Drive*. San Francisco: Sierra Club.
- Nicolis, G. (1995), *Introduction to Non-Linear Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- North, D. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rifkin, J. (2000), *The Age of Access*. London: Penguin.
- Scharff, V. (1991), *Taking the Wheel: Women and the Coming of the Motor Age*. New York: Free Press.
- Sheller, M. & J. Urry (2000), The city and the car, *International Journal of Urban and Regional Research*, 24, 737-57.
- Slater, D. (2001), Markets, materiality and the 'new economy', paper given to 'Geographies of New Economies' Seminar, Birmingham, UK, October.
- Thrift, N. (1996), *Spatial Formations*. London: Sage.
- Thrift, N. (1999), The place of complexity, *Theory, Culture and Society*, 16, 31-70.
- Thrift, N. (2001), *The machine in the ghost: software writing cities*, Hegemonies Conference, Centre for Science Studies, Lancaster University.
- Urry, J. (2001), *The Tourist Gaze. Second Edition*. London: Sage.
- Urry, J. (2003), *Global Complexity*. Cambridge: Polity.
- US Department of Transportation (1999), *Effective Global Transportation in the Twenty First Century: A Vision Document*. US Department of Transportation: 'One Dot' Working Group on Enabling Research.
- Vigar, G. (2002), *The Politics of Mobility*. London: Spon.
- Waldrop, M. (1994), *Complexity*. London: Penguin.
- Wallerstein, I. (1996), *Open the Social Sciences. Report of the Gulbenkian Commission on the Restructuring of the Social Sciences*. Stanford: Stanford University Press.
- White, H. (1995), Network switchings and Bayesian forks: reconstructing the social and behavioural sciences, *Social Research*, 62, 1035-63.
- Whitelegg, J. (1997), *Critical Mass*. London: Pluto.

