

## HOOFDSTUK 6. SYSTEMEN

De term "systeem", als in "algemene systeemleer" of "systeembenadering" is meer dan alleen een modernisme. Er zijn dan ook verschillende redenen waarom in deze studie de term "systeem" aan de orde komt.

De afgelopen paar honderd jaar heeft men in de wetenschapsbeoefening de neiging vertoond tot steeds grotere specialisatie, tot compartimentaliseren van kennis. Steeds nieuwe disciplines, met

1. eigen objecten van onderzoek,
2. eigen theorieën en
3. eigen vormen van organisatie in instituten e.d.

(of welke andere aspecten van autonomie men maar wil onderscheiden, vgl. Elias, 1970, blz. 62, De Leeuw, 1974, blz. 20, Ackoff en Emery, 1972, blz. 4) zijn ontstaan. Als gevolg daarvan doet zich steeds meer de behoefte gevoelen tot een integratie van de aldus ontstane, onderling gescheiden vormen van kennis te komen, omdat het steeds moeilijker wordt voor beoefenaren van verschillende vakken van de wetenschap om elkaars uitspraken, gedaan in het kader van de wetenschapsbeoefening, te begrijpen. Vroeger was dat anders. Zo wordt Hugo de Groot wel genoemd als een universele wetenschapsman.

De systeemleer nu, is een van de middelen, en waarschijnlijk een belangrijk middel, met behulp waarvan integratie van over talrijke disciplines verspreide kennis tot stand gebracht zou kunnen worden. Dit argument geldt met name ook voor een wetenschappelijke benadering van het recht, aangezien zo'n benadering het vooralsnog, wegens het ontbreken van empirische kennis binnen het terrein, in belangrijke mate zal moeten hebben van andere disciplines. (Vooruitlopend op hetgeen over dit onderwerp gezegd zal worden in hoofdstuk 13 teken ik hierbij aan, dat dit argument niet zo evident is als het op het eerste gezicht misschien lijkt. In sommige disciplines, waaronder het recht, worden uitspraken gedaan met de pretentie van kennisvermeerdering waarin gebruik wordt gemaakt van onduidelijke begrippen. Een gevolg daarvan is dat die uitspraken niet falsificeerbaar zijn, noch aan de hand van waarnemingsgegevens, noch aan de hand van gemaakte afspraken. De veronderstelling dat er een instrument zou kunnen bestaan waarmee zulke uitspraken op zodanige wijze in ver-

band kunnen worden gebracht met uitspraken uit andere disciplines, dat uitspraken kunnen worden gedaan die voor de beoefenaren van die andere disciplines begrijpelijk zijn, is waarschijnlijk niet juist. In uiteenzettingen over integratie van kennis wordt vaak de term "kennis" gebruikt in een andere betekenis dan die welke daaraan wordt toegekend in kentheorie en wetenschapsmethodologie.)

Een tweede overweging vloeit voort uit het bijzondere onderwerp van deze studie: "juridische informatica", waarbij een met elkaar in verband brengen van recht en informatica wordt beoogd. De informatica nu heeft wel zeer sterk enerzijds gebruik gemaakt van en anderzijds bijgedragen tot de ontwikkeling van de systeemleer.

Tenslotte heeft het zin de term "systeem" hier te introduceren, omdat hij verwijst naar een begrip dat nauw verwant is aan het begrip "model", waarop in de vorige hoofdstukken nogal uitvoerig is ingegaan.

## 6.1 ALGEMENE SYSTEEMLEER

Als grondgedachte van de algemene systeemleer wordt vaak de Aristotelische uitspraak "Het geheel is meer dan de som der delen" genoemd. Deze op het eerste gezicht onbegrijpelijke uitspraak komt volgens diverse schrijvers een serieuze betekenis toe: n.l. dat uitspraken over eigenschappen en gedrag van sommige objecten niet verklaard kunnen worden uit uitspraken over eigenschappen en gedrag van de onderdelen waaruit zo'n object bestaat. Om dat wel te kunnen, dient men naar het geheel van de onderdelen te kijken en de relaties tussen die onderdelen te kennen. (Vgl. Von Bertalanffy, 1972, blz. 24 en Simon, 1976, blz. 99. De laatste beperkt de uitspraak tot "complexe systemen" en wil er geen "diepere metafysische betekenis" aan toekennen.)

De grondlegger van de algemene systeemleer, de bioloog Von Bertalanffy, geeft in zijn "The history and status of general systems theory" aan wat hij met de term wil aanduiden: "Er bestaan modellen, beginselen en wetten die toepasselijk zijn op systemen in het algemeen (), ongeacht hun bijzondere soort, de aard van de samenstellende bestanddelen of de relaties of "krachten" daartussen". En verder: "Wij postuleren een nieuwe discipline genaamd "General Systems Theory". Dit is een logisch-wiskundig terrein, dat tot taak heeft het formuleren en afleiden van die algemene beginselen die van toepassing zijn op "systemen" in het algemeen".

Von Bertalanffy gaf een schets voor een dynamische systeemleer en gaf wiskundige beschrijvingen van systeemeigenschappen zoals "geheel", "som", "groei", "doelgerichtheid" e.d.. Als bioloog was hij in het bijzonder geïnteresseerd in "open" systemen. Dit zijn systemen die materie uitwisselen met hun omgeving, zoals levende wezens dat doen.

Anderen deden overeenkomstig werk op andere terreinen, b.v. Boulding op het gebied van economie en sociologie en kwamen tot dezelfde conclusies (vgl. Boulding, 1956 blz. 197 e.v.). Ook in de bedrijfskunde (tegenwoordig organisatiekunde) werd de aanpak gretig overgenomen, waarbij Ackoff, Beer, Emery en West-Churchman bekende namen zijn.

In de jaren vijftig werd in de Verenigde Staten de "Society for General Systems Research" opgericht, met de volgende doelstellingen (als geformuleerd in 1954):

1. Onderzoek naar de gelijkvormigheid van begrippen, wetten en modellen op verschillende terreinen, en het verschaffen van hulp bij het gebruiken daarvan op andere terreinen dan waarvoor ze geconstrueerd zijn.
2. Het aanmoedigen tot het ontwikkelen van geschikte theoretische modellen op de terreinen die ze ontberen.
3. Het verminderen van duplicatie van theoretisch werk op verschillende terreinen.
4. Het bevorderen van de eenheid van wetenschap door het verbeteren van de communicatie tussen specialisten.

Inmiddels was een andere ontwikkeling eveneens op gang gekomen: de computertechnologie. Sterk bevorderd door de aanmaak van zichzelf richtende projectielen, en geholpen door onder meer Wiener's werk over cybernetica ("stuurkunde") en dat van Shannon over informatiewetenschap, kwam de ontwikkeling van elektronische dataverwerkende apparatuur op gang. Ook de beoefenaren van dit nieuwe vak "computerkunde" zagen de grote mogelijkheden van de algemene systeemleer als intermediaire discipline, in dit geval dus niet in de eerste plaats gericht op kennisvermeerdering, maar op constructie van bepaalde apparatuur. Zij hebben in belangrijke mate bijgedragen aan de ontwikkeling van modellen in de algemene systeemleer.

Systeemleer is tegenwoordig zo populair, dat er zelfs boeken tegen geschreven worden. B.v. het boek van Gall: "Systemantics: how systems work and especially how they fail" (Gall, 1979).

## 6.2 OMSCHRIJVING VAN HET BEGRIP "SYSTEEM"

Tot zover heb ik nog geen definitie gegeven van het begrip "systeem". Het is verleidelijk om dat ook niet te doen. Een nadeel van het geven van definities is dat men in een definitie weer andere begrippen gebruikt, die dan op hun beurt weer gedefiniëerd moeten worden. Als cirkelredeneringen

daarbij vermeden worden, gebruikt men altijd nog een aantal begrippen met behulp waarvan alle andere omschreven zijn en die aangeduid kunnen worden als "primitieven". Dit zijn dan de "bouwstenen" waaruit een verzameling begrippen is opgebouwd. Naar mijn mening zou het begrip "systeem" zelf als primitief kunnen fungeren, omdat er niets is, of zelfs niets denkbaar is, dat niet als een "systeem" kan worden beschouwd.

Bertels en Nauta (Bertels en Nauta, 1974, blz. 115) omschrijven als volgt:

Een "systeem" is een geheel van entiteiten die onderling door relaties verbonden zijn.

De begrippen "geheel" en "onderling verbonden" moeten dan, zie ik het wel, als primitieven worden beschouwd.

In plaats van "geheel" wordt soms de term "verzameling" gebruikt (b.v. door Kramer en De Smit, 1979, blz. 28). Waarschijnlijk verwijst deze term naar het begrip verzameling ("set" in het engels), zoals dat in de logica en de wiskunde wordt gebruikt. (Vgl. b.v. Suppes, 1957, blz. 177.) In een definitie van "systeem" is het gebruik van dit begrip echter minder juist, omdat een verzameling in deze betekenis iets abstrakts is. Zo is een "verzameling" iets anders dan een "hoop". B.v. wanneer iemand z'n hand steekt in een hoop katten, dan voelt hij bont en loopt hij de kans gekrabd te worden. Het is niet denkbaar dat iemand z'n hand steekt in een verzameling (of "klasse") van katten. Een verzameling is geen objekt in de ervaringswereld, terwijl een systeem dat wel kan zijn. Dit neemt niet weg, dat het begrip "verzameling" bij het doen van uitspraken over systemen een zeer belangrijk hulpmiddel is (voor de "verzamelingsleer" zie Suppes, t.a.p.).

"Relatie" is een term die eveneens verwijst naar een begrip uit de logica en wiskunde. Een mogelijke definitie is (vgl. Suppes, 1979, blz. 211):

Een "relatie" is een verzameling van geordende paren (of meer-dan-tweetallen)

Een relatie is iets dat aan twee of meer objekten kan worden toegekend. Wanneer het twee objekten betreft, b.v. in de relatie "A is groter dan B", heet de relatie "binair" (een verzameling geordende tweetallen). Zo'n relatie kan in de logica worden weergegeven met een "dyadisch" predikaat, i.t.t. een "monadisch predikaat", dat een eigenschap aangeeft: iets dat aan een of meer objekten kan worden toegekend. Een ander voorbeeld van een binaire relatie is: A is de vader van B. Een binaire relatie kan men, per definitie, ook aangeven als een verzameling van geordende paren, b.v. Bernhard en Beatrix, Claus en Willem-Alexander, Hendrik en Juliana.

Beoefenaren van de systeemleer kiezen vaak een definitie van hun systeembegrip die aangepast is aan het terrein, waarop ze haar willen toepassen. Zo geven Kramer en De Smit (1979, blz. 31) een andere, beperktere

definitie van een relatie, welk begrip ook deel uitmaakt van hun definitie van een systeem. Bertels en Nauta beogen waarschijnlijk eenzelfde effect door te spreken van "door relaties onderling verbonden zijn" i.p.v. b.v. "waartussen relaties bestaan", zoals Kramer en De Smit (1979, blz. 28) doen. Klir (1969, blz. 30) geeft een reeks mogelijke definities, ieder geschikt voor een verschillend doel. (Zijn definitie van een relatie sluit wel aan bij die uit de logica, Klir, 1969, blz. 5.)

Bertels en Nauta gaan er, evenals de andere genoemde schrijvers, van uit, dat sommige gehelen van entiteiten wel, en andere niet als "systeem" moeten worden beschouwd. Als voorbeeld van een "verzameling entiteiten die geen systeem vormen" noemen zij een hoeveelheid zand. Immers, door gebrek aan onderlinge aantrekkingskrachten of andere relaties zitten de korrels als los zand aan elkaar. Iedere korrel op zich zou wel een systeem vormen, omdat deze bestaat uit een hechte organisatie (kristal) van moleculen. Dit voorbeeld kan mij niet overtuigen, omdat tussen twee korrels zand altijd wel een relatie gedacht kan worden, b.v. de relatie "groter dan" dan wel "even groot als", of de relatie "naburigheid". Ook een enkele korrel zand kan moeiteloos als een systeem worden beschouwd, ook afgezien van de konstatering dat deze bestaat uit moleculen: in een "systeem" bestaande uit een elementair deeltje kan men talrijke relaties onderkennen. Onder meer de relatie "even groot als" en de relatie dat het deeltje identiek is aan zichzelf.

In het verdere betoog zal ik niettemin de bovenstaande definitie van het begrip systeem hanteren, onder de konstatering, dat er weinig of niets is, dat men niet als een systeem kan beschouwen, en dat een systeem - oneerbiedig - zoiets is als een "dinges".

### 6.3 SOORTEN SYSTEMEN

Er kunnen drie soorten systemen worden onderscheiden (Bertels en Nauta, 1974, blz 115 e.v., Kramer en De Smit, 1979, blz 87 e.v.):

1. Concrete systemen
2. Conceptuele systemen
3. Formele systemen

Systemen worden concreet, conceptueel of formeel genoemd naar gelang de soort entiteit waaruit ze bestaan:

1. Concrete entiteiten, corresponderend met "zaak"
2. Conceptuele entiteiten, corresponderend met "begrip" en

### 3. Formele entiteiten, corresponderend met "abstracte naam".

Concrete entiteiten en systemen zijn objecten in de ervaringswereld, conceptuele en formele entiteiten en systemen zijn produkten van de menselijke geest.

Voorbeelden van concrete systemen zijn: een atoom, een molecuul, een biologische cel, een mens, een groep mensen, een fabriek. Een concreet systeem is datgene, wat de empirische wetenschap onderzoekt.

Voorbeelden van conceptuele systemen zijn: wiskundige systemen, zoals getallensystemen, lijnen- en puntensystemen, bepaalde combinaties van uitspraken over de ervaringswereld, waartussen begripsmatige relaties bestaan. In het algemeen geldt: een conceptueel systeem is datgene wat formele wetenschappen (met name de wiskunde) tot object van onderzoek nemen.

Voorbeelden van formele systemen zijn: de taalsystemen der wiskundige logica (b.v. de propositiecalculus), de (ongeïnterpreteerde) axioma-systemen van de wiskunde. Een formeel systeem is ieder taal-systeem, voorzover daarbij slechts gelet wordt op de vorm en niet op de inhoud. (Formele systemen zijn voorwerp van onderzoek voor de methodologie (in enge zin) of theorie der formele systemen ("metamathematica").)

Vanzelfsprekend kan men systemen op vele andere manieren in soorten onderverdelen, b.v. in open en gesloten, complexe en niet complexe systemen (daargelaten de vraag of die onderscheidingen zin hebben voor andere dan concrete systemen of niet). Hier gaat het echter om een onderscheid, dat van belang is voor het verband tussen systemen en modellen.

## 6.4 HET VERBAND TUSSEN DE BEGRIPPEN "MODEL" EN "SYSTEEM"

Met behulp van het begrip systeem kan het begrip model nu opnieuw gedefiniëerd worden.

Een model is een systeem dat sommige overeenkomsten heeft ("isomorf" is, vgl. Bertels en Nauta, 1974, blz. 117) met tenminste een ander systeem.

Aldus ontstaat een wat ruimer modelbegrip dan hetgeen ik in hoofdstuk 2, in navolging van Lave en March heb gegeven. Evenals er concrete, conceptuele en formele systemen zijn, kan ook onderscheiden worden tussen (vgl. Bertels en Nauta, 1974, blz. 117):

1. modellen bestaande uit concrete entiteiten: empirische modellen;

2. modellen bestaande uit conceptuele entiteiten: conceptuele modellen;
3. modellen bestaande uit formele entiteiten: formele modellen.

(Vanwege de intermediaire positie van conceptuele entiteiten is het voorts zinvol binnen het gebied van de conceptuele modellen apart te omschrijven:

1. theoretische modellen, die model zijn van een concreet systeem, en dus relevant zijn voor de empirische wetenschap; en
2. realisatiemodellen, die model zijn van een formeel systeem en dus tot het terrein der formele wetenschappen behoren.)

Dit geeft een uitbreiding ten opzichte van het modelbegrip volgens Lave en March, omdat zij zich waarschijnlijk beperken tot conceptuele en formele modellen.

Bovendien omschrijven Lave en March een model als een vereenvoudigde voorstelling van een deel van de ervaringswereld, dus van concrete systemen. Aan de hand van bovenbedoelde definitie kan men negen soorten van modellen onderscheiden, een dubbele driedeling (zie Bertels en Nauta, 1974, blz. 118):

1. een empirisch model van een concreet systeem, b.v. een schaalmodel van een trein;
2. een empirisch model van een conceptueel systeem ("toepassing"), b.v. de piramide van Gizeh als toepassing van de gelijkvormige stereometrische figuur;
3. een empirisch model van een formeel systeem ("toegepast realisatiemodel"), b.v. een meetlat die de geformaliseerde theorie der reële getallen voorstelt;
4. een conceptueel model van een concreet systeem, b.v. een aantal uitspraken, waarmee een uitspraak over een bepaald verschijnsel in de ervaringswereld wordt verklaard (zoals m.b.t. de studentenflat van hoofdstuk 2);
5. een conceptueel model van een conceptueel systeem;
6. een conceptueel model van een formeel systeem ("realisatiemodel"), b.v. een begripsmatige interpretatie van de geformaliseerde theorie der reële getallen. (Ik vind de term "realisatiemodel" enigszins verwarrend, aangezien de realiteit, bestaande uit concrete systemen, niet aan de orde is. Liever zou ik de term "interpretatie" gebruiken, ter verwijzing naar een begrip dat het tegendeel aanduidt van formalisatie.);

7. een formeel model van een concreet systeem ("geformaliseerd theoretisch model"), b.v. een ongeïnterpreteerd mathematisch model van een economisch verschijnsel;
8. een formeel model van een conceptueel systeem ("formalisatie"), b.v. het geformaliseerde axiomastelsel van Euclides als model van het begrip "Euclidische ruimte";
9. een formeel model van een formeel systeem ("vertaling"), b.v. de verzamelingenleer, die isomorf is met de propositiecalculi uit de symbolische logica.

## 6.5 NOGMAALS MODELLEN EN KENNISVERMEERDERING

Met behulp van het hierboven geschetste systeem van modellen is het mogelijk nog wat preciezer in te gaan op het eerder aangestipte cyclische proces van kennisvermeerdering. In navolging van Hanken en Reuver (1976) geven Kramer en De Smit (1979, blz. 85) een samenvatting van modelconstructie als middel tot kennisvermeerdering: de "modelcyclus". Zij onderscheiden drie fasen van de modelconstructie:

### 1. Abstraktie.

Tijdens de abstraktiefase selecteert men de relaties en eigenschappen die men van belang acht.

### 2. Deduktie.

Na constructie van het model volgt een analyse van het model die leidt tot bepaalde conclusies. Dit wordt deduktie genoemd.

### 3. Realisatie.

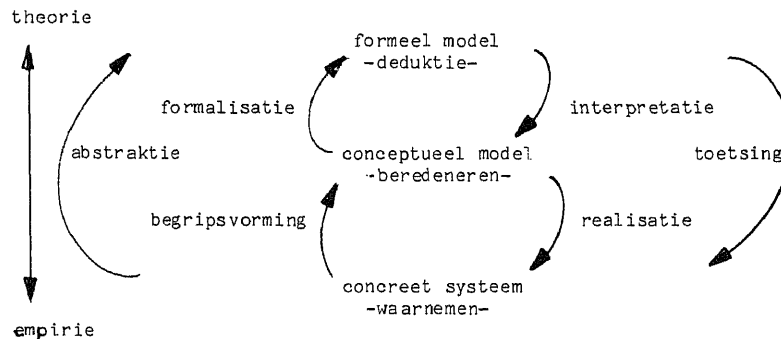
Daarna is het nodig deze conclusies te vertalen in toetsbare uitspraken omtrent het originele (concrete) systeem. Dit wordt realisatie genoemd.

Eveneens tot de realisatie van het model wordt de validatie daarvan gerekend: de geduceerde uitspraken worden aan de hand van meetgegevens getoetst op hun geldigheid. Voldoen de resultaten van de validatie niet aan de gestelde criteria voor toetsing, dan kan de modelcyclus opnieuw doorlopen worden, etc..

Wanneer aangenomen wordt dat onder "model" in dit verband zowel een conceptueel als een formeel model kan worden verstaan, ontstaat het volgende schema:



Fig. 6a



Begripsvorming en formalisatie samen (algemene term: "abstraktie") leveren de bouw van het formele model op. Interpretatie en realisatie samen kan men "toetsing" noemen (realisatie in ruime zin). Het abstraktieproces houdt tevens een vorm van generalisatie in en het toetsingsproces het omgekeerde, dat men b.v. "instantiatie" zou kunnen noemen (men zoekt immers naar (tegen-)voorbeelden). Het afleiden van uitspraken in het kader van het formele model wordt deductie genoemd: daarvoor staan logische en wiskundige operaties ten dienste. Het afleiden van uitspraken in het kader van een conceptueel model heb ik, ter onderscheiding van het eerste, "beredeneren" genoemd. Het meest voor de hand liggende middel is natuurlijke taal, maar ook schema's e.d. Ook deze vorm van afleiden is onderworpen aan eisen van consistentie en falsificeerbaarheid.

De problemen die in hoofdstuk 4 werden genoemd m.b.t. het meetbaar maken van begrippen als "ergheid van delikten" e.d. komen voor een belangrijk deel voort uit het feit dat deze begrippen niet volgens een objectieve procedure gevormd zijn aan de hand van waarnemingsgegevens. Het is daarom min of meer toeval als het achteraf lukt deze begrippen te realiseren, meetbaar te maken. Het conceptuele model is een tussenfase in de konstruktie van het formele model. In sommige takken van empirische wetenschap bereikt men de fase van het formele model gewoonlijk niet (b.v. de sociologie en in mindere mate de psychologie), in andere gewoonlijk wel (b.v. de natuurwetenschappen en in mindere mate de economie).

Aan het bereiken van het niveau van een formeel model is een aantal voordelen verbonden, waarvan ik wil noemen:

1. Het trekken van konklusies uit het model wordt vergemakkelijkt, doordat daarvoor het gehele wiskundige arsenaal van afleidings- en rekenregels (met inbegrip van de formele logica) beschikbaar is. Wanneer het concrete systeem dat men tracht te modelleren ingewikkeld is, wordt het zelfs een noodzakelijk middel, omdat het aantal variabelen en uitspraken eenvoudig te groot wordt om te overzien.

2. Betreft het zulk een complex systeem, of worden de te hanteren wiskundige formules te ingewikkeld, dan kan het geformaliseerde model in een computer ingevoerd worden, teneinde er een z.g. "simulatie" mee uit te voeren. Dikwijls vergemakkelijkt dit het deductieproces aanzienlijk. (Reden waarom deze techniek wel die van "luie wiskundigen" wordt genoemd.)
3. Deduceren, dus beredeneren/ konklusies trekken binnen een formeel systeem verschaft een grotere zekerheid m.b.t. de korrektheid van de redenering. Dikwijls is het zelfs mogelijk deze juistheid te bewijzen. (Bij computersimulaties is dat echter helaas meestal niet mogelijk, waarover later.)
4. Doordat formele modellen ongeïnterpreteerd zijn is het soms mogelijk het moeizame abstraktie- en formalisatieproces geheel of gedeeltelijk over te slaan. Men vermoedt dan b.v. dat een formeel systeem, dat elders is ontwikkeld, of een formeel model, dat uit een andere empirische discipline afkomstig is, wel eens een goede voorstelling zou kunnen zijn van het concrete systeem, dat men onderzoekt. )Men kan dan "direkt" met het deductieproces beginnen (waarover dan waarschijnlijk ook reeds veel bekend is). Een andere mogelijkheid is dat de formele modellen van verschillende concrete systemen overeenkomsten vertonen. Dit kan een aanwijzing zijn dat de gemodelleerde concrete systemen ook sommige overeenkomsten vertonen (voor enkele voorbeelden, zie Bertels en Nauta, 1974, blz. 159 e.v., o.m. het voorbeeld van de overeenkomsten tussen de formules voor entropie in de fysica en voor informatie in de informatieleer van Shannon c.s.). Aldus kan een overdracht ("transfer") plaatsvinden tussen formele en empirische disciplines en empirische disciplines onderling. Op den duur is dit wellicht de grootste belofte die de modelmatige benadering in zich houdt.

## 6.6 PROCESSEN, ORGANISATIES

Twee bijzondere gevallen van systemen zijn processen en organisaties.

Processen zijn (concrete) systemen waarbij de tijd een rol speelt.

Organisaties zijn (concrete) systemen waarbij tenminste een entiteit een mens (of een dier) is.

In de literatuur vindt men meestal andere definities, met een grotere inhoud (dus een geringere omvang), met andere woorden definities die de begrippen beperken tot bepaalde processen en bepaalde organisaties.

Waarschijnlijk komt dat, omdat men in die organisaties of processen het

meest geïnteresseerd is. (Vgl. Ackoff, 1960, die aan organisaties onder meer de eisen stelt dat verantwoordelijkheid voor keuzen uit gedragsalternatieven verdeeld is over verschillende (groepen van) individuen, dat subgroepen bewust zijn van elkaars gedrag, en dat het systeem keuzevrijheid heeft van zowel doelen als middelen.)

Ook Kramer en De Smit (1979, blz. 55) lijken de mening toegedaan dat aan verschillende extra voorwaarden voldaan moet zijn wil van een proces sprake zijn. (Zij beweren dat processen van systemen verschillen in het opzicht dat ze uit toestanden bestaan in plaats van entiteiten en relaties.) Volgens hen staan bij een proces twee elementen centraal:

1. de verzameling gedragingen en
2. het doel of de functie, waaraan de samenhang tussen deze gedragingen kan worden gerelateerd.

Het begrip "gedrag" (van een systeem!) definiëren zij:

Gedrag is het verloop van de toestand van een systeem in de tijd.

Hoe het ook zij, een proces zal meestal iets (een systeem) zijn

- waar iets in gaat (de invoer ("input")),
- waarbij dat iets, of een deel ervan verandert,
- en waar iets uit komt (de uitvoer ("output")).

In een z.g. "blokschema" weergegeven, zie fig. 6b.

Fig. 6b t.m. 6g

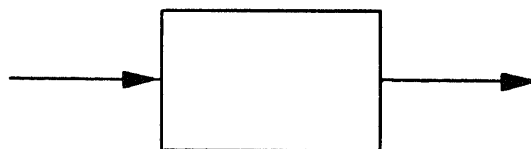


fig. 6b

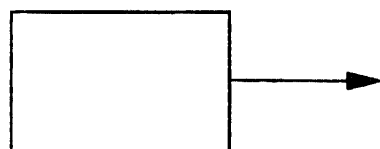


fig 6c

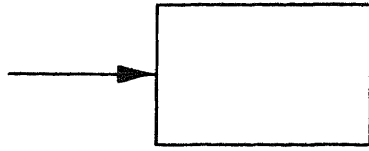


fig. 6d



fig. 6e



fig. 6f

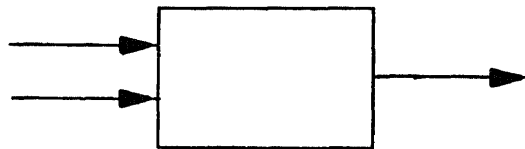


fig. 6g

Bijzondere gevallen zijn dan:

- processen waar niets ingaat (een "bron"), vgl. fig. 6c,
- processen waar niets uitgaat (een "put"), vgl. fig. 6d,
- processen waarbij geen meetbaar verschil bestaat tussen de invoer en de uitvoer (deze kan men "conservering" noemen).

Deze wijze van voorstellen van een proces, waarbij dus geen aandacht besteed wordt aan de wijze waarop het proces plaatsvindt noemt men wel

een "black boxbenadering". Een objekt, of concrete entiteit, is dan het kleinste onderdeel van een systeem dat als black box beschouwd wordt.

Een proces waar niets ingaat en niets uitkomt, zal gewoonlijk weinig interessant zijn, vgl. fig. 6e.

Processen met EEN invoer en twee (of meer) uitvoeren kan men "verdelers" of "wissels" noemen. Vgl. fig. 6f. B.v. de Hoge Raad der Nederlanden, die zaken scheidt in "...verwerpt het beroep..." en "...vernietigt...".

Processen met twee (of meer) invoeren en EEN uitvoer kan men "men-geers" noemen, vgl. fig. 6g. B.v. een assemblageproces.

Voor de zeer grote restklasse van meer dan een invoer en meer dan een uitvoer is geen speciale term in omloop.

## 6.7 EEN VOORBEELD: MENSEN ALS DATAVERWERKENDE SYSTEMEN

Het hierboven weergegeven instrumentarium kan in veel gevallen gebruikt worden als hulpmiddel bij het vervaardigen van een model van concrete systemen. Een voorbeeld daarvan geven Ackoff en Emery (1972, blz. 123). In het voorbeeld wordt getracht een (vooralsnog conceptueel) model te maken van een bepaald aspect van menselijk gedrag. Mensen worden in dit geval als dataverwerkende systemen beschouwd.

Onderzocht werd door hen o.a. de invloed die van alcoholgebruik uitgaat op introversie resp. extravertie van mensen. (Iemand wordt "extravert" genoemd wanneer hij z'n gedrag in belangrijke mate laat beïnvloeden door z'n omgeving, "introvert" wanneer hij dat niet doet.) De gedachte was aanvankelijk, dat deze eigenschappen zich sterker zouden manifesteren onder invloed van alcoholgebruik. Met andere woorden dat persoonscores zich op de schaal introversie - gematigd - extravertie naar buiten zouden bewegen.

Men kan zich daarbij het volgende experiment voorstellen. Een voldoende aantal proefpersonen wordt gevraagd een vragenlijst in te vullen, als gevolg waarvan zij een score krijgen toegewezen op de extravertie - introversieschaal. Vervolgens laat men de mensen een zekere hoeveelheid alcohol gebruiken, waarna opnieuw een (vrijwel identieke) vragenlijst wordt ingevuld. Op basis daarvan wordt wederom een score toegekend. Door vergelijking van de scores van het eerste en het tweede tijdstip kan worden nagegaan of de hypothese klopt. Dit blijkt niet zo te zijn: met name de "middengroep" vertoont een afwijkend patroon.

Mede op grond van dit soort experimenten kwamen Emery en Ackoff tot

een ander model, dat beter met de werkelijkheid overeen kwam. Zij onderscheidden mensen nu niet in de typen introvert - extravert (vgl. fig. 6e en 6b), maar gebruiken een dubbele dichotomie met de schalen "subjectiviteit" - "objectiviteit" en "internalisatie" - "externalisatie". Hierdoor ontstaat het volgende schema.

Fig. 6h

	internalisatie	externalisatie
objectiviteit	objectieve internalist fig. 6d	objectieve externalist fig. 6b
subjectiviteit	subjectieve internalist fig. 6e	subjectieve externalist fig. 6c

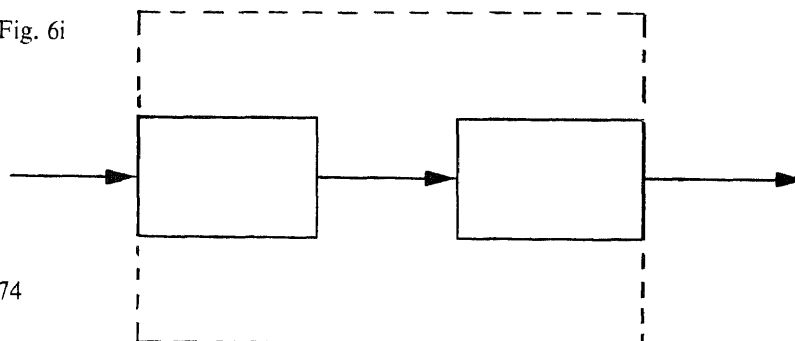
De pijlen in de corresponderende plaatjes van fig. 6b t.m. 6e stellen data voor: beïnvloeden van de omgeving (o.a. door spreken en gebaren) resp. beïnvloed worden door de omgeving (o.a. door horen en zien).

Het verkrijgen van betrouwbare en valide meetresultaten waarmee beslist kan worden tot welk van de vier categorieën iemand behoort zodat het model getoetst kan worden, levert problemen op. Emery en Ackoff stellen met succes gebruik te hebben gemaakt van klinische interviews en de beoordelingen van vijf onafhankelijke observanten. Zij zeggen met behulp van dit model zelfs voorspellingen te kunnen doen met betrekking tot het succes van partnerschap, b.v. huwelijken.

### 6.8 SYSTEEMGRENZEN, "AGGREGATIE", "RETICULATIE"

Systemen kunnen aan elkaar gekoppeld zijn b.v. doordat de output van het ene systeem als input van het andere systeem dienst doet. De combinatie van een aantal van zulke systemen kan men ook weer als een systeem beschouwen, met eigen input en output. De grenzen van het nieuwe systeem kunnen weer aangegeven worden met een rechthoek (vgl. fig. 6i).

Fig. 6i



Het op deze wijze als een nieuw systeem beschouwen van een aantal systemen met minder ruime systeemgrenzen wordt wel "aggregeren" genoemd (vgl. De Leeuw, 1974, blz 233 e.v.). Het "aggregatieniveau" van het buitenste systeem is "hoger" dan dat van het binnenste. Bekijkt men verder de samenstellende systemen niet meer (m.a.w. beschouwt men het grotere, buitenste systeem als black box), dan werkt (beschouwt, beschrijft) men op het hogere aggregatieniveau.

Het omgekeerde heet "reticuleren". Hiervan is sprake als men minder ruime systeemgrenzen definiëert en dus op een "lager" aggregatieniveau gaat werken.

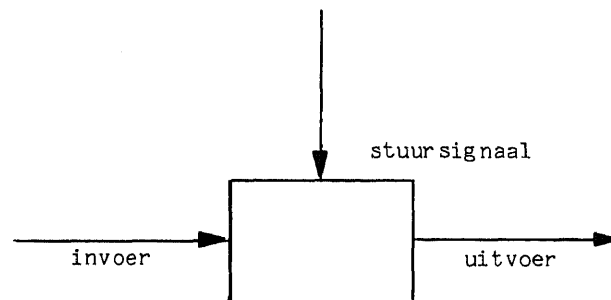
Een voorbeeld uit de natuurwetenschappen van het werken op verschillende aggregatieniveaux geven twee mogelijke benaderingen van elektrische verschijnselen. Men kan deze op een laag aggregatieniveau bestuderen door b.v. elektronenbewegingen in elektrische velden te beschrijven, of op een hoger en dan van elektrische stromen te spreken. Het verband tussen beide beschrijvingen is gecompliceerd en vaak zal men aan de beschrijving op het hogere niveau voldoende hebben.

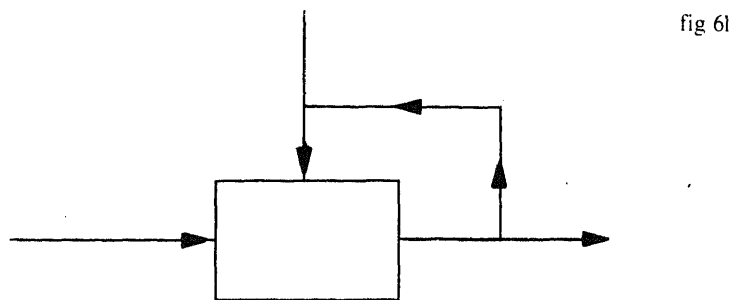
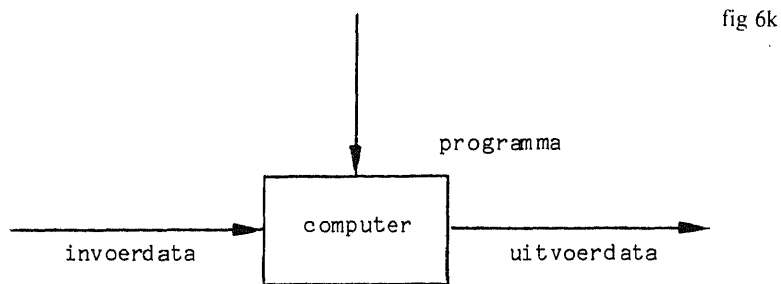
In de sociale wetenschap wordt wel getwist over de vraag, of men aan een groep of kollektiveiteit van mensen zinvol een "doel" kan toeschrijven. In sommige opvattingen kunnen alleen individuen doelstellingen hebben. Het hanteren van het begrip "doel" impliceert dan de noodzaak van reticulatie tot het individuele niveau.

## 6.9 STURING VAN PROCESSEN

Sommige processen (mengers), veelal ontworpen door mensen, hebben een bijzondere invoer, waarmee boodschappen aan het systeem kunnen worden gegeven die de uitvoer beïnvloeden. Gerichte beïnvloeding wordt "sturing" genoemd (Kramer en De Smit, 1979, blz. 118). Een onderdeel van de algemene systeemleer, de "cybernetica" houdt zich met dit onderwerp (besturing van systemen) bezig. In schema weergegeven: zie fig. 6j.

Fig. 6j t.m. 6l





De sturende data (het "stuursignaal"; een reeks data waarbij de tijd een rol speelt wordt een "signaal" genoemd) bevatten de informatie waarmee de uitvoer gestuurd kan worden. Hieruit volgt dat binnen het systeem een toestand van onzekerheid, van de aanwezigheid van verschillende alternatieven, moet bestaan. Als voorbeeld kan gelden een koekjesfabriek, waar meel, eieren (materiaal en energie) worden ingevoerd en waar verschillende soorten koekjes kunnen worden uitgevoerd, afhankelijk van het stuursignaal.

Een ander voorbeeld wordt gevormd door een computer, een dataverwerkend systeem, waar data worden ingevoerd en uitgevoerd, terwijl een derde reeks data, het "programma" voor de sturing zorgt (zie fig. 6k). In dataverwerkende processen spelen de data dus een "dubbelrol": die van sturende en gestuurde invoer/uitvoer. In sommige gevallen hebben beide categorieën van data een verschillende verschijningsvorm (b.v. het adres in Griekse letters op een overigens Nederlandse brief naar Griekenland), in andere gevallen niet (b.v. een computer die z'n eigen programma's genereert).

Wanneer informatie met betrekking tot de uitvoer (b.v. door meting daarvan; of rechtstreeks, bij bepaalde dataverwerkende processen) mede als stuursignaal worden gebruikt, spreekt men van "terugkoppeling" (vgl. fig. 6l). Wanneer die terugkoppeling bijdraagt aan bepaalde eigenschappen van de uitvoer noemt men deze vorm van sturen "regelen".



## 6.10 SLOTOPMERKINGEN

De systeemleer verschaft begrippen en termen om op een algemene manier uitspraken over objecten in de ervaringswereld te doen. Het begrip "model" speelt een belangrijke rol. Voor de informatica is de systeemleer een veel gebruikt hulpmiddel.

Voordat nu wordt overgegaan naar een behandeling van sommige onderwerpen uit de informatica worden nog enkele opmerkingen gemaakt over wiskunde, logica een taalwetenschap die naar mijn mening van belang zijn bij de bestudering van de mogelijkheden van het gebruik van computers in wetenschap en praktijk van het recht.