

H. DEKKER

Koöperatieve verschijnselen in komplekse systemen

Koöperatieve verschijnselen kunnen optreden in systemen die opgebouwd zijn uit zeer vele met elkaar wisselwerkende subsystemen. Voor de 'mikroskopische' subsystemen kan men bijvoorbeeld denken aan menselijke individuen, hun hersencellen, of aan atomen. Het samengestelde, 'makroskopische' systeem kan dan respectievelijk de maatschappij, de hersenen of een kristalrooster zijn.

De samenwerking van de deelsystemen kan leiden tot een duidelijke overgang van een ongeordende naar een meer geordende toestand van het totale systeem. Dit heet een fase-overgang.

De koöperatieve fenomenen die aan het makrosysteem worden waargenomen, zijn verschijnselen die de mikrosystemen op zichzelf niet vertonen. De systematische studie van deze synergistische verschijnselen wordt wel synergetica genoemd.

Veel sociologische makrosystemen vertonen typisch koöperatieve verschijnselen.

Vandaar dat in dit artikel geprobeerd zal worden in kort bestek uiteen te zetten wat synergetica inhoudt. Daarbij zullen systemen worden besproken variërend van fysische tot sociologische aard.

Inleiding

Het begrip synergetica als de leer van de synergismen is nog niet zo lang geleden geïntroduceerd in de *natuurwetenschappen* door professor Haken (1973) uit Stuttgart, als gevolg van intensieve studies van koöperatieve verschijnselen bij o.a. de ferromagneet, de supergeleider, kristalordeningen en de laser. Het begrip synergisme is niet nieuw. In de *farmacie* is het de benaming van het verschijnsel, dat twee of meer verschillende geneesmiddelen met dezelfde werking bij gezamenlijke toediening elk een deel van het mogelijk verhoogde effect voor hun rekening nemen (bijv. het zogenaamde '2+2=5' effect). En in de *fysiologie* spreekt men reeds lang van synergisme of samenwerking van meerdere spieren of spiergroepen, zoals bij de ademhaling of het verkrijgen van een evenwichtstoestand van bijvoorbeeld een gewricht.

In *religieuze zin* is synergisme de christelijke leer dat samenwerking mogelijk is van de mens met God en de Heilige Geest. Deze koöperatie kan leiden tot de bekering en de zaligheid van de mens. Deze synergistische idee is van grote invloed geweest op de leer der goede werken van de Rooms-Katholieke Kerk van vóór de tijd van de Reformatie. Ze heeft geleid tot een aantal kritische verschijnselen in het religieuze denken en handelen in de zestiende eeuw, die karakteristiek geacht

kunnen worden voor een fase-overgang, zoals fluktuaties, instabiliteiten, vertragingen en ordening. Bij de fluktuaties kan men bijv. denken aan de zogenaamde 'synergistische strijd' tussen Luther en zijn oude vriend de Wittenbergse hoogleraar Melanchthon, die de tolerante Erasmiaanse opvatting over de goede werken aanhing. De ordening kwam uiteindelijk tot stand in de Reformatie.

In het hiernavolgende zal worden toegelicht hoe een statistische beschrijving van verschillende synergistische, koöperatieve fenomenen tot een unificerende methodologie kan leiden (Dekker, 1975 a).

Statistische beschrijving

Het gebruik van statistische methodes in de fysica, chemie of sociologie is vaak nodig ten gevolge van de praktische onmogelijkheid of zelfs de onwenselijkheid van een gedetailleerde 'mikroskopische' beschrijving. Niemand is geïnteresseerd, afgezien van de praktische of fundamentele onmogelijkheid, in de precieze posities en snelheden van alle 10^{26} atomen in zijn huiskamer. Interessant is hun statistisch gemiddelde snelheid, welke tot uiting komt in de makroskopische grootheid die we temperatuur noemen. Op sociologisch gebied kan men stellen, dat het voor de manager van een groot bedrijf onnodig is zeer gedetailleerde kennis te hebben omtrent het intern functioneren van



Hans Dekker studeerde natuurkunde aan de Technische Hogeschool in Delft, waar hij zich bezighield met o.a. akoestiek, klassieke elektromagnetische theorie, supergeleiding, elektronen-optica en journalistiek. Na het afronden van de opleiding met een studieprijs, is hij sinds 1971 als theoretisch fysicus verbonden aan de laserresearchgroep van het Fysisch Laboratorium TNO te 's-Gravenhage. In de zomer van 1972 en 1974 bezocht hij de 'International School of Quantum Electronics' op Sicilië. De tweede bijeenkomst had als onderwerp 'Cooperative Phenomena in Multi-component Systems'. Deze bezoeken, te zamen met een aantal eigen publikaties, legden de basis voor nevenstaand artikel over 'Coöperatieve Verschijnselen'.

alle afdelingen en alle werknemers. Door de vele bomen zou hij het bos niet meer zien. Van essentiële belang voor hem zijn de relevante in- en uitvoerparameters.

Men heeft lange tijd gemeend, dat men met behulp van de kennis en de concepties van afzonderlijke elementaire delen, zoals atomen, het gedrag van complexe systemen volledig zou kunnen begrijpen en wel zonder de introductie van nieuwe concepten. Zo zouden biologische systemen alleen maar door hun grotere complexiteit verschillen van systemen, die gewoonlijk in de fysica beschouwd worden. Dit is evenwel geen vruchtbaar standpunt gebleken. Het concept van de temperatuur, bijvoorbeeld, heeft voor één geïsoleerd elementair deeltje geen enkele betekenis. Pas in een systeem met interacties tussen zeer vele mikroskopische deeltjes wordt de temperatuur als makrosopisch begrip zinvol. Het concept van de politieke polarisatie is voor één geïsoleerd menselijk individu niet zinvol. Dit fenomeen ontstaat

pas als vele individuen met elkaar kunnen wisselwerken.

Meestal kunnen de eigenschappen van een makrosysteem dan ook niet begrepen worden door de kenmerken van de afzonderlijke, geïsoleerde mikrosystemen domweg willekeurig bij elkaar op te tellen. Integendeel, de deelsystemen gedragen zich door hun onderlinge wisselwerkingen vaak op een goed georganiseerde manier. Als gevolg hiervan kan het totale systeem in een geordende toestand verkeren, of gedragingen vertonen die men misschien zelfs 'doelbewust' zou kunnen noemen. Om deze gedragingen begrijpelijk te maken, zal het voordelig zijn nieuwe begrippen in te voeren voor de beschrijving van het makrosysteem, zoals hierboven al is aange-stipt. In het hierna besproken eenvoudige model van een laser, uit de fysica, zal het concept van de 'ordeparameter' ter sprake komen.

De laser

In fig. 1 is de intensiteit van het door de laser ('licht amplification by stimulated emission of radiation') geëmitteerde licht (uitgangsvermogen) weergegeven als functie van het ingangs- of pompvermogen. Dit 'pompen' gebeurt met bijv. een flitslamp of een elektrische ontlaadingsstroom (als in een TL-buis) en dient om de laseratomen in een aangeslagen energie-toestand te brengen, van waaruit ze licht (fotonen) kunnen uitzenden. Men kan nu voor de laser de uitgezonden lichtintensiteit, ofwel het aantal (N) geëmitteerde fotonen, opvatten als orde-parameter. Deze ordeparameter voldoet aan de volgende vergelijking:

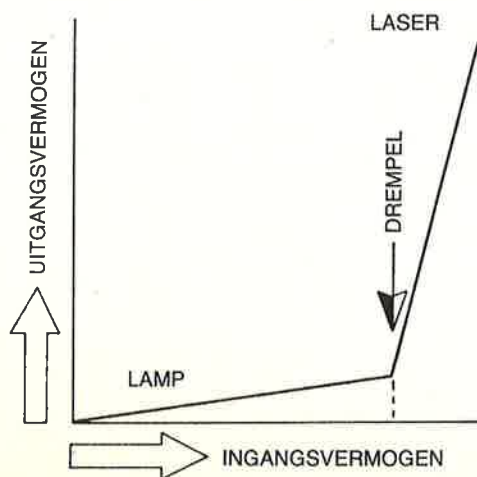
$$\frac{dN}{dt} = aN - bN^2 + F(t)$$

De verandering (dN) per tijdseenheid (dt) in het aantal uitgezonden fotonen is in eerste instantie evenredig met het reeds aanwezige aantal (N). De evenredigheidsconstante (a) heet de pompparameter en geeft het verschil aan tussen het 'geboortecijfer' (evenredig met het pompvermogen) van fotonen in de laser en het 'sterftcijfer' van fotonen door absorptie, verstrooiing e.d. Bij zwak pompen is a negatief, dat wil zeggen dat er meer fotonen verloren gaan dan er gemaakt worden, en de ordeparameter (N) zou volledig uitsterven als de term F(t) er niet was. Deze zogenaamde ruisterm beschrijft bij orde-parameter-vergelijkingen in het algemeen de doorwerking van de microscopische fluktuaties tot op het makroskopische niveau. In het geval van de

laser beschrijft F(t) de zogenaamde 'spontane', ongeordende emissie van fotonen ten gevolge van de in de omgeving aanwezige thermische energie. Indirekt, via de temperatuur dus, neemt hierdoor voor zwak pompen de lichtintensiteit toch toe met toenemend pompvermogen. Maar het rendement, aangegeven door de helling van de curve in fig. 1, is erg laag. De eigenschappen van het licht worden voornamelijk door de ruisterm bepaald: er is sprake van een ongeordende toestand. Dit is in feite de situatie als in een gewone gloeilamp.

Wanneer nu het pompvermogen een bepaalde drempelwaarde (threshold) overschrijdt, wordt a positief. Het aantal fotonen gaat exponentieel in de tijd toenemen. Zoals iedereen tegenwoordig uit bijvoorbeeld economische discussies weet, kan zo'n exponentiële groei niet ad infinitum doorgaan. Zo ook in de laser niet. Ten gevolge van een gebrek aan aangeslagen atomen treedt er verzadiging op in de toename van N, beschreven door de term $-bN^2$ in vergelijking (1). Het resultaat is een nieuwe stationaire (dat wil zeggen $dN/dt=0$) toestand, waarvoor $N_0=a/b$. De intensiteit is hiermee direct evenredig geworden met het pompvermogen. Het rendement is nu veel hoger dan in de lampfase, zoals geschetst in fig. 1, terwijl het licht bestaat uit 'gestimuleerd' geëmitteerde fotonen. Die stimulatie vindt dus plaats door de reeds aanwezige fotonen, die in feite gezamenlijk de waarde $N_0=a/b$ in stand houden. Dit is een

Fig. 2. De functie G(N) bij de bespreking van kritische fenomenen. N is de ordeparameter; a is de pompparameter. Zie de tekst voor verdere verklaringen.



typisch koöperatief fenomeen. Er treedt ordening op in de fotoneigenschappen: de stochastische term F(t) speelt nu een relatief ondergeschikte rol. Het systeem heeft een fase-overgang ondergaan.

In het algemeen varieert de orde-parameter voor een bepaald systeem van ongeveer nul in de ongeordende tot een eindige waarde in de volledig geordende fase, en geeft dus direct de mate van ordening aan.

Analogieën

Het hierboven in enig detail beschreven proces van laserwerking blijkt analogieën te hebben, ook in systemen buiten de fysica. De laservergelijking (1) is bijvoorbeeld geheel analoog aan de beroemde Verhulst vergelijking uit de *demografie*, die de bevolkingsstatistiek – resultaat van interacties tussen individuen onder bepaalde uitwendige ('pomp')omstandigheden – beschrijft (Bisher en Drewes, 1970; Goel e.a., 1971). De vergelijking van Verhulst, evenals (1), beschrijft één soort individuen. Makroskopische oscillaties, in plaats van de boven beschreven stationaire toestand N_0 , worden gedemonstreerd aan de hand van het historische Lotka-Volterra probleem uit de *ekologie* (Lotka, 1924/56; Volterra, 1931). Dit behandelt de mogelijke competitie tussen rovers en prooi, bijv. lynxen en hazen, waarbij dus sprake is van verschillende fenotypes. Ook genotypisch te onderscheiden soorten individuen kunnen optreden, zoals bijvoorbeeld bij lemmingen (Myers en Krebs, 1974; Dekker, 1975 b), waar de verschillende types verschillend reageren op hoge populatiedichtheden. De Lotka-Volterra vergelijkingen hebben dezelfde structuur als (1). Analoge vergelijkingen gelden voor bepaalde autokatalytische *chemische reacties*. Zhabotinsky (1973), bijvoorbeeld heeft in de jaren zestig in prachtige experimenten een oscillerende verandering in kleur laten zien van rood naar blauw en vice versa in een chemisch mengsel. En aangezien de chemie een bouwsteen is van de *biologie*, biedt dit model ook mogelijkheden om zogenaamde biologische klokken en bijvoorbeeld de hartwerking beter te begrijpen (Callen en Shapiro, 1974). Het proces van *visuele waarneming* is ook een typisch koöperatief verschijnsel. (Wilson, 1973). De wisselwerking tussen de 'exciterende' en 'inhiberende' (remmende) neuronen onder invloed van een uitwendige stimulus ('pomp') leidt tot functioneel makrosopisch gedrag, beschreven door Lotka-Volterra achtige vergelijkingen (zie

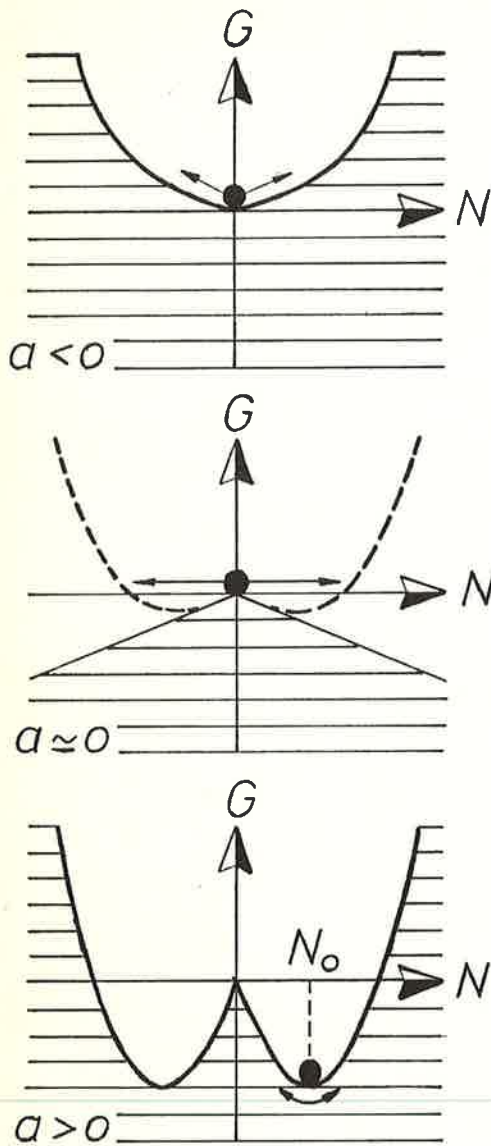


Fig. 1. Schematische weergave van het uitgangsvermogen (ofwel lichtintensiteit) als functie van het ingangsvermogen (bijv. ten gevolge van een elektrische ontladingsstroom) voor een laser.

ook Dekker, 1975 a). In de *ekonomie* kunnen dit type vergelijkingen de verovering van de markt door een bepaald product of de competitie tussen twee of meer verwante produkten op een beperkt afzetgebied beschrijven (Montroull, 1973). Verder zijn ze in de *sociologie* gebruikt voor o.a. de bestudering van de bewapeningswedloop (Bisher en Drewes, 1970).

Analoge vergelijkingen leveren het fenomeen van selectie op: alleen de soort met de hoogste overlevingskansen blijft ten slotte over. Inderdaad zijn dit type vergelijkingen, uitgebreid tot meerdere soorten, recentelijk gevonden door Eigen (1971) bij zijn pogingen het

selectieproces in de *evolutie* te begrijpen. Soortgelijke selectie van één lichtfrequentie (kleur), dat wil zeggen één soort fotonen, kan ook plaats vinden in de laser. Daarmee hebben we nogmaals het terrein van de *fysica* betreden. Hier staat een groot aantal goed bestudeerde kooperatieve systemen ter beschikking. Bijvoorbeeld de bekende ferromagneet, die boven een bepaalde temperatuur (ongeveer 600 °C) zijn magnetisme verliest: de thermische fluktuaties veroorzaken dan een wanordelijke toestand. Beneden die temperatuur ordenen de elementaire microscopische magneetjes zich kollektief. Het resultaat is het makrosopisch waargenomen magneetveld, dat de orde-parameter representeert. Ook de fase-overgang water-ijs (ongeordende vloeistof-geordende kristallen) is zo'n typisch kooperatief fenomeen.

Kritische fenomenen

De orde-parameter vergelijking (1) met de stochastische term $F(t)$ heet een *Langevin vergelijking*. In principe kan men uit deze vergelijking alle informatie halen omtrent het statistische gedrag van de orde-parameter. Vaak is het evenwel zinvol de Langevin vergelijking te transformeren in een vergelijking voor de waarschijnlijkheidsverdeling $P(N)$. Deze grootte geeft op elk moment de kans aan dat N een bepaalde numerieke waarde aanneemt. Deze vergelijking heet een *Fokker-Planck vergelijking* (zie bij voorbeeld Stratonovich, 1963). De stationaire oplossing van zo'n Fokker-Planck vergelijking kan in het algemeen in exponentiële vorm geschreven worden:

$$P(N) = \exp[-G(N)]$$

De functie $G(N)$, behorende bij de Langevin vergelijking (1), is:

$$G(N) = -aN + \frac{1}{2}bN^2$$

Deze functie is geschetst in fig. 2. Men kan dit zien als een verticale doorsnede van een berglandschap, waarover een bal rolt. De zwaartekracht werkt dan dus naar beneden. Als a negatief is, zal de bal steeds tot rust komen in het laagste punt $N_0=0$. Deze toestand is stabiel, want als de bal uit dat punt wordt weggeduwd door een stochastische kracht $F(t)$, rolt hij daarna weer terug het dal in naar $N_0=0$.

Als we a nu naar nul laten naderen, wordt de helling van het dal steeds flauwer, de terugdrijvende component van de zwaartekracht

duus kleiner, en de bal zal na een evenwichtsverstoring steeds langzamer terugkomen. Dit heet het fenomeen van de *kritische vertraging*. Tegelijkertijd worden de fluktuerende uitwijkingen ten gevolge van $F(t)$ vanuit de positie $N_0=0$ steeds groter. Men spreekt van *kritische fluktuaties*. We zien nu dat als a ongeveer nul is, het punt $N_0=0$ instabiel wordt: dit punt wordt dan namelijk een bergtop. Deze *instabiliteit* hangt nauw samen met het verschijnsel van de *gebroken symmetrie*: vanuit de bal gezien is de G -as een symmetrie-as als $a < 0$, maar niet meer als $a > 0$. De bal rolt het nieuw gevormde dal in naar het laagste punt, dat optreedt voor $N_0=a/b$; dit is de nieuwe stationaire toestand, die we al bij de bespreking van vergelijking (1) zijn tegengekomen. Merk nog op, dat als G minimaal is, P maximaal is.

Sociologisch model

In het voorgaande is gezegd, dat een Fokker-Planck vergelijking afgeleid kan worden uit een Langevin vergelijking. Zo'n Fokker-Planck vergelijking kan echter ook verkregen worden door directe statistische beschouwingen voor het te beschrijven systeem. Het beste gebeurt dit door de zogenaamde 'master-equation' ofwel *Chapman-Kolmogorov vergelijking* op te stellen. Deze vergelijking is niets anders dan een waarschijnlijkheidsbalans voor het systeem en kan getransformeerd worden in een Fokker-Planck vergelijking (Goel e.a., 1971; Stratonovich, 1963). Een illustratief voorbeeld hiervan is te vinden in de Fokker-Planck beschrijving van een sociologisch model (Weidlich, 1973).

Men kan een maatschappij onderverdelen in een aantal homogene groepen, die wat betreft één of meer aspecten te onderscheiden zijn. Als eenvoudig voorbeeld kunnen we een groep mensen bekijken, die direct bij de gebeurtenissen in een bepaald gewest of distrikt betrokken zijn: bijvoorbeeld de inwoners van Rijnmond. Stel nu dat er binnen zo'n groep een eindig aantal 'attitudes' mogelijk is. Het simpelste, niet triviale geval is dat er twee 'attitudes' of opinies zijn: men is vóór of tegen verdere industrialisatie van Rijnmond. Dan kan men vragen naar het aantal individuen dat op zeker moment, onder bepaalde condities, een bepaalde opinie zal hebben. Die individuen zijn hier dus de elementaire deelsystemen, die bepaalde interacties met elkaar en met hun omgeving hebben. Vergelijk ze bijvoorbeeld

met de atomen plus fotonen in de laser. De gedetailleerde interacties tussen de individuen in een maatschappij zijn natuurlijk van sociologische en psychologische aard, en zullen als zodanig moeten worden bestudeerd.

De hierboven genoemde 'bepaalde kondities' zijn de sociologische parameters, die de wisselwerking van de groep met zijn 'omgeving' aangeven, en die hier de plaats innemen van bijvoorbeeld de pompparameter bij de laser. Het begrip omgeving is beter aan te geven als de totale 'sociale atmosfeer', die de leden van de groep ondergaan. De sociale atmosfeer wordt onder andere bepaald door het politieke klimaat (liberaal of totalitair), de economische levensstandaard en de kulturele situatie (kwaliteit van het leefmilieu). Verder kan men nog rekening houden met de 'natuurlijke' omgeving, zoals het klimaat, de bodemgesteldheid, de geografische ligging en dergelijke.

Voor de statistische beschrijving van zo'n sociale groep moet men inzicht trachten te

krijgen in de parameters, die van belang zijn voor de zogenaamde overgangswaarschijnlijkheid tussen de verschillende attitudes. Deze grootte geeft de kans aan dat een lid van de groep van opinie verandert. In fig. 3 is Weidlich's (1973) oplossing van de Fokker-Planck vergelijking voor een systeem van één groep met twee mogelijke attitudes (Rijnmond, vóór of tegen) weergegeven. In fig. 3a is de 'adaptatie-parameter' $k=0$, dat wil zeggen een volledig individueel beslissingsgedrag voor de leden van de groep; ook de 'preferentie-parameter' $h=0$, dat wil zeggen geen voorkeur voor de opinies vóór (1) of tegen (2). De meest waarschijnlijke verdeling van de groep is dat er evenveel individuen vóór als tegen zijn: $N^1=N^2$, ofwel de orde-parameter voor de gehele groep $X=(N_1-N_2)/(N_1+N_2)$ is nul. Voor $k=2$ blijkt een fase-overgang op te treden: er bestaat een kritische neiging zich aan te passen bij één van de twee opinies.

De kritische fluktuaties zijn te zien aan de brede verdelingsfunctie in fig. 3^b. In fig. 3^c is $k=2,5$: de aanpassing aan één van de mogelijk-

ke opinies is sterk en de meest waarschijnlijke groepen zijn dan ook één niet N_1 veel groter dan N_2 , of juist omgekeerd. Preferentie is nog steeds afwezig: beide groepen zijn a priori even waarschijnlijk. Ontstaat er nu een lichte voorkeur ($h=0,01$) voor één van de attitudes, en is de adaptatie nog steeds boven de kritische waarde, dan ontstaat het beeld van fig. 3^d. De symmetrie is gebroken.

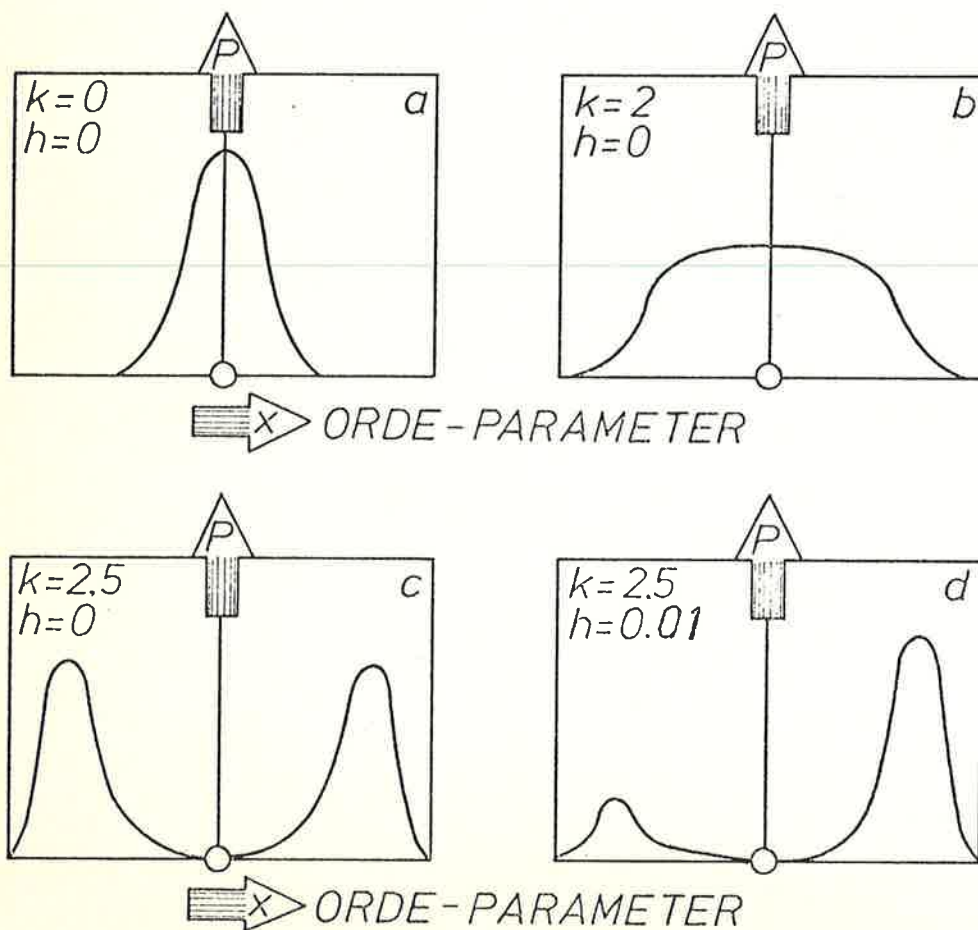
Een mooi voorbeeld van zo'n sociologische fase-overgang is te vinden in het artikel van De Hoog (1974) in *Intermediair*: in de jaren zestig nam, door de veranderde 'sociale atmosfeer', het aantal kerkelijk gemengde huwelijken in Nederland opeens aanzienlijk toe. De bovengeschetste aanpak kan verder worden uitgebreid tot meerdere sociaal homogene groepen en meerdere attitudes per groep, terwijl ook de terugkoppeling van de individuen op de sociale atmosfeer in rekening gebracht kan worden (Weidlich, 1973 en 1974).

Slotopmerkingen

Uitgaande van het reeds in bijvoorbeeld de farmacie, fysiologie en religie bekende begrip synergisme, is in dit artikel getracht het concept van de synergetica bredere en diepere zin te geven in relatie tot koöperatieve verschijnselen in het algemeen. Die koöperatieve fenomenen blijken op te treden in een grote diversiteit van makrosystemen, die zijn samengesteld uit een complex van wisselwerkende mikro-systemen. Zowel in bijvoorbeeld de fysica, als in de biologie of de sociologie komen veel koöperatieve processen voor. De specifieke aspecten van de wisselwerkingen dienen natuurlijk in ieder systeem op hun eigen merites te worden onderzocht. Er blijken evenwel vrij algemene systematische methodes te bestaan om in de door deze interacties veroorzaakte koöperatieve fenomenen enige unifikatie aan te brengen. Genoemd zijn vooral de in principe ekwivalente statistische beschrijvingen van het makro-systeem met behulp van Langevin en Fokker-Planck methodes.

Besproken zijn algemene kritische verschijnselen die in koöperatieve systemen de overgang begeleiden van een wanordelijke naar een geordende fase, en die het resultaat zijn van de doorwerking van de mikro-interacties op het makro-niveau. Het zijn fenomenen, die de deelsystemen op zich niet als zodanig vertonen. Vandaar dat, komend vanuit de mikrowereld, nieuwe concepten nodig zijn om de makrowereld te beschrijven. Als een

Fig. 3. Statistiek van een systeem van twee wisselwerkende sociale groepen, k heet adaptatie-parameter, h preferentie-parameter. Zie de tekst voor verdere verklaringen.



belangrijk concept is de orde-parameter besproken.

Tot slot wordt hier de hoop uitgesproken, dat door de in dit artikel beschreven unificerende kaders op relatief eenvoudige wijze een uitwisseling van ideeën kan ontstaan tussen verschillende wetenschappelijke disciplines.

Kopij ontvangen december 1975

Literatuur

- Bisher, J. W., en D. W. Drewes: *Math. in the Behavioral and Social Sciences*. Harcourt, Brace & World Inc., 1973.
- Callen, E., en D. Shapiro: *A theory of social imitation*. *Physics Today*, 1974, juli, blz. 23-28.
- De Hoog, C.: *Partnerkeuze in Nederland*. *Intermediair*, 1974, 22, blz. 1-11.
- Dekker, H.: *Synergetica*. *Intermediair*, 1975, april/mei.
- Dekker, H.: *A Simple Mathematical Model of Rodent Population Cycles*. *Journal of Math. Biology*, 1975. Verschijnt binnenkort.
- Eigen, M.: *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*. *Die Naturwissenschaften*, 1971, Bnd. 58, blz. 465-523.
- Goel, N. S., S. C. Maitra en E. W. Montroll: *On the Volterra and Other Nonlinear Models of Interacting Populations*. *Reviews of Modern Physics*, 1971, 43, blz. 231-276.
- Haken, H. (Ed.): *Synergetics*. Stuttgart, Teubner, 1973.
- Lotka, A. J.: *Elements of Math. Biology*. Dover Publ., 1924/1956.
- Montroll, E. W., en B. J. West: *Models of Population Growth, Diffusion, Competition, and Rearrangement*. In: Haken, H. (Ed.): *Synergetics*. Stuttgart, Teubner, 1973.
- Myers, J. H., en C. J. Krebs: *Population Cycles in Rodents*. *Scientific American*, 1974, juni, blz. 38-46.
- Stratonovich, R. L.: *Topics in the Theory of Random Noise*, vol. 1, Gordon & Breach, 1963.
- Volterra, V.: *Leçons sur la Théorie Mathématique de la Lutte pour la Vie*, Parijs, 1931.
- Weidlich, W.: *Fokker-Planck Equation Treatment of Interacting Social Groups*. In: Haken, H. (Ed.): *Synergetics*. Stuttgart, Teubner, 1973.
- Weidlich, W.: *Dynamics of Interacting Social Groups*. In: Haken, H. (Ed.): *Cooperative Effects*. Amsterdam, North-Holland, 1974.
- Wilson, H. R.: *Cooperative Phenomena in a Homogeneous Cortical Tissue Model*. In: Haken, H. (Ed.): *Synergetics*. Stuttgart, Teubner, 1973.
- Zhabotinsky, A. M., en A. N. Zaikin: *Autowave Processes in a Distributed Chemical System*. *Journal of Theoretical Biology*, 1973, 40, blz. 45-61.

Hoe beteugelt men de auto?

Dit zou een titel kunnen zijn voor het artikel van prof. J. A. Michon en drs. C. Wilder-vanck, dat in 'TNO Project' nr. 4 van april 1976 verscheen onder het hoofd 'Verkeerskundig Studiecentrum Memorandum 1976'. De schrijvers gaan in het artikel in op de verschillende wijzen waarop men de oorzaken zowel als de schadelijke bijverschijnselen van het autogebruik zou kunnen reduceren.

Daar zij echter telkenmale constateren dat op velerlei terrein de genomen directe maatregelen en het algemene beleid faalden of op zijn minst het gestelde doel niet volledig werd bereikt blijft de lezer in het ongewisse wat schrijvers beoogden met hun betoog te bereiken. Stellingen als het mislukken van het beleid van gebundelde deconcentratie, het niet groen kunnen houden van Hollands hart en het steeds vaker overtreden van verkeersregels (te hard rijden, door rood licht rijden, fout parkeren) dragen evenmin bij tot verduidelijking van hun bedoeling.

Is het in het ongewisse laten van de lezer op zichzelf niet verwerpelijk, betreurenswaardig is het wel dat schrijvers op een aantal punten uitspraken doen en getallen noemen die zonder nadere motivatie vraagtekens oproepen, onterechte suggesties opwekken en soms zelfs onjuist zijn.

In de paragraaf 'Inleiding' wordt gesteld dat de zogenaamde vervoersarme bevolkingscategorieën achterop zijn geraakt o.a. door de reductie van diensten van het openbaar vervoer. De schrijvers laten zich hier misschien misleiden door de afname van de exploitatielengte van het interlokaal busvervoer.

Die daalde in het tijdvak 1963-1973 van 21.560 km tot 19.200, dat is met 11%. Maar het aantal nuttige buskilometers steeg van 232 tot 242 miljoen of met 4%! Wat hier plaats vond was het verdwijnen van een aantal zeer armetierige buslijnen (vaak minder dan 5 ritten per dag en per richting) onder het gelijktijdig verbeteren van diverse goedbeklante lijnen. Zowel de gebruikswaarde als het werkelijke gebruik van zeer infrekvente buslijnen is uitermate gering (slechts enkele reizigers per rit) zodat hier zeker van een verbetering van de diensten van het openbaar vervoer mag worden gesproken. Het spoorwegnet handhaafde zich in

die jaren op een netlengte van 2479 km, maar het aantal stations breidde zich uit van 297 tot 323, ofwel 8,8%.

Dat 'Spoorslag '70' een belangrijke verhoging in vele frekwenties te zien gaf, is algemeen bekend. Ook hier dus vooruitgang in het aanbod.

In dezelfde zinsnede stellen de schrijvers dat 'de ruimtelijke ordening de vergroting van de afstand tussen woongebieden en winkels, scholen en werkgebieden in de hand werkt'. Niet de ruimtelijke ordening doet dat, maar de zich uitbreidende plaatsen in combinatie met de verminderde woningbezetting en het bezit van een auto, waardoor vroeger 'onbereikbare' dorpen binnen overbrugbare afstanden kwamen te liggen. Het ruimtelijk orderingsbeleid bleek niet bij machte dit proces te beheersen.

In de paragraaf 'Ontwikkeling' leggen de schrijvers een ei zonder schaal, om in dezelfde soort terminologie te blijven. Inderdaad weten de spoorwegen zich al jaren op ca. 8 miljard reizigerskilometers te handhaven (totaal, in concreto alleen binnenland: 7,3 miljard 1963 - 7,7 miljard 1973²). De busondernemingen 'gaan stevig in de rui: met een daling van 450 miljoen in 1963 naar 390 miljoen in 1970 laten zij een omvangrijke veer'. Wie veronderstelt dat het hier eveneens om reizigerskilometers gaat, krijgt een geheel scheef beeld van de betekenis van het bus- ten opzichte van het railvervoer. Bedoeld zullen zijn reizigers en geen reizigerskilometers. Bovendien zijn de getallen zelf ook misleidend: het zijn kennelijk afrondingen (1963: 446 miljoen) van het totaal aantal interlokale autobusreizigers. Trekt men het zogenaamde groeps-, toer- en ongeregeld vervoer hiervan af om de openbare interlokale lijndiensten over te houden dan resteert een getal van 384 miljoen reizigers. In 1970 waren dit er nog 304 miljoen, in 1973 276 miljoen. Cijfers van reizigerskilometers: 1963 4,6 miljard, 1970 3,7 miljard, 1973 3,5 miljard. Inderdaad werd hier een veer gelaten, maar een van een geheel andere kleur dan de schrijvers suggereren door het weglaten van de benoeming van de getallen.

Iets verderop stellen de schrijvers dat 'er veel over een mentaliteitsverandering gepraat wordt, die beoogt de automobilist uit zijn voertuig en in de bus te krijgen'. Merkwaardig is dat hier alleen 'bus' genoemd wordt, terwijl uit onderzoekingen blijkt dat de aantrekkelijkheid van de bus voor autobeschikkers

uitermate gering is, of het nu stads- dan wel streekvervoer is³. Bij de trein ligt dat belangrijk gunstiger, rond 40% van de treinreizigers zegt de betrokken reis ook per auto te hebben kunnen maken.

Op blz. 144, 2e kolom wordt gesteld dat 'rationeel gezien het profijt van het eigen vervoermiddel vergeleken bij het openbaar vervoer voor de meerderheid van de gebruikers gering of zelfs negatief is'. Wanneer deze stelling juist zou zijn, zou het openbaar vervoer niet zo veel moeite hebben zich naast de auto staande te houden. Maar voor- en natransport (doorgaans de langzame verplaatsingswijzen lopen en fietsen), wachten, omwegen, lage gemiddelde voertuigsnelheid en eventueel overstappen brengen het openbaar vervoer in het nadeel, vooral als dit over de openbare weg rijdt. De trein met zijn vaak grotere reisafstanden en hogere commerciële snelheid bevindt zich daarbij in een veel gunstiger concurrentiepositie, de vaak grotere voor- en natransportafstanden ten spijt. Dat de tegenwoordige jongeman 'in hoge mate' afhankelijk is van de beschikbaarheid van een auto om het bij de meisjes 'te maken' is een uitspraak die ik graag zonder verder commentaar voor rekening van de schrijvers wil laten.

'Het mag de operatie van de tweede eeuwheft geacht worden om de overgang van eigen auto op openbaar vervoer als favoriete transportwijze te bewerkstelligen, in aard en omvang alleen te vergelijken met de inspanningen die geleverd zijn om ons in de auto te krijgen.' Hier mag voor 'te vergelijken' gerust worden gelezen 'verre in omvang moeten worden overtroffen', want de ook door de schrijvers gesignaleerde irrationele (en niet te vergeten de rationele, zie boven) overwegingen bij het autogebruik doen de auto als vervoermiddel belangrijk hoger klasseren dan het openbaar vervoer. Zij het dat dit openbaar vervoer in sommige gevallen op gelijk nivo kan komen, namelijk als dit goede kwaliteit biedt waar het wegverkeer aan kwaliteitsgebrek lijdt.

In de paragraaf 'Tijdsbesteding' stellen schrijvers: 'Eén vervoersvreemde faktor die in de voorkeur een rol speelt is het besef dat men in de eigen auto bezig is met een stuk eigen tijdsbesteding . . .'. Zou hier niet beter gesproken kunnen worden van 'eigen lotsbeschikking?' In de auto heeft men zijn eigen lot in de hand, althans meent dat te hebben. Zie het geagiteerd inhalen van langzaam geachte

voorgangers, het gebruik van sluiptwegen, het negeren van het verkeerslicht als dat domme ding net voor je op rood springt enz. In het openbaar vervoer ben je overgeleverd aan de zinnen (en regels!) van de chauffeur of de machinist.

Dat 'dial-a-ride' (niet dial and ride) een meer waarschijnlijke ontwikkeling op het gebied van vervoerssystemen is' moet ernstig worden betwijfeld, gezien het grote aantal mislukkingen dat bij de proeven optreedt⁴. En waar positief resultaat werd geboekt was dit vaak alleen relatief positief, dat wil zeggen positief ten opzichte van de zeer slechte situatie van daarvoor. In Nederland, met zijn goede openbaar-vervoersvoorzieningen, zal dial-a-ride niet gauw een behoorlijke marktpositie kunnen veroveren. Laten we zelfs hopen dat het niet zo ver hoeft te komen!

In de paragraaf 'Spanning' stellen schrijvers dat het aannemelijk is dat stress een element is dat juist in het woon-werkverkeer wordt gezocht. Ondergetekende voelt zich niet bevoegd hierover te oordelen, doch waagt het toch hierbij een vraagteken te plaatsen wanneer deze stelling niet nader onderbouwd is. En dat de werksituatie als zodanig voor de meeste werkers geen stimuluswaarde meer heeft, lijkt eveneens een diskutabele uitspraak. Veronderstellen de schrijvers dat het eenvoudige werk van vroeger zo veel meer stimuluswaarde had dan het tegenwoordige?

In de paragraaf 'Mentaliteitsverandering' stellen schrijvers dat de vervoersondernemingen te weinig aan reclame en informatieverstrekking doen. Dit is ten dele zeker juist, al doen de Nederlandse Spoorwegen hier tamelijk veel aan, waarbij ik wil afzien van een oordeel over de Familie Spoor. Ik weet ook dat de trein niet met tieners op zijn neus rondrijdt⁵. Het voeren van reclame of zelfs maar het geven van informatie over reistijden, zoals schrijvers willen, is bij een busbedrijf een hachelijke zaak. Wat denken zij van een reclame-actie met de mededeling: 'Weet U wel dat de bus U met een gemiddelde snelheid van 30 km/u kan vervoeren over een deel van Uw reisweg, dat wij U de rest laten lopen, terwijl U ook gemakkelijk gezeten in Uw eigen auto over een kortere route een gemiddelde snelheid van 60 km/u kunt halen?' Natuurlijk kan men andere, positievere factoren adverteren, maar het tijdsbeslag blijft de hoofdzaak. En de busbedrijven zijn op andere

terreinen wel degelijk actief: gratis mini-dienstregelingen, huis aan huis verspreid, gratis ritten op nieuwe bustypen en/of feestbussen, beschikbaar stellen van kinderwagentjes e.d.

Besluit

Wanneer aan het gebruik van de auto niet zulke zwaarwegende bezwaren zouden zijn verbonden als onverantwoord energieverbruik, verkeersonveiligheid en ruimtenood, dan zou de auto het openbaar vervoer mogen verdringen waar dit tekortschiet, zo goed de trein de trekschuit heeft verdrongen. Al rest ons dan het probleem dat belangrijke groepen uit de bevolking niet over een auto kunnen beschikken, omdat hun leeftijd of konditie dat niet toestaat.

We zitten nu eenmaal met het spanningsveld tussen de aantrekkelijkheid en de voordelen van de auto enerzijds en de belangrijke maatschappelijke bezwaren anderzijds. Omdat het openbaar vervoer van nature niet altijd en overal aanwezig kan zijn en de auto dat wel kan, zal het autobezit blijven toenemen. Met als gevolg vermagering van de openbaar-vervoer voorzieningen, tenzij wij ons de lasten van een sterk ondergebruikt vervoersstelsel willen getroosten. Misschien willen we dat nog wel, maar het ziet er sterk naar uit dat we dat niet kunnen. Aan de andere kant vormt het partikulier vervoer eveneens een ondergebruikt vervoersstelsel met zijn gemiddelde bezetting van 1,2 personen per voertuig in de spits¹. Niet die bezetting, maar het daarmee gepaard gaande ruimtebeslag veroorzaken onze verkeersproblemen.

Het bewaren van het evenwicht in deze spanningsvelden is een kunst die we ons nog eigen moeten maken.

W. Saher
Centrum voor Vervoersplannen,
Utrecht

1. CBS, Statistiek van het personenvervoer, jaarlijks.
2. Jaarverslagen NS.
3. Diverse onderzoeken van het Centrum voor Vervoersplannen ten behoeve van opdrachtgevers, niet gepubliceerd.
4. Zie o.a. 'Anatomy of a systems failure: dial-a-ride in Santa Clara County, California', Transportation 5 (1976) 3-16.
5. Reklameplaat van NS met groot aantal tieners.

Reactie van de schrijvers

Met grote interesse namen wij kennis van het commentaar van Ir. Saher. Naast het toeven van een inderdaad storende numerieke onzorgvuldigheid onzerzijds zouden wij ech-