

# *Systeemleer en organisatiekunde*

*Een onderzoek naar mogelijke bijdragen van de systeemleer tot een integrale organisatiekunde*

## SYSTEMS THEORY AND ORGANIZATION THEORY

A STUDY ABOUT POSSIBLE CONTRIBUTIONS OF SYSTEMS THEORY TO AN INTEGRAL THEORY OF ORGANIZATIONS.

(WITH SUMMARY IN ENGLISH).

## PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN  
DOCTOR IN DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN  
AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN,  
OP GEZAG VAN DE REKTOR MAGNIFIKUS, PROF. DR. IR. G. VOSSERS,  
VOOR EEN KOMMISSIE AANGEWEZEN DOOR HET KOLLEGE VAN DEKANEN  
IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP  
VRIJDAG 13 DECEMBER TE 16.00 UUR

DOOR

ANTONIUS CORNELIS JOANNES DE LEEUW

geboren te Eindhoven

1974

*H. E. Stenfert Kroese b.v. / Leiden*

Dit proefschrift is goedgekeurd door

EERSTE PROMOTOR: PROF. DR. H. FEITSMA

TWEEDE PROMOTOR: PROF. DR. A. F. G. HANKEN

# Inhoud

HOOFDSTUK 1	<i>inleiding</i>	4
HOOFDSTUK 2	<i>probleemstelling</i>	16
2.1.	Inleiding	16
2.2.	Over integratie	17
2.3.	Over integratie van disciplines	20
2.4.	Over integratie van praktijk en theorie	22
2.5.	Over systeem	26
2.6.	Samenvatting van de probleemstelling	28
HOOFDSTUK 3	<i>methodologische aspecten</i>	29
3.1.	Inleiding	29
3.2.	Wetenschap en common sense	30
3.2.1.	Verklaren en voorspellen	31
3.2.2.	Theorieën	33
3.2.3.	Theorie en empirie	35
3.2.4.	Waardeoordelen	37
3.2.5.	Over de terminologie	38
3.3.	Over integratie van theorieën	45
3.4.	Over de vorming van bruikbare theorieën	50
3.5.	De methodologische status van de systeemleer	55
3.6.	Samenvatting	60
HOOFDSTUK 4	<i>systeemdenken</i>	62
4.1.	Inleiding	62
4.2.	Het ontstaan van het systeemdenken	62

4.3. Het systeemdenken in enkele voor de organisatiekunde relevante disciplines	65	
4.3.1. Het systeemdenken in de psychologie	65	
4.3.2. Het systeemdenken in de sociale psychologie	73	
4.3.3. Het systeemdenken in de sociologie	76	
4.3.4. Het systeemdenken in de economie	88	
4.3.5. Het systeemdenken in de natuurwetenschap en de techniek		90
HOOFDSTUK 5 <i>grondslagen van een systeemleer</i>		91
5.1. Terminologie	91	
5.1.1. Objecten en attributen	92	
5.1.2. Het relatiebegrip	95	
5.1.3. Het systeembegrip	101	
5.1.4. Het concept black-box	107	
5.1.5. Deelsystemen	109	
5.1.6. Modellen	110	
5.2. De descriptie	114	
5.2.1. Gedrag van een black-box	115	
5.2.2. Deterministisch, statisch, anticiperend	117	
5.2.3. Het geheugenbegrip	120	
5.2.4. Het toestandsbegrip	121	
5.2.5. Stationair versus niet-stationair	123	
5.2.6. Lineaire en niet-lineaire systemen	124	
5.2.7. Inschakelverschijnselen en stationair gedrag	126	
5.2.8. Beïnvloeding en storing	126	
5.2.9. Beheersbaarheid en waarneembaarheid	127	
5.3. Doelconcepten	128	
5.3.1. Inleiding	128	
5.3.2. Het doel van een systeem	129	
5.3.3. Bestuurbaarheid en waarneembaarheid opnieuw beschouwd	134	
5.3.4. Over besturen	135	
5.4. Methodische en methodologische elementen	137	
5.4.1. Modelkonstruktie	137	
5.4.2. Over het doel en de kwaliteit van een model	138	
5.4.3. Het reticulatieproces	141	
5.4.4. De identificatie	143	
5.5. De heuristische functie van de systeemleer	145	



HOOFDSTUK 6 <i>de organisatiekunde, enkele kanttekeningen</i>	147
6.1. Over de bruikbaarheid van de organisatiekunde	147
6.2. Beschouwingen over enkele overzichten	149
6.3. Methodologische kanttekeningen	162
6.3.1. De taal	163
6.3.2. De stadia van theorievorming	164
6.3.3. De strategie van de theorievorming	165
6.3.4. De integratie van disciplines	166
6.3.5. De relatie met de toepassing	166
6.4. Samenvatting	167
HOOFDSTUK 7 <i>systeemtheoretische bijdragen</i>	169
7.1. Inleiding	169
7.2. Besturingsparadigma	170
7.2.1. Interne en externe besturing	172
7.2.2. Besturingskarakteristiek	176
7.2.3. Bestuurslagen	178
7.2.4. Het besturingsparadigma samengevat	190
7.3. Bijdragen tot de pragmatiek	193
7.4. Bijdragen tot de praxeologie	195
7.5. Bijdragen tot de methode	198
7.6. Bijdragen tot de theorie	200
7.6.1. Organisatie, omgeving en technologie	201
7.6.2. Harmonie en konflikt	221
7.6.3. Prescriptie en descriptie	229
7.6.4. Toepasbaarheid op meerdere aggregatieniveaus; contextuele strategie	231
HOOFDSTUK 8 <i>slotbeschouwingen</i>	237

## HOOFDSTUK 1 *inleiding*

Het organisatieverschijnsel heeft blijkbaar op velen een grote aantrekkingskracht uitgeoefend. Wetenschappelijk bezien heeft het organisatieverschijnsel allerlei intrigerende eigenschappen. De wetenschappelijke nieuwsgierigheid wordt erdoor gewekt. En wat meer is, ze wordt ook gaande gehouden. Blijkens de literatuur geldt dit voor een breed scala van wetenschapsbeoefenaren.

Naast deze wetenschappelijke belangstelling bestaat ook grote belangstelling voor organisaties vanuit een meer praktische instelling. Nagenoeg iedereen wordt, in zijn werk of daarbuiten, geconfronteerd met organisaties. Het kost daarom weinig moeite voorbeelden te geven van praktische vraagstukken die daarin spelen. De verdeling van personeel van een fakulteit in vakgroepen. De invoering van een geautomatiseerd systeem van planning en voorraadbepaaling. De verhouding tussen procedures voor lange- en die voor middenlange termijnplanning. De afbakening van verantwoordelijkheden tussen een financieel-ekonomische afdeling en een produktie-afdeling. De inpassing van een afdeling marketing. Het praktische nut van de oplossing van deze vragen is zonneklaar.

De verzameling van inzichten, methoden, theorieën en richtlijnen die met betrekking tot het organisatieverschijnsel bestaat noemen we organisatiekunde. Deze omschrijving is breed. Aldus opgevat omvat de organisatiekunde sociologische, psychologische, ekonomische, technische en juridische bijdragen. Ze omvat tevens de managementtheorie. Meer recent valt te denken aan ondernemingsplanning, marketing, material management en projektorganisatie. Waar de verhouding tussen theorie en praktijk een belangrijk thema in dit boek vormt bestaat er geen behoefte aan een beperking tot die elementen uit de organisatiekunde die wetenschappelijk genoemd kunnen worden. Evenmin is het nuttig een beperking op te leggen met het praktische nut als criterium.

*Theorie en praktijk*

Bij de beoordeling van de betekenis van de organisatiekunde kunnen, sterk vereenvoudigd, twee groepen criteria worden gehanteerd. De wetenschappelijke criteria bezien de organisatiekunde op aspecten als toetsbaarheid. Praktische criteria richten de aandacht op de mate waarin de organisatiekunde hulp kan bieden bij de oplossing van concrete praktische problemen die in organisaties worden onderkend. Een diepgaande bespreking van de verhouding tussen theorie en praktijk moet voor later worden bewaard. Niettemin behoort een, noodzakelijkerwijs, summier indikatie van de situatie te worden gegeven om te verduidelijken welke probleemvelden in dit boek zullen worden behandeld.

Wetenschappelijk bezien kan de stand van zaken in de organisatiekunde niet gunstig worden beoordeeld. De gepresenteerde inzichten zijn veelal fragmentarisch, ze spreken elkaar soms tegen, grote delen ervan voldoen niet aan het criterium van toetsbaarheid. Het geheel maakt een brokkelige indruk. Dit is wetenschappelijk niet bevredigend.

Ook bezien vanuit de praktijk laat de organisatiekunde te wensen over. Nog te weinig biedt zij oplossingen voor problemen uit de praktijk.

Een van de oorzaken van de gesignaleerde versnippering is de toegenomen specialisatie. Deze specialisatie is natuurlijk enerzijds het noodzakelijk gevolg van de gekompliceerdheid van organisaties. Dit mag echter de ogen niet doen sluiten voor een element van rationalisatie achteraf. Als een beoefenaar van de organisatiekunde zich niet gelukkig voelt met de situatie in zijn vakgebied kan hij dit individuele onbehagen verminderen door te verklaren dat hij specialist is op een (klein) deelgebied. Specialisatie, die met rationele argumenten kan worden verdedigd, kan daarmee ook een vlucht betekenen.

Welke verklaring men ook tracht te geven voor het verschijnsel van specialisatie, onmiskenbaar wordt thans naast de positieve ook gewezen op de negatieve konsekwenties van specialisatie. Boulding gaat zelfs zover dat hij stelt: 'One wonders sometimes if science will grind to stop in an assemblage of walled-in hermits, each mumbling to himself words in a private language that only he can understand' (Boulding, 1956). Men behoeft het niet in alle opzichten met Boulding eens te zijn om te erkennen dat er, ook voor de organisatiekunde, nadelen aan specialisatie zijn verbonden. Nadelen, die zwaarder wegen naarmate de specialistische probleemstelling in mindere mate samenhangt met een centrale vraagstelling van het gehele vakgebied.

Bezien vanuit het perspectief van de praktische of maatschappelijke betekenis van de organisatiekunde heeft specialisatie nog andere nadelen. Feitsma (1968) stelt in dit verband: 'Want wetenschappelijke specialisatie, die ik overigens volstrekt waardeer, heeft ook enige nadelen. Niet zelden resulteert zij in het ontstaan van een niemandsland. Dit niemandsland ligt tussen de theorie en de praktijk'.

Nu is, gelukkig, de scheiding tussen theoreticus en practicus een relatieve. De organisatie theoreticus verricht zijn werk in een organisatie en wordt daardoor of hij wil of niet met de organisatiepraktijk gekonfronteerd. De zogenaamde practicus is tevens theoreticus in die zin dat zijn praktische aanbevelingen stoelen op een, soms impliciete, theorie. Dit betekent dat de afstand die wordt ervaren tussen theorie en praktijk niet parallel loopt met een scheiding tussen theoretici en practici. In de organisatiekunde is er eerder sprake van accentverschillen. Theoretici en practici ontwikkelen en toetsen beide theorieën. Deze dimensie van specialisatie, die zich zelfs binnen een individu kan afspelen, heeft grote nadelen zowel voor de theorie als voor de praktijk indien zij resulteert in een relatief onafhankelijke en ongecoördineerde ontwikkeling van het vak in de theorie en in de praktijk.

Vooruitlopend op een diepgaander behandeling, kan summier worden aangeduid dat theorie en praktijk een aantal soms tegenstrijdige behoeften hebben.

Deze behoeften hangen samen met de verschillen in de beoordelingscriteria vanuit een wetenschappelijke en vanuit een praktische optiek.

Allereerst is duidelijk dat in vele gevallen de vraagstellingen van de wetenschappelijke (deel)specialismen niet parallel lopen met de vraagstellingen vanuit de praktijk. Hierop wordt later in deze inleiding teruggekomen.

Voorts leiden eisen die vanuit de wetenschap worden gesteld, mede tot het ontstaan van een vakjargon hetgeen voor de man in de praktijk, die veelal onvoldoende tijd heeft zich dit jargon eigen te maken, tot problemen aanleiding kan geven als hij voor de oplossing van zijn problemen de literatuur te hulp roept. Door middel van cursussen, seminars e.d. wordt getracht deze afstand te overbruggen. Uit eigen ervaring konkludeer ik evenwel dat er een taalbarrière bestaat tussen de praktijk en de theorie. Later wordt hierop dieper ingegaan.

Het tijdsperspectief vormt het derde probleem. Gezien vanuit de wetenschap speelt het probleem van de tijdsduur van een onderzoek een rol in verband met budgetten en de veranderlijkheid van het te bestuderen verschijnsel. Gezien vanuit de praktijk komt er echter nog een aspect bij. Vele beslissingen

zijn sterk gebonden aan tijd. Dit betekent dat adviezen gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek vóór een zeker tijdstip gereed moeten zijn omdat anders de beslissing, noodgedwongen, op andere gronden moet worden gebaseerd. In de praktijk neemt men daarom vaak genoegen met een, wetenschappelijk gezien minder fraai onderzoek, als de resultaten maar op tijd zijn. In de wetenschap staat het criterium van de toetsbaarheid centraal. In de praktijk gaat het om toepasbaarheid, d.w.z. om nuttigheid in een specifieke situatie.

Deze factoren zijn, naast andere (bv. organisatorische), oorzaken van het ontstaan van een zekere afstand tussen de organisatiekunde en de praktijk van het organiseren.

Het is van belang dat deze afstand niet groter maar kleiner wordt. Gelukkig worden wederzijdse verwijten slechts uitgesproken door een relatief kleine groep met een te gering begrip voor de problemen die met het vraagstuk theorie versus praktijk zijn verbonden. De afstand tussen theorie en praktijk vormt een belangrijk 'Leitmotiv' voor deze studie. Daarom is het goed, uiteen te zetten welke opvattingen de schrijver heeft ten aanzien van de rol van beide elementen.

Terecht stelt men vaak aan de theorie de eis dat zij toepasbaar is. Ik stel deze eis eveneens, doch met kanttekeningen. De verhouding tussen theorie en toepassing laat eenvoudige oplossingen niet toe. De organisatiekunde behoort bij te dragen tot de oplossing van praktische vraagstukken. De verhouding theorie-praktijk wordt echter duidelijker door het stellen van vragen als: 'Direkt of indirect toepasbaar?' en 'Op welke termijn wordt die bijdrage geëist?'

Het is niet nodig voorbeelden te noemen van theorieën waarvan het praktische nut eerst veel later bleek. Ook kunnen praktisch onbruikbare theorieën leiden tot praktisch bruikbare theorieën.

Zo kan de waarde van een theorie voor de praktijk direkt of meer indirect zijn en op kortere dan wel op langere termijn blijken.

Daarom moet de eis van toepasbaarheid, van praktisch nut met voorzichtigheid worden gesteld. Te strenge eisen zouden kunnen leiden tot wetenschappelijk konservatisme en daarmee tot een op langere termijn, ook voor de praktijk, niet gewenste situatie.

Nu zijn er op het punt van toepassing en toepasbaarheid en van datgene wat moet worden gedaan om tot praktisch bruikbare wetenschap te komen misverstanden in omloop. Een enkel voorbeeld ter illustratie.

Het komt wel voor dat men opmerkingen hoort over overbodige vakken, ballast in studieprogramma's. De argumentatie luidt dan veelal: 'Ik heb het nog nooit nodig gehad'. Zonder te willen beweren dat er geen sprake is van ballast in de studieprogramma's van onze universiteiten en hogescholen meen ik dat zo'n argumentatie ondeugdelijk is. Niet bekend is namelijk hoe de spreker zich in en buiten zijn werk zou gedragen indien hij dat bewuste studievak niet had gehad. Indien de toepassing van dat vak niet expliciet geschiedt, is het wellicht toch van grote waarde doordat het impliciet en onbewust wordt gehanteerd. Men moet daarom ook uitspraken als: 'Aan die theorie heb ik niets' met voorzichtigheid interpreteren. Daarom zullen we in par. 6.1. minder negatief oordelen over de klassieke organisatieleer dan soms geschiedt.

Een ander veel gehoorde misvatting resulteert in de opvatting dat een adequate methode om tot bruikbare wetenschap te geraken daarin is gelegen dat men moet uitgaan van 'praktische problemen'. We zullen trachten aan te tonen waarom dit een misvatting is (hoofdstuk 3).

Een belangrijk ander misverstand gaat over de taal. Wil een wetenschap goed bruikbaar zijn, zo hoort men vaak, dan moet zij de taal der praktijk spreken. Interpreteren we deze uitspraak als 'Wetenschap en praktijk moeten elkaar verstaan' dan ga ik er vanzelfsprekend geheel mee akkoord. Wordt er echter de gevolgtrekking aan verbonden dat de wetenschapper van vandaag zijn theorie moet opbouwen met de terminologie die in de praktijk van vandaag wordt gehanteerd dan rijzen er vraagtekens. We zullen er later op ingaan.

### *Integrale benadering*

Als remedie tegen de zowel wetenschappelijk als praktisch bezien minder gewenste situatie in de organisatiekunde wordt wel een integrale benadering gepropageerd.

In de praktijk van het organiseren verstaat men hieronder het geïntegreerd benaderen van organisatieproblemen. Termen als integrale planning vormen indicaties van dit streven.

In samenhang hiermee wordt ook in de wetenschap gepleit voor een integratie van het vak. Daarbij denkt men dan aan het samensmelten van de verschillende disciplines die het organisatieverschijnsel bestuderen.

Wetenschappelijke disciplines richten zich, vanuit hun specifieke vraagstellingen, principieel op bepaalde aspecten van de empirie. Praktische problemen daarentegen kunnen veelal niet worden ondergebracht bij één van de (traditionele) disciplines. Zo schrijft Ackoff terecht: 'In most problems involving organized man-machine systems each of the disciplines ... might

make a significant improvement in the operations. But ... few of the problems that arise can adequately be handled within any discipline. Such systems are not fundamentally mechanical, chemical, biological, psychological, social, economic, political or ethical. These are merely different ways of looking at such systems. Complete understanding of such systems requires an integration of these perspectives. By integration I do not mean a synthesis of results obtained by independently conducted undisciplinary studies, but rather results obtained from studies in the process of which disciplinary perspectives have been synthesized. The integration must come during, not after, the performance of the research. We must stop acting as though nature were organized into disciplines in the same way that universities are' (Ackoff, 1960).

#### *Interdisciplinaire benadering*

Veelal vallen, in nauwe samenhang met de term integrale benadering, termen als *interdisciplinair* en *multidisciplinair*. Mede uitgaande van de overwegingen zoals Ackoff ze heeft geformuleerd, tracht men bij de aanpak van praktische vraagstukken teams van verschillende specialisten in te schakelen. Eens te meer klemmen hier de opmerkingen van Boulding waar hij zegt: 'Science, that is to say, is what can be talked about profitably by scientists in their role as scientists. The crisis of science today arises because of the increasing difficulty of such profitably talk among scientists as a whole. Specialization has outrun trade, communication between the disciplines becomes increasingly difficult, and the Republic of Learning is breaking up into isolated subcultures with only tenuous lines of communication between them – a situation which threatens intellectual civil war. The reason for this breakup in the body of knowledge is that in the course of specialization the receptors of information themselves become specialized. Hence physicists only talk to physicists, economists to economists – worse still, nuclear physicists only talk to nuclear physicists and econometricians to econometricians' (Boulding, 1956).

Kommunikatie tussen de beoefenaren van verschillende wetenschappen lijkt zowel in praktisch als in wetenschappelijk opzicht van grote waarde.

Niet steeds worden de begrippen multidisciplinair en interdisciplinair zorgvuldig onderscheiden. Het is nuttig dat wel te doen. Een multidisciplinaire benadering is een benadering waarbij meerdere disciplines worden ingeschakeld. Interdisciplinair zou ik een benadering willen noemen waarbij meerdere disciplines geïntegreerd worden ingeschakeld. In deze opvatting is

het derhalve mogelijk dat een multidisciplinaire dan wel een interdisciplinaire benadering door een team, maar ook door een individu geschiedt. Bij een interdisciplinaire benadering zijn de disciplinaire aspecten zó verweven dat uitcnrafelen niet meer mogelijk is. Men zou kunnen zeggen dat een interdisciplinaire benadering uitgaat van een éigen vraagstelling, die kenmerkend is voor een nieuwe interdisciplinaire wetenschap in wording. De interdisciplinariteit is dan met de premisse over het objekt gegeven.

De behoefte aan een interdisciplinaire benadering in de praktijk spruit enerzijds voort uit het volgende inzicht. Een te bereiken doelstelling kan in termen van een bepaalde discipline, bv. de economie, zijn geformuleerd. Niettemin blijkt dat er in de empirie een zodanige verwevenheid van factoren bestaat dat het ook voor de bereiking van zo'n doelstelling noodzakelijk is andere aspecten in de beschouwing te betrekken. Dit komt des te sterker naar voren naarmate het tijdsperspektief waarop de doelstelling betrekking heeft toeneemt. Zo zal misschien op korte termijn massaal ontslag economisch voordelig zijn terwijl op langere termijn het daardoor in ongunstige zin beïnvloede beeld van het bedrijf tot hoge wervingskosten aanleiding kan geven.

Naast deze toenemende erkenning van de relevantie van sociale aspecten voor de bereiking van een economisch doel is er nog een tweede belangrijk verschijnsel. Terecht wordt nl. steeds sterker benadrukt dat een eenzijdige visie op het ondernemingsdoel maatschappelijk ongewenst is.

De verbreding van de doelstelling van ondernemingen vormt, zoals onmiddellijk valt in te zien, een andersoortige faktor, die de behoefte aan een multidisciplinaire (of interdisciplinaire) benadering van praktische organisatieproblemen doet toenemen.

Er blijft evenwel een accentverschil bestaan tussen een interdisciplinaire benadering gericht op een beter, meer omvattend inzicht in het organisatieverschijnsel aan de ene, en een interdisciplinaire benadering van een praktisch organisatieprobleem aan de andere kant. Waar in het laatste geval aspecten die voor de gekozen doelstelling niet relevant zijn kunnen worden verwaarloosd, zal in een zuiver wetenschappelijke benadering slechts worden gezien of opname van een faktor in het model het inzicht doet toenemen. Het is echter mijn stellige overtuiging, dat door de twee bovengenoemde factoren die in de praktijk de behoefte aan een interdisciplinaire benadering doet toenemen, deze verschillen zullen afnemen.



### *Systeembenadering*

In het bijzonder in de context van verhandelingen over integrale benadering, interdisciplinaire benadering, afstand tussen theorie en praktijk valt vaak de term systeembenadering. Deze nieuwe benadering zou een oplossing kunnen leveren voor de geschetste problemen. Nu kan men allereerst opmerken dat het begrip systeembenadering een grote verzameling van zeer verschillende aard dekt. Er geldt hier bijna: Zoveel hoofden, zoveel zinnen.

Daarnaast kan de vraag worden gesteld of, en zo ja in hoeverre zo'n systeembenadering nieuw is. Onder systeem wordt voorlopig verstaan een verzameling van objecten die onderling gerelateerd zijn. Niet nieuw is daarom de systeembenadering wanneer men er vanuit gaat dat het wetenschappelijk bedrijf kan worden omschreven als het zoeken naar samenhang tussen verschijnselen. Nieuw is zij vanwege het relatief nieuwe gezichtspunt van waaruit zij naar deze samenhangen zoekt.<sup>1</sup>

Ik heb mij tot op heden niet steeds beperkt tot een specifiek veld van onderzoek of tot een specifieke empirische discipline. Het is ook niet zo, dat de vraag naar interdisciplinaire studies, naar een integrale benadering, naar hereniging van uiteengegroeide disciplines specifiek is voor een bepaald vakgebied. Het is een verschijnsel dat wellicht kenmerkend is voor de hedendaagse situatie. Zij is zelfs niet alleen kenmerkend voor de situatie van vandaag. Het ideaal van een universele *integrale benadering* heeft velen in het verleden beziggehouden.

Het heeft niet in de bedoeling van deze studie gelegen een wetenschapshistorisch onderzoek te verrichten naar dit eeuwenoude integratie-ideaal. Niettemin is het wellicht goed kort enkele stromingen te vermelden die de hereniging van de wetenschappen hebben nagestreefd.

Als eerste noemen wij de pogingen van Leibniz (1646-1716) een *encyclopedie* samen te stellen waarin alle belangrijke wetenschappen een plaats zouden moeten vinden. De opvattingen van Leibniz spreken duidelijk uit het volgende citaat: 'Es kommt nicht viel darauf an, wie man die Wissenschaften einteilt, da sie einen sich kontinuierlich ausdehnenden Körper bilden wie der Ozean'. (Geciteerd uit: Dürr, 1937.) Nauw verbonden met dit idee van een encyclopedie waren zijn bemoeienissen een universele logica te ontwikkelen die voor alle wetenschappen bruikbaar zou zijn. De pogingen van Leibniz een encyclopedie samen te stellen zijn niet geslaagd. Enige tijd na zijn dood

1. Zie voor een interessante uiteenzetting over de vraag in hoeverre iets 'nieuw' is een artikel over de nieuwheid van Popper's wetenschapsfilosofie (Agassi, 1968).

evenwel werd door Diderot en d'Alembert een encyclopedie uitgegeven die overigens meer bedoeld was om het geheel van wetenschappelijke kennis meer toegankelijk te maken voor de niet-ingewijden. Het eerste deel verscheen in 1951.

De tweede stroming die wordt aangestipt is de 'Unity of science movement'. Op een aantal punten heeft de stroming verwantschap met de voorgaande. Deze 'Unity of Science movement' (Neurath e.a., 1955; Oppenheim and Putnam, 1958) streefde in de dertiger jaren naar:

- de eenheid van de wetenschappelijke methode;
- de eenheid van de taal;
- de eenheid van uitgangspunt.

De eenheid van de wetenschappelijke methode, van belang voor de wetenschap als proces en daarmee ook voor de wetenschap als stelsel toetsbare uitspraken, heeft deze stroming willen bevorderen door het uitgeven van een encyclopedie waarin aan allerlei methodologische vraagstukken (o.m. het meten, het konstrueren van concepten) veel aandacht werd gegeven. Deze encyclopedie (Neurath e.a., 1955) bevat naast essays over de wetenschappelijke methode ook essays waarin de unity of science wordt benaderd via het reduktionisme. Dit reduktionisme behelsde de opvatting dat alle wetenschappen konden en moesten worden herleid tot een moederwetenschap. Een bijzondere vorm van reduktionisme is het fysicalisme. Hierin wordt uitgegaan van de reductie van alle wetenschappen tot de natuurkunde.

Deels wortelend in, deels als reactie op deze beweging is de 'General Systems Approach' ontstaan. Von Bertalanffy mag wel als haar geestelijke vader worden genoemd. Hij werd als bioloog met een ruime belangstelling, geïntrigeerd door de tengevolge van de toenemende specialisatie ontstane problemen. Hij konstateerde tevens dat allerlei verschijnselen, die in verschillende wetenschappen worden bestudeerd, in hun mathematische voorstelling overeenkwamen.

Zo vormt een lineaire differentiaalvergelijking van de tweede orde een beschrijving van bepaalde elektrische maar tevens van mechanische en andere verschijnselen.

Door soortgelijke overwegingen geïnspireerd, lanceerde von Bertalanffy in 1945 het idee van de algemene systeemtheorie (von Bertalanffy 1951a, 1951b, 1951c, 1968). Het idee won geleidelijk aan veld en werd door steeds meer

mensen gezien als een nieuwe mogelijkheid de eenheid der wetenschappen te bevorderen.

Evenals de 'Unity of Science' beweging streeft de 'Society for General Systems Research' dan ook de eenheid der wetenschappen na. Zij poogt dit eveneens te bereiken door het ontwerpen en invoeren van een gemeenschappelijke taal, een eenheid in methode en de eenheid van uitgangspunt. Van groot belang is ook het zoeken naar formeel overeenkomstige verschijnselen in meerdere vakgebieden als pendant van en als reactie op het reduktionisme van de 'Unity of Science' beweging. Von Bertalanffy heeft dit reduktionisme als onvruchtbaar verworpen.

Boulding (1956) geeft twee benaderingen van een 'General Systems Theory'.

Kort gekarakteriseerd komen deze hierop neer:

- zoek naar gelijksoortige verschijnselen in verschillende disciplines en konstrueer daarvan een theoretisch model;
- stel een rangorde op naar complexiteit van de empirische onderzoeksgebieden.

Deze twee benaderingen vullen elkaar aan, ze zijn komplementair.

Bouldings systeemtheorie is nuttig als middel tegen modeloverspanning, doch is overigens voor kritiek vatbaar. Complexiteit is immers geen intrinsieke eigenschap van een verschijnsel doch veeleer van de voorstelling die van dat verschijnsel wordt gemaakt en daarmee van de theoretische optiek van waaruit dat verschijnsel wordt bestudeerd.

Het samenhangende kluster van begrippen: afstand tussen theorie en praktijk, integrale benadering, interdisciplinair, multidisciplinair en integratie der wetenschap is niet kenmerkend voor een specifiek vakgebied. Het is niettemin nodig het terrein af te bakenen. De problematiek die in het voorgaande is aangeduid zal worden besproken voor het vakgebied van de organisatiekunde, in de brede betekenis van die term.

### *Overzicht van het boek*

Het uitgangspunt voor studie kan nu als volgt worden geformuleerd.

*Uitgaande van de premisse dat de praktijk gebaat is bij een toepasbare en meer integrale theorie, willen we nagaan of en zo ja, in hoeverre een systeembenadering daarbij van nut kan zijn.*

Een grondiger schets van de probleemstelling is daarbij onmisbaar. In *hoofdstuk 2* zal daarom het vraagstuk der integrale benadering diepgaander besproken worden.

Daarbij zal de kritiek op de organisatiekunde van vandaag nader onder de loupe worden genomen en zullen de termen integrale benadering en systeembenadering nader worden geformuleerd. Wegens het grote belang van de methodologische aspecten van dit onderzoek wordt in *hoofdstuk 3* een wetenschapstheoretisch kader aangedragen waarmede een meer verantwoorde benadering van de systeemleer mogelijk wordt. Onder meer komen daar methodologische aspecten van de afstand tussen theorie en praktijk en de methodologische status van de systeemleer aan de orde. *Hoofdstuk 4* geeft een schets van het ontstaan van het systeemdenken alsmede beschouwingen over systeemdenken in enkele voor de organisatiekunde relevante disciplines. *Hoofdstuk 5* geeft vervolgens enige elementen uit de systeemleer zoals de schrijver die ziet. Onder meer zullen daar enkele elementen worden aangedragen voor een besturingsparadigma hetgeen in *hoofdstuk 7* een belangrijke rol zal spelen.

*Hoofdstuk 6* geeft een schets van de organisatiekunde. Onder meer komt daarbij aan de orde in hoeverre de weinig bevredigende situatie van het vakgebied gezien vanuit de behoefte van de praktijk te wijten is aan methodologische tekorten.

In *hoofdstuk 7* wordt vervolgens aan de hand van enkele vraagstukken in de organisatiekunde de bijdrage van de systeemleer geïllustreerd. Dit zal vooral gebeuren op basis van een nadere uitwerking van een besturingsparadigma. Het gaat er daarbij niet om het praktische nut van de systeemleer aan te tonen. Het gaat erom plausibel te maken dat het, uit het oogpunt van praktische bruikbaarheid van de organisatiekunde, zin heeft in de aangeduide richting verder te gaan. Het zal dan ook geen verwondering wekken dat tenslotte in *hoofdstuk 8* enkele suggesties worden gedaan voor nader onderzoek.

Tot slot van deze inleiding nog een enkele opmerking. Er mag geen misverstand bestaan over de opvattingen van de schrijver. De organisatiekunde behoort bij te dragen tot de oplossing van praktische organisatieproblemen. Men moet echter de relatie tussen theorie en praktijk genuanceerd zien. Daarom moeten de eisen ten aanzien van de toepasbaarheid van de systeemleer gematigd zijn. Er wordt geen bewijs van nuttigheid noch toepassing op korte termijn geëist. Op langere termijn kan deze gematigde opvatting vruchtbaarder zijn. Ook de praktijk is niet gebaat bij schijnoplossingen. De organisatiekunde heeft nog slechts weinig te bieden. Hetzelfde geldt voor de

systemleer. De wetenschapsman kan niet meer doen dan met een positieve instelling ten aanzien van de praktijk te werken aan de uitbouw van de theorie.

Het is in dit licht dat dit boek tot stand is gekomen.

## HOOFDSTUK 2 *probleemstelling*

### 2.1. INLEIDING

Vaak wordt gesteld dat een integrale benadering van het fenomeen organisatie wenselijk is.

Deze integrale benadering zou voor een aantal vraagstukken in dit vakgebied een oplossing moeten brengen. Zover ons bekend is, hebben de meeste schrijvers zich beperkt tot het signaleren van de onbevredigende toestand van de organisatiekunde. Met betrekking tot de ontwikkeling van de organisatiekunde of delen daarvan zijn o.m. publikaties verschenen van Koontz (1961, 1964), W. G. Scott (1961), Frederick (1963), Grochla (1969a), Wild (1966, 1967a en b), Waldo (1963), Feitsma (1968) en de Sitter (1969, 1972). Geheel of ten dele raken zij het gebied dat globaal kan worden aangeduid met termen als integrale benadering, systeembenadering, open systems approach. Men ziet in de organisatiekunde van heden een behoefte aan integratie en eenheid van de multidisciplinaire. Dit is niet uniek. Het werd reeds in het voorgaande hoofdstuk aangestipt.

In dit hoofdstuk zal worden getracht een schets te presenteren van een aantal vraagstukken, die in het eerder geschetste kader relevant zijn. Allereerst is een nauwkeuriger omschrijving van de term integrale benadering van belang. Daarbij lijkt het nodig na te gaan in hoeverre het woord integraal duidt op harmonie of evenwicht. Een van de motieven voor deze analyse is het feit, dat moet worden vermeden, dat langs deze wegen ongemerkt waardeoordelen binnensluipen. Indien een werkbare omschrijving van integrale benadering is gevonden, is een tweede stap het nagaan welke methodologische eisen aan zo'n integrale benadering moeten worden gesteld. Vervolgens wordt nagegaan of er iets zinnigs is te zeggen over de wetenschappelijke strategie die goede kansen biedt voor de ontwikkeling van zo'n integrale benadering. Voorts zal de term systeembenadering aan de orde moeten worden gesteld.

Op basis van deze beschouwingen zal het resultaat van dit hoofdstuk moeten zijn een nauwkeurige omschrijving van de reeds in de inleiding geïntroduceerde vraagstelling: In hoeverre kan een systeembenadering bijdragen tot een integrale benadering van het organisatieverschijnsel? En in hoeverre is de integratie van de wetenschap daartoe nuttig en/of noodzakelijk?

## 2.2. OVER INTEGRATIE

De term integratie wordt op meerdere manieren gebruikt. Omdat het nodig is preciezer aan te geven wat met uitdrukkingen als integrale benadering en integratie van disciplines wordt bedoeld, worden enkele onderscheiden betekenissen omschreven.

### *Integratie in de wiskundige betekenis*

In de wiskunde wordt de term integreren gebruikt voor een specifieke wiskundige bewerking. Het gaat daar om het optellen van een oneindig aantal infinitesimaal kleine elementjes. Deze betekenis is in het kader van deze studie minder relevant. Terwille van de volledigheid wordt bij daarom slechts kort aangestipt.

### *Integratie in kwantitatieve zin<sup>1</sup>*

Integratie in kwantitatieve zin duidt op een samenhang die bestaat tussen de elementen van een verzameling. Naarmate de onderlinge relaties tussen de objecten van een systeem in omvang of aantal toenemen is de kwantitatieve integratie groter. Deze kwantitatieve integratie kan zowel betrekking hebben op de interne relaties alsook op de relaties van een systeem met zijn omgeving. In de systeemleer wordt de mate van samenhang wel aangeduid met de term koherentiegraad.

### *Integratie in kwalitatieve zin<sup>1</sup>*

Lehman (1969) stelt: 'Der Terminus 'Integration' wird etymologisch auf das lateinische integrare (wiederherstellen, erneuern), integratio (Erneuerung) bzw. integer (ganz, unberührt) zurückgeführt und im allgemeinen Sprachgebrauch meist zur Kennzeichnung eines Vorganges (bew. seines Ergebnisses) verwendet, durch den aus sich gegenseitig ergänzenden Teilen eine neue umfassende Einheit geschaffen wird'.

1. Ik heb in het volgende dankbaar gebruik gemaakt van een aantal nuttige suggesties van Prof. Dr. L. U. de Sitter.

Kennelijk is een belangrijk element in deze betekenis van de term integratie het onderling op elkaar afgestemd zijn, het elkaar aanvullen van verschillende elementen.

Sommerhof (1969) betreft de term integreren op overeenstemming tussen doeleinden. Ruwweg kan zijn opvatting als volgt worden omschreven. Integratie is het onderling op elkaar afstemmen van doeleinden. Hierin komt duidelijk het harmonieuze aspect naar voren.

Dit op elkaar afgestemd zijn, het harmonieuze aspect van de term integratie komt eveneens naar voren in het gebruik door sociologen en psychologen (zie bv. Argyris, 1964, en Levine en Angell, 1968). Men hanteert het zowel in intra-individuele zin (geïntegreerde persoonlijkheid) alsook in interindividuele zin (consensus).

Het harmonieus samengaan van samenstellende delen kan niet alleen op empirische doch ook op abstracte entiteiten betrekking hebben. In dat geval kunnen twee vormen worden onderkend. Indien er een conceptueel model is geformuleerd waarin sprake is van meerdere doelstellingen kunnen ook daarop begrippen als consensus van toepassing worden verklaard. Daarnaast zou ook de mate van consistentie van een theorie (of verzameling van theorieën) met de term integratie kunnen worden beschreven.

Harmonieuze integratie zal echter in dit kader voornamelijk worden gehanteerd in de betekenis van onderlinge overeenstemming tussen doeleinden. Met betrekking tot een systeem kan, analoog als bij de kwantitatieve integratie naar interne en externe integratie worden onderscheiden.

### *Isomorfie integratie*

Met name in beschouwingen over integrale benadering van organisaties komt nog een vierde betekenis naar voren. Het gaat hierbij vooral om het benadrukken van het uitgangspunt dat geen aspecten mogen worden vergeten. Een integrale benadering moet volledig zijn. Het integrale model vormt een volledige beschrijving van de organisatie. Of zoals men wel zegt: 'Een integraal model is isomorf met het bestudeerde objekt'.

Er dringen zich nu twee vragen op zodra men bedenkt dat organisaties empirische verschijnselen zijn.

In de eerste plaats de vraag naar de mogelijkheid isomorfe modellen te konstrueren van empirische objekten.

Aan een empirisch objekt, bv. een individu, kunnen attributen worden toegekend. Men kan denken aan leeftijd, motivatie, satisfactie, lengte van de linkerarm, gewicht, kleur van het haar enz. Het is intuïtief aannemelijk, dat



voor het volledig vastleggen van zo'n empirisch objekt, oneindig veel attributen nodig zijn. Er wordt niet bedoeld op die in het algemeen eindige verzameling attributen die nodig en voldoende is om een individu te onderscheiden van alle andere individuen, maar op die verzameling attributen die alle informatie bevat over dat specifieke individu. Deze discussie resulteert in de volgende premisse.

#### *Premisse I*

De verzameling van attributen nodig om alle informatie omtrent een empirisch objekt vast te leggen, bevat oneindig veel elementen.

De empirische wetenschappen houden zich onder meer bezig met het afbeelden van empirische op abstracte objekten. Deze abstracte objekten worden eveneens gekarakteriseerd door een verzameling van attributen. Deze verzameling evenwel is noodzakelijkerwijze eindig. Hieruit volgt een tweede premisse.

#### *Premisse II*

Bij de bestudering van een empirisch objekt is de verzameling in beschouwing genomen attributen eindig.

Uit de premissen I en II volgt dat een volledige weergave van een empirisch door een abstract objekt niet mogelijk is.

De vraag of integraal in de betekenis van 'alle aspecten in de beschouwing betrekken' mogelijk is, is hiermede dus ontkennend beantwoord.

In de tweede plaats is een belangwekkende vraag in hoeverre het theoretische uitgangspunt mede bepalend is voor de waar te nemen feiten. Een nadere uitwerking van deze vraag wordt in *hoofdstuk 3* aan de orde gesteld.

Samenvattend kan worden gesteld dat we enkele voor deze studie belangrijke typen 'integratie' hebben onderscheiden. Bij de harmonieuze integratie nog enkele opmerkingen. De normatieve aspecten van een dergelijke integrale benadering kunnen belemmerend werken op de theorievorming zoals Heiskanen (1967) tracht aan te tonen (zie par. 3.4.). Bovendien is het waarschijnlijk, dat de theorieën die op dit concept van integrale benadering zijn gebaseerd niet of minder geschikt zijn voor de analyse van niet of slecht geïntegreerde systemen.

De isomorfe integratie lijkt niet realiseerbaar. Men kan opwerpen dat het

niet in de bedoeling ligt daarmee aan te geven dat 'alles moet worden betrokken in de theorie' maar slechts de relevante aspecten. In dat geval zal dan tenminste moeten worden aangeduid welke aspecten wel en welke niet relevant zijn. Meer algemeen moeten de aspecten worden geordend naar relevantie. Relevantie is dan een afgeleide van de kwaliteit van het gekonstrueerde model, terwijl de kwaliteit van het model wordt bepaald op grond van het doel waarvoor het model is opgezet (zie hoofdstuk 5).

Hierdoor treden interessante verschillen aan het licht tussen integrale benadering in de wetenschap en integrale benadering in de praktijk. In het inleidende hoofdstuk werd er reeds op gewezen dat wetenschappelijke betekenis en praktische betekenis niet geheel parallel lopen. Indien men in de praktijk een bepaalde doelstelling nastreeft wordt de relevantie van een bepaald aspect gezien ten opzichte van die doelstelling. In de wetenschap is een aspect relevant indien het bijdraagt tot de vergroting van het inzicht.

Praktische relevantie en wetenschappelijke relevantie zijn daarom niet hetzelfde. Men zou kunnen stellen dat praktische relevantie in dit opzicht eerder wetenschappelijke relevantie impliceert dan omgekeerd. Later wordt hierop dieper ingegaan.

Daarom wordt de integrale benadering van organisaties als volgt omschreven:

*Een integrale benadering van het fenomeen organisatie zou het afbeelden van dit fenomeen op een model moeten zijn dat geschikt is voor de bestudering van alle vragen die worden gesteld over dit fenomeen door alle disciplines die het fenomeen als onderwerp van studie hebben.*

Het lijkt zinvol te spreken over de mate van integratie van een benadering. Naarmate een model geschikter is voor het bestuderen van meer vragen uit meerdere disciplines noemen we een model meer integraal. Vanzelfsprekend is hiermee slechts een omschrijving van de term gegeven, onder meer, omdat een tijdsduur erin ontbreekt.

### 2.3. OVER INTEGRATIE VAN DISCIPLINES

Reeds eerder werd gesteld dat er meerdere stromingen zijn die tot een integratie (in de betekenis van onderling samenhangend, zie par. 2.2.) willen geraken. In dit verband is in het bijzonder voor de organisatiekunde het verslag van het symposium 'Toward a Unified Theory of Management' (Koontz, 1964) van belang.

Het ligt in de bedoeling enkele aspecten van integratiestrategieën te bespreken. Indien het zo is, dat een integrale benadering (in de 'isomorfiebetekenis') gewenst is, kan men zich afvragen of daarvoor een integratie van een aantal disciplines noodzakelijk of gewenst is. Vooralsnog lijkt het erop dat een integratie van disciplines gewenst is. Het is dan wel nodig nader uit te werken wat kan worden verstaan onder integratie van disciplines.

Fleischman (1966) geeft in een verhandeling over de wenselijkheid en de mogelijkheid van de integratie van de economie met de gedragswetenschappen een uiteenzetting van de term integratie. Men kan, aldus Fleischman, een wetenschap (discipline) op verschillende wijzen beschouwen.

Ten eerste kan men een wetenschap als een sociale institutie beschouwen. Integratie van een discipline als institutie komt bijvoorbeeld neer op het verenigen van een aantal sociale wetenschappen in een fakulteit op zodanige wijze, dat de fakulteit een intern afgestemd en gekoördineerd studie- en onderzoekprogram heeft. Van integratie in deze zin is bijvoorbeeld sprake bij de universitaire bedrijfskundige opleidingen. Dat zelfs een integratie op dit 'eenvoudige' niveau niet eenvoudig is, behoeft voor ingewijden in het universitaire bestel geen betoog.

Ten tweede kan men een discipline beschouwen als een complex van problemen, als een verzameling van vragen die aan de werkelijkheid worden gesteld. Van integratie op dit vlak is sprake indien binnen verschillende disciplines dezelfde vragen aan de fenomenen worden gesteld.

Ten derde, stelt Fleischman, kan men een discipline zien als een verzameling van onderzoekstechnieken. Integratie houdt hier het toepassen van dezelfde technieken binnen verschillende disciplines in.

Ten vierde tenslotte kan men spreken over een wetenschap als verzameling van uitspraken over de werkelijkheid. Integratie van disciplines in deze zin houdt in een verbinding van deze verschillende verzamelingen van uitspraken.

Zoals wij reeds hebben gezegd, bestaat er over de ontwikkeling van de organisatiekunde nogal wat onbehagen. Koontz (1961) stelt: 'From the orderly analysis of management at the shoproom level by Frederick Taylor and the reflective distillation of experience from the general management point of view by Henri Fayol, we now see these and other early beginnings overgrown and entangled by a jungle of approaches and approachers to management theory'.

Twee opmerkingen zijn hier op zijn plaats. De management-theorie is gekenmerkt door een sterke normatieve gerichtheid op toepassingen. Volgens

Heiskanen (1967) is dit wetenschappelijk minder vruchtbaar. Ook moet worden bedacht dat Koontz weliswaar spreekt over management theorie doch dat hij vermoedelijk de organisatiekunde op het oog heeft.

Hoewel Frederick (1963) optimistisch schrijft dat 'within perhaps five years - certainly not more than ten years hence - a general theory of management will be evolved, stated, and generally accepted in management circles, ... the invention is almost inevitable', komt Grochla (1969a) tot de konklusie: 'Der gegenwärtige Erkenntnisstand der Organisationstheorie wird von Wissenschaft und Praxis als weitgehend unbefriedigend angesehen'.

Aanbevelingen die worden gedaan om aan deze toestand een einde te maken, liggen veelal in de sfeer van 'het integreren van disciplines'. Een systeembenadering zou daarvoor dan de oplossing zijn.

Scott (1961) stelt dat '... a philosophy which accepts the premise that the only meaningful way to study organization is to study it as a system'. In 1974 komt hij op deze opinie terug (Scott, 1974). We zullen later zien dat dit op een misvatting berust.

Het gaat er nu om, te onderzoeken, op welke wijze een systeembenadering de integratie van disciplines kan bevorderen.

Hoewel de sociaal-wetenschappelijke aspecten van het interdisciplinaire werk, dat nodig is om zo'n integratie tot stand te brengen, van eminent belang zijn, ligt het in de bedoeling deze slechts zijdelings te behandelen. De aandacht zal in het bijzonder uitgaan naar methodologische aspecten. Dat houdt in dat voornamelijk Fleischman's vierde vorm van integratie aan de orde zal komen.

#### 2.4. OVER INTEGRATIE VAN PRAKTIJK EN THEORIE

In de inleiding passeerden reeds enkele punten, die met de verhouding tussen de organisatiekunde en de praktijk van het organisatorisch handelen verband houden, de revue. In deze paragraaf zal hierop verder worden ingegaan. Achtereenvolgens zal aan de orde komen het methodologische aspect, het aspect van de taalbarrière, het aspect van de normen en waarden en het aspect van de opleiding en ervaring.

##### *Methodologisch aspekt*

De betekenis van de organisatiekunde kan op grond van wetenschappelijke en praktische criteria worden bezien.

De wetenschappelijke betekenis laat zich afmeten naar de mate waarin voldaan is aan, door het wetenschappelijk forum aanvaarde, criteria. Theorieën moeten toetsbaar zijn. Een meer geconfirmeerde theorie verdient de voorkeur boven een minder geconfirmeerde. Een theorie welke beloften inhoudt voor toekomstige theorieën, welke uitbreidbaar is, wordt geprefereerd boven een andere. De eis van consistentie en van eenduidigheid in de terminologie speelt een belangrijke rol.

In praktisch opzicht spelen deze criteria natuurlijk eveneens een rol. Ze worden echter gewogen ten opzichte van het concrete doel wat wordt nastreefd. Een beter inzicht is praktisch bezien niet steeds van grotere betekenis. Er is sprake van een afweging van kosten en baten.

Gemeten aan de hand van deze onderscheiden criteria zal de beoordeling van de organisatiekunde dan ook verschillen.

Theoretische stelsels kunnen, aldus Grochla (1969a) in vier soorten worden onderscheiden. Hij duidt ze aan als:

- terminologische stelsels of begrippenapparaten.
- beschrijvende stelsels.
- empirische theorieën.
- praxeologieën.

Terminologische stelsels kunnen worden opgevat als stelsels van definities (konventies) waardoor het wetenschappelijk spraakgebruik wordt vastgelegd. Beschrijvende stelsels beschrijven m.b.v. de aldus vastgelegde begrippen de empirische objecten.

Empirisch-kognitieve stelsels zijn empirische theorieën die empirische inhoud hebben verkregen (zie par. 3.2.). Het zijn stelsels volzinnen die uitspraken doen betreffende zekere regelmatigheden in 'de wereld'.

Praxeologische stelsels zijn gericht op het praktisch handelen. Zij geven empirisch-wetenschappelijk gefundeerde voorschriften over hoe gehandeld moet worden teneinde bepaalde gewenste resultaten te bereiken.

Methodologisch bezien kunnen de genoemde stelsels worden geordend. Daarbij gaat de terminologie logisch noodzakelijk vooraf aan de descriptie, de descriptie aan de empirische theorie en de empirische theorie aan de praxeologie.

Als men nu tracht elementen van de organisatiekunde in de genoemde vier soorten stelsels onder te brengen dan ontstaan er problemen zodra men daar-

bij wetenschappelijke dan wel meer praktische criteria hanteert.

Aan de hand van het praxeologisch niveau kan dit worden toegelicht. Een praxeologische uitspraak bevat twee elementen. Ze geeft aan dat een bepaald resultaat gewenst is en ze geeft aan dat dat resultaat bereikt kan worden door het nemen van bepaalde maatregelen. Zo kan in de operationele research worden beweerd dat de kosten van het houden van voorraad onder bepaalde condities minimaal zijn indien men een bepaalde bestel-politiek volgt.

Wetenschappelijk gezien moet nu worden aangegeven: hoe het voorraadverloop is indien men die bestelpolitiek volgt, hoe dat voorraadverloop samenhangt met de kosten van voorraadhouden en de doeluitspraak (het minimaliseren van die kosten). Als immers de uitspraak zou zijn: onder condities  $c_1, \dots, c_n$  moet bestelpolitiek  $b$  worden gekozen dan is de uitspraak niet toetsbaar.

Nu zijn veel richtlijnen voor organisatieontwerp om deze reden niet toetsbaar en kunnen daarom niet als praxeologische uitspraken worden beschouwd. Bovendien moet een praxeologische uitspraak niet alleen toetsbaar zijn. Ze moet tevens door empirisch onderzoek feitelijk zijn getoetst en daarbij niet zijn gefalsificeerd. Voor een concrete toepassing moet immers een zeker vertrouwen in de waarheid van de uitspraak gewettigd zijn.

De praktische betekenis van praxeologische uitspraken is daarmee echter nog niet gegarandeerd. Een wetenschappelijk fraaie praxeologische uitspraak over wat te doen om in een specifieke situatie de kosten te minimaliseren is in een bepaalde praktische situatie niet van betekenis als de situatie verschilt en/of men geheel andere doelen wenst na te streven.

Een richtlijn voor het ontwerp van een organisatie kan echter heel praktisch worden gevonden als de impliciete doelstelling die achter de richtlijn is verscholen past bij de doelstelling die men in een specifieke situatie wil nastreven.

Ter relativering van het methodologisch aspect dient nog te worden opgemerkt dat een volledige beoordeling van de praktische waarde van een theorie niet mogelijk is zonder degene die de theorie toepast in de beschouwing te betrekken. Gezien vanuit de praktijk is de theorie een hulpmiddel waarmee bepaalde beoogde resultaten kunnen worden verkregen. De theorie fungeert als gereedschap. De kwaliteit van een hamer wordt bepaald door de mate waarmee de timmerman ermee kan timmeren. Daarmee komt de kwaliteit van de timmerman in het geding. Toepassing en toepasser zijn onlosmakelijk verbonden.

Terugkerende naar de organisatiekunde kan daarom worden gesteld dat de praktische betekenis van de organisatiekunde groter is dan zou lijken indien

men zich beperkt tot het, wetenschappelijk bezien, adequate theoretische instrumentarium uit de organisatiekunde.

#### *De taalbarrière*

Ook met betrekking tot de terminologie worden vanuit de wetenschap en vanuit de praktijk verschillende criteria aangedragen. Volgens methodologische criteria moet de terminologie zo goed mogelijk geschikt zijn voor de konstruktie van wetenschappelijke theorieën. Volgens praktische criteria moet de terminologie in dienst staan van de effectieve en efficiënte oplossing van praktische problemen. Praktisch bezien is daarom de verstaanbaarheid van een theorie voor niet-specialisten van grote waarde. In hoofdstuk 3 zal het probleem van de terminologie, vooral in methodologisch opzicht, nader worden uitgediept.

#### *Normen en waarden*

Naast de voorgaande, op methodologische wijze verklaarbare, aspecten van de afstand tussen praktijk en theorie bestaat ook grote invloed van sociologische en sociaal-psychologische aard. Ik vermoed dat er aantoonbare verschillen bestaan tussen het normen- en waardenpatroon in wetenschappelijke kringen en in kringen van praktische beoefenaren van de organisatiekunde. Omdat in het kader van deze studie dit vermoeden niet aan een wetenschappelijk onderzoek wordt onderworpen moeten er voorshands niet teveel konklusies aan worden verbonden. In elk geval kan het signaleren van dit vermoeden bijdragen tot een goed begrip van de beperktheid van deze studie met betrekking tot de verhouding tussen theorie en praktijk.

#### *Opleiding en ervaring*

Nauw samenhangend met het voorgaande aspect wordt tenslotte gewezen op de effecten van verschillen in opleiding en ervaring.

Normen en waarden, de beschouwingswijze van het organisatieverschijnsel, worden mede bepaald door opleiding en ervaring. Ook hierin kan een grond voor de verklaring van een afstand tussen de theorie en de praktijk worden gevonden. Stellig zou het in een onderzoek naar dit aspect interessant zijn, de verschillen in uitwisselingspatronen tussen de universiteit en de maatschappij in de verschillende landen aan de orde te stellen. Ook is het ontstaan van wetenschappelijke opleidingen als voorbereiding tot latere beroepsuitoefeningen voor de organisatiekunde van betekenis. Tenslotte moet ook met betrekking tot dit belangrijke aspect worden opgemerkt dat het in deze studie niet aan een onderzoek zal worden onderworpen.

## 2.5. OVER SYSTEEM

Blijkens de literatuur bestaan omtrent het woord systeem nogal verschillende opvattingen.

Er wordt niet geprobeerd alle gehanteerde definities en omschrijvingen van deze term de revue te laten passeren. Keuning (1973) citeert dertig definities. Het is echter wellicht nuttig een aantal typen te onderscheiden.

Een wezenlijke dimensie hierbij hangt nauw samen met het harmonie-karakter van een groot deel van de literatuur op het gebied van de organisatie-wetenschap (Krupp, 1961).

Hiermee wordt bedoeld dat in een groot deel van de organisatieliteratuur verschijnselen als konflikt, verandering en instabiliteit worden verwaarloosd ten opzichte van de harmonie, de handhaving van het bestaande en het evenwicht.

Voorbeelden van zo'n systeemdefinitie met een harmoniekarakter zijn:

- 'A system is any grouping of human beings and machines with a definite objective' (Jenkins and Youle, 1968).
- 'A system is an array of components designed to accomplish a particular objective according to plan' (Johnson e.a., 1967).

Men kan deze dimensie van het systeembegrip aanduiden met het begrippen-paar doelgericht/neutral.

Een andere dimensie hangt samen met de vraag of 'het systeem' al dan niet in de ervaringswereld ligt verankerd. Het gaat hier m.a.w. om de vraag of 'systeem' al dan niet een theoretische term is (Carnap, 1956).

Met behulp van deze twee dimensies kunnen vier typen systeemdefinities worden aangeduid.

Nader onderzoek zal moeten leren of het nuttig is de klassifikatie van systeemdefinities op nog meer en/of eventueel andere dimensies te baseren. Zo zou een derde dimensie kunnen worden geformuleerd door het aantal elementen van het systeem in beschouwing te nemen.

Systeemdefinities uit de technische hoek (regeltechniek e.a.) duiden vaak aan wat later in dit boek een black-box zal worden genoemd. Een voorbeeld van zo'n verfijnde definitie van een systeem als mathematische structuur wordt gegeven door Kalman e.a. (1969). Zij stellen: 'A system, or more correctly a dynamical system, is a precise mathematical object; the study of system theory is then largely, although not entirely, a branch of mathematics'.



*Het begrip systeem, dat in het vervolg zal worden gehanteerd moet worden gezien als een theoretisch begrip, dat neutraal is ten opzichte van het al dan niet aanwezig zijn van conflicten.*

Het zal moeten kunnen worden toegepast voor de beschrijving, de analyse en de synthese van organisaties.

Vanwege het gekompliceerde karakter daarvan ligt het voor de hand dat een systeemtheorie die in staat is de integrale benadering 'waar te maken', eveneens gekompliceerd zal zijn.

In dit verband is een uitspraak van Dirac (geciteerd in Feinberg, 1969) interessant. Hij stelde nl., dat de functie van een natuurkundige theorie niet was gelegen in het maken van plaatjes van atomen die eenvoudig konden worden gevisualiseerd, maar in het ontwikkelen van mathematische theorieën die bruikbaar zijn voor het nauwkeurig voorspellen van waarneembare fenomenen. Het begrip systeem moet, als meest fundamenteel begrip, nauwkeurig worden gedefinieerd. Met name bij de definiëring van zo'n fundamenteel begrip is de opmerking van Mag (1969) over definities van belang. Hij stelt: 'Die Grundauffassung über ein Problem oder einen Gegenstand schlägt sich in konzentrierten Form in der Definition nieder, und insofern zeigen Begriffsunterschiede auch gleichzeitig Auffassungsunterschiede'.

Met betrekking tot de systeembenadering van organisaties is een tweetal onderscheidbare benaderingen aanwijsbaar. En wel een organistische en een axiomatische tak.

De onderstaande tabel illustreert dit.

	Organistisch	Axiomatisch
Taal	meest verbaal	wiskundig
Enkele begrippen	groei integratie	toestand black-box
Verwantschap met	biologie	regeltechniek
Werkwijze	inductief	deductief
Enkele namen	Gerard J. G. Miller	Ashby Mesarovic

Tabel 2.1. Enkele onderscheidingen tussen de organistische en de axiomatische systeemleer. Zoals bij veel indelingen is ook hier de grans diffuus.

Nu is een aanzienlijk deel van datgene wat onder het hoofd systeembenadering van organisaties zou kunnen worden ondergebracht van een organistisch karakter. Keuning (1973) beperkt zich vrijwel geheel tot deze tak.

In dit boek zal echter de keuze vallen op de axiomatische tak en wel om vier redenen: Ze is in de organisatiekunde minder ontwikkeld, ze is meer in overeenstemming met de keuze die we eerder hebben gemaakt uit de typen systeemdefinities en het komt ons voor dat de axiomatische tak vruchtbaarder is (zie hoofdstuk 3). Tenslotte moet in alle eerbijheid worden opgemerkt dat ze mij meer aanspreekt.

## 2.6. SAMENVATTING VAN DE PROBLEEMSTELLING

De organisatiekunde heeft tot taak bij te dragen tot de oplossing van praktische vragen. Konstaterende dat alom een onbehagen bestaat over de huidige stand van zaken, willen wij trachten nader te analyseren in hoeverre bepaalde methodologische tekortkomingen belemmerend hebben gewerkt. Aangezien veelal wordt gesteld dat een integrale benadering van organisatievraagstukken gewenst is, moet worden nagegaan wat deze opvatting voor consequenties heeft voor de vraag naar de integratie van disciplines.

Met name gaat het ons daarbij om de methodologische aspecten. In het kader van besprekingen van deze vraagstukken wordt dan veelal de systeembenadering genoemd als mogelijk, soms zelfs als enig, hulpmiddel bij dit herintegreren van disciplines. Daarom wordt in dit boek getracht een systeemleer te ontwerpen welke gezien de methodologische overwegingen bruikbaar lijkt. De keuze valt daarbij op de axiomatische benadering in de systeemleer. Een keuze die in hoofdstuk 3 wat nader zal worden gemotiveerd. Omdat vanzelfsprekend ook in dit geval bruikbaarheid uiteindelijk maatgevend wordt geacht, zal aan de hand van enkele, naar ons oordeel, belangrijke vraagstukken de toepassing van de te ontwikkelen systeemleer in hoofdstuk 6 worden geïllustreerd. Een besturingsparadigma zal daarbij een voornamelijk rol spelen.

## HOOFDSTUK 3 *methodologische aspecten*

### 3.1. INLEIDING

In de voorgaande hoofdstukken is verduidelijkt dat methodologische aspecten van het vraagstuk van de integrale benadering van belang zijn. Nu is op het gebied van de organisatiekunde betrekkelijk weinig omtrent methodologische aspecten gepubliceerd. Natuurlijk is deze uitspraak onjuist voor een aantal deelgebieden van de organisatiekunde. Zo is de sociologische literatuur over organisaties bepaald niet arm aan methodologische studies. Het gaat ons echter om enkele methodologische aspecten die in het bijzonder naar voren treden bij het vraagstuk van integratie van de organisatiekunde zowel in de theorie als in de praktijk en tussen deze beide. Er wordt nog eens aan herinnerd dat de term organisatiekunde breed wordt opgevat. Na een beknopte introductie in enkele elementen uit de wetenschapsleer zal aan de orde worden gesteld:

- de rol die waarde-oordelen kunnen spelen (par. 3.2.4).
- de eisen die aan deze terminologie moeten worden gesteld (par. 3.2.5).
- de vraag naar de integratie van disciplines (par. 3.3.).
- de methodologische status van de systeemleer (par. 3.5.).

Hierdoor is dan zowel een gedeeltelijke behandeling van de probleemstelling gepresenteerd alsook materiaal aangedragen dat verderop van pas kan komen.

Bij het bespreken van methodologische problemen is het echter niet steeds mogelijk gebruik te maken van algemeen aanvaarde resultaten uit de methodologie. Zoals Przelecki (1969) stelt: 'There are comparatively few results generally agreed upon. There is a notorious divergence of standpoints, proposals, solutions, with regard to nearly all problems within this domain'. Ik heb noodgedwongen een keuze gemaakt.

## 3.2. WETENSCHAP EN COMMON SENSE

Soms wordt tussen wetenschap en gezond verstand een scherpe tegenstelling gesuggereerd. Wetenschap en common sense bevatten echter beide uitspraken over de wereld. Het is óók niet zo dat wetenschappelijke uitspraken juist zijn en common sense uitspraken onjuist of iets dergelijks. Men moet daarom ook niet verbaasd zijn indien een wetenschappelijk onderzoek leidt tot een bevestiging van de common sense. Wetenschappelijke uitspraken zijn, in tegenstelling tot uitspraken uit de common sense, systematisch op waarheid onderzocht of in elk geval onderzoekbaar. Wetenschap is georganiseerde common sense (Nagel, 1961), soms zelfs zoals wel eens van de economie wordt gezegd: 'common sense made difficult'.

Het is niet de juistheid, de ingewikkeldheid, de verstaanbaarheid of de praktische betekenis doch de toetsbaarheid die de belangrijkste onderscheiding vormt tussen common sense en wetenschap.

'Als de zwaluwen laag vliegen komt er slecht weer' is een niet toetsbare common sense uitspraak. Als we aannemen dat geen misverstand kan ontstaan over wat zwaluwen precies zijn dan heeft de uitspraak op het punt van de toetsbaarheid drie ernstige gebreken. Dit laat zich het best illustreren aan het geval dat men gisteren, naar de lucht kijkend, tot de uitspraak was gekomen terwijl vandaag nog geen drop regen is gevallen.

De 'waarheid' van de uitspraak kan echter altijd worden gered. Immers:

- *Laag* is niet gespecificeerd. Ze vlogen wel wat lager dan anders maar toch niet zo heel erg laag bij nader inzien.
- *Wanneer* het slechter weer komt is niet gespecificeerd. Ja, vandaag is het nog wel redelijk, maar het wordt nog wel slechter.
- *Slecht* weer is niet gespecificeerd. Nou, het is weliswaar niet bar slecht, maar toch ook niet zo goed, en in elk geval wel minder dan gisteren.

Ook als de uitspraak zó zou zijn geformuleerd dat aan de toetsbaarheidseis was voldaan zou men er, uit wetenschappelijk oogpunt, nog niet tevreden mee zijn. Wetenschappelijk bezien zou er een verklaring van het verband tussen het lage vliegen van de zwaluwen en het daarop volgen van het slechter weer worden verwacht.

Wetenschappelijke uitspraken verschillen dus van common sense uitspraken

voornamelijk doordat ze toetsbaar zijn en doordat er systematisch wordt gezocht naar toetsbare verklaringen van de verschijnselen.

Juist de behoefte aan verklaringen, die zowel systematisch zijn als controleerbaar door feitelijke evidentie, is de bestaansreden van wetenschap.

Een tweede voorbeeld illustreert speciaal enkele terminologische vereisten die het gevolg zijn van de toetsbaarheidseis.

De alledaagse ervarings-uitspraak: 'Water bevriest als het voldoende wordt afgekoeld' schijnt op het eerste gezicht duidelijk. De term water wordt echter gebruikt voor het aanduiden van een verscheidenheid van vloeistoffen die belangrijke fysisch-chemische verschillen vertonen (b.v. regenwater, rivierwater, bronwater, zeewater) terwijl stoffen die niet of minder verschillen in fysisch-chemische samenstelling, niet of minder vaak worden aangeduid als water (zweet, vruchtensap, soep, coca-cola). Evenzo is de term voldoende, niet precies genoeg. De termen van het alledaagse spraakgebruik zijn niet precies en missen voorts de specificiteit nodig om fijnere klassifikaties te maken. En dat is nodig ter aanduiding van geringe maar belangrijke verschillen tussen deze klassen. Een gevolg van deze vaagheid is dat een kritische toetsing onmogelijk wordt. Als een vloeistof wordt afgekoeld en hij bevriest niet dan zijn er twee mogelijkheden. Men besluit dat de vloeistof geen water is, óf de afkoeling was niet voldoende. In een extreem geval wordt zodoende de uitspraak onweerlegbaar. Een wetenschappelijke uitspraak moet kritisch kunnen worden getoetst, hetgeen nauwkeurige begrippen vereist. Een wetenschap specificeert welke afwijkingen toelaatbaar zijn.

Samenvattend zouden we een wetenschap kunnen omschrijven als een coherent en consistent stelsel van toetsbare uitspraken over de wereld. Deze omschrijvingen zijn niet allemaal van toepassing op niet-empirische wetenschappen. In de context van een betoog over een integrale organisatiekunde kunnen we discussie over dit punt zonder bezwaar als minder relevant achterwege laten.

### 3.2.1. *Verklaren en voorspellen*

Volgens Hempel (1965) hebben een wetenschappelijke voorspelling en een wetenschappelijke verklaring een identieke structuur. Dat wil zeggen dat de logische vorm van de verklaring en de voorspelling overeenstemmen. Dat houdt niet in dat er tussen verklaren en voorspellen geen verschillen zijn zoals dadelijk nader zal worden toegelicht.

Een (wetenschappelijke) verklaring bestaat uit twee componenten, het explanans en het explanandum. Geschematiseerd ziet een verklaring er als volgt uit:

$$\begin{array}{l} \text{beginkondities } C_1, C_2, C_3 \dots C_K \\ \text{wetten } L_1, L_2, \dots L_R \\ \text{logische deductie} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} C_1, C_2, C_3 \dots C_K \\ L_1, L_2, \dots L_R \end{array}} \right\} \text{explanans} \\ \hline E \qquad \text{explanandum}$$

Hierin zijn  $C_1, \dots, C_K$  uitspraken over feiten (bv. de plaats en de momenten van bepaalde hemellichamen op zeker tijdstip  $t_1$ ) en  $L_1, \dots, L_R$  algemene wetten (bv. de mechanica van Newton).  $E$  (het explanandum) kan logisch worden afgeleid uit het explanans en is de uitspraak die moet worden verklaard (bv. de plaats van een der hemellichamen op zeker tijdstip  $t_2$ ).

Terugkomend op de these dat zowel de verklaring als de voorspelling een dergelijke structuur bezitten zal nu een enkel punt van verschil aan de orde komen.

Allereerst is daar het in het oog lopende pragmatische verschil van de tijd. Verklaaren geschiedt achteraf en voorspellen geschiedt vooraf.

Van de verklaring zowel als van de voorspelling wordt geëist dat het explanans geen kontradikties bevat. Is hieraan niet voldaan dan kan elke willekeurige uitspraak uit het explanans worden afgeleid.

Een uitspraak is echter niet verklaard indien zij logisch korrekt uit een consistente explanans is afgeleid. Men eist eveneens dat op de wetten  $L_1, \dots, L_R$  in het explanans kan worden vertrouwd. Dat wil zeggen dat ze reeds veelvuldig aan toetsing zijn onderworpen en daarbij nimmer zijn gefalsificeerd. In meer technische termen wordt dus bij de verklaring geëist dat de wetten een hoge graad van confirmatie hebben. Deze eis wordt bij de voorspelling niet gesteld. Indien men immers een wet wil toetsen doet men dat door er een voorspelling mee te doen en te kijken of ze uitkomt.

Hempel (1965) noemt deze procedure van de verklaring (c.q. voorspelling) deductieve systematisering. Meer in systeemtermen zou men van deterministische systematisering kunnen spreken. Analoog aan de deterministische systematisering bestaat er een statistische of probabilistische systematisering. Daarbij zijn de wetten  $L_1, \dots, L_R$  van statistische aard zodat over het explanandum slechts in statistische termen kan worden gesproken. Hempel

noemt de statistische versie van het verklaringsschema inductieve systematisering. Dit is verwarrend. Daarom zullen we ons tot de term statistisch beperken.

Tenslotte twee voorbeelden van verklaringen.

#### Voorbeeld 1

$C_1$ : De temperatuur van een bak water is  $100^\circ\text{C}$  onder overige kondities  $K$  (bv. luchtdruk etc.).

$L_1$ : Water van  $100^\circ\text{C}$  onder kondities  $K$  kookt.

$E_1$ : Het water in de bak kookt.

#### Voorbeeld 2

$C_2$ : Twee puntmassa's bevinden zich op afstand  $r$ , hun massa's zijn  $m_1$  en  $m_2$ .

$L_2$ : De aantrekkingskracht tussen twee puntmassa's  $M_1$  en  $M_2$  afstand  $R$  is gelijk aan  $C \frac{M_1 M_2}{R^2}$

$E_2$ : De puntmassa's  $m_1$  en  $m_2$  trekken elkaar aan met een kracht  $C \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Deze voorbeelden suggereren reeds een verschil tussen wat in de volgende paragraaf zal worden aangeduid met de term empirische generalisatie (vb. 1) en de theoretische wet (vb. 2).

### 3.2.2. Theorieën

Men kan in de organisatie van ervaring, die wetenschap wordt genoemd, twee niveaus onderscheiden (zie par. 3.2.1.): Het (lagere) niveau van de experimentele wet (experimental law) en het (hogere) niveau van de theorie (Nagel, 1961). Hempel (1965) spreekt in dit verband van empirische generalisatie enerzijds en theorievorming anderzijds. Het onderscheid berust volgens Nagel (1961) op het feit dat een empirische generalisatie een rechtstreekse (direkte) relatie formuleert tussen waarneembare verschijnselen in tegenstelling tot de theoretische wet. Voorbeelden van empirische generalisaties zijn bijvoorbeeld 'water kookt bij  $100^\circ\text{C}$ '; 'alle mensen wegen minder dan  $750\text{ kg}$ '; 'kinderen jonger dan 2 weken kunnen niet spreken'.

Voorbeelden van theoretische wetten zijn: 'De aantrekkingskracht tussen twee puntmassa's op afstand  $R$  is gelijk aan  $F$ '; 'De kracht werkend op een

elektron in een homogeen elektrisch veld ter grootte van  $E$  is  $F'$ .

Nu is het onderscheid tussen wel en niet waarneembare zaken minder eenvoudig dan men op het eerste gezicht zou denken. Als een sterrekundige op zoek is naar een bepaalde ster en hij vindt deze, dan zal hij rapporteren de ster te hebben waargenomen. Strikt genomen was wat hij zag een lichtvlekje in zijn kijker. Bij een strikte interpretatie van de term waarneembaar zou de sterrekundige dan ook niet van waarnemen hebben mogen spreken. In de volgende paragraaf wordt op deze materie iets verder ingegaan omdat dat vanzelfsprekend nodig is indien men de verhouding tussen de theorie en de empirie aan de orde wil stellen. Hier zij echter reeds opgemerkt dat een enge interpretatie van de term waarneembaar naar ons oordeel te beperkt is.

Voor het formuleren van wetten kunnen nu, naast de logische konstanten, twee soorten termen worden gebruikt: de observationele (waarneembare) termen en de theoretische (niet waarneembare) termen.

Een wet heet dan ook experimenteel indien er geen theoretische termen in voorkomen. Alle andere wetten zijn theoretisch.

Men kan zich afvragen of het nodig is theoretische termen in te voeren aangezien toetsing van deze wetten slechts mogelijk is op basis van daarvan afgeleide empirische wetten. Anders gezegd: indien wetenschap gesystematiseerde ervaring is en dus berust op relaties tussen observationele termen, kan dan niet worden volstaan met deze observationele termen? Het is evident, dat het invoeren van hypothetische (niet observationele) termen (bv. elektron, atoom, ego, motivatie) voor de ontwikkeling van de wetenschap van groot nut is. Hempel (1965) onderzocht de vraag of theoretische termen kunnen worden gemist en komt tot een genuanceerde konklusie, die naar de ontkenkende kant tendeert.

Afgezien van de logische mogelijkheid of onmogelijkheid komt het ons voor dat het elimineren van niet-observationele termen bv. voor de fysica rampzalig zou zijn. Daarom gaan we er, ons aansluitend bij Hempel (1965), van uit dat theoretische termen in een wetenschap een zeer nuttige functie vervullen.

De observationele termen vormen samen met de theoretische termen het vocabulaire van de theorie. Met behulp van dit vocabulaire en de nodige logische konstanten, worden de theoretische en de experimentele wetten en tenslotte de zgn. korrespondentieregels geformuleerd. Deze korrespondentieregels (ook wel operationele definities, interpretatieregels, koördinerende definities of semantische regels geheten, zie Nagel, 1961) vormen de band



tussen uitspraken in de theoretische taal enerzijds en die in de observatietaal anderzijds.

Als men het vocabulaire van een theorie beziet dan blijkt dat de meeste termen (de afgeleide termen) per definitie zijn vastgelegd. Enkele termen echter (de primitieve termen) zijn ongedefinieerd. Dit geldt analoog voor de verzameling uitspraken. Zij bestaat uit primitieve en uit afgeleide uitspraken.

Het is illustratief deze verzameling termen met onderlinge relaties (uitspraken, definities en korrespondentieregels) als systeem te beschouwen. Het is dan inzichtelijk dat de betekenis van de termen gegeven is in de relaties met de andere termen. De betekenis van termen vormt een belangrijk onderdeel van de discussie in de rest van dit hoofdstuk.

### 3.2.3. *Theorie en empirie*

In de geschiedenis van de wetenschapsleer zijn vele voorstellen gedaan van criteria voor empirische betekenis. De ontwikkeling hierin is niet zonder belang voor het bepalen van de methodologische status van de systeemleer alsook voor het vraagstuk van de integratie van disciplines.

Lakatos (1970) geeft een voor dit doel relevante schets.

Voor de klassieke empiristen was een universele uitspraak empirisch dan en slechts dan indien ze kon worden bewezen uitgaande van een beperkt aantal feiten waarvan onmiddellijk aan de ervaring vaststelbaar was of ze juist dan wel onjuist waren.

Voor deze bewijsvoering was, aldus de klassieke empiristen, een nieuwe, een inductieve logica nodig. Het is van belang op te merken dat deze feiten onafhankelijk van de theorie gedacht werden.

Toen werd aangetoond dat het verifiëren van theorieën niet mogelijk was probeerde men de waarschijnlijkheid van een theorie te bepalen. Ook deze suggestie heeft de toets der kritiek niet doorstaan. Men kan niet alleen niet bewijzen dat een theorie juist is, men kan evenmin een waarschijnlijkheid van juistheid bepalen. Alle theorieën zijn even onwaarschijnlijk.

Een belangrijke derde suggestie is die van het falsificeren. Dit berust op de gedachte dat vaststelbaar is of een theorie onjuist is. Lakatos spreekt hier terecht over het naïeve falsificationisme omdat de feiten die de theorie konden weerleggen nog steeds als hard, onveranderlijk, en vooral onafhankelijk van een theorie werden gezien.

In de voorgaande paragraaf werd echter reeds opgemerkt dat de feiten niet zo hard en onveranderlijk zijn als ze lijken. Enerzijds zijn deze feiten nimmer los te zien van een theoretische interpretatie (zie bv. Kemeny, 1967), terwijl anderzijds het theoretische uitgangspunt mede bepalend is voor datgene wat zal worden waargenomen. Zoals Popper (1961) stelt: 'Theories are nets cast to catch what we call 'the world': to rationalise, to explain and to master it. We endeavour to make the mesh even finer and finer' en '... our ordinary language is full of theories; that observation is always observation in the light of theories ...'.

Een theorie is als een bril, ze selecteert uit de werkelijkheid en vervormt ze. Daarmee is het geloof in de theorie-onafhankelijkheid van feiten aan het wankelen gebracht. De waarheid van de feiten *zélf* staat ter discussie. Men kan een theorie weerleggen indien men van de waarheid van de feiten uitgaat. Deze waarheid staat echter nimmer met zekerheid vast. Definitieve weerlegging van een theorie is daarmee onmogelijk.

De situatie wordt door Lakatos treffend beschreven: 'Scientific theories are not only equally improvable, and equally improbable, but they are also equally undisprovable' (Lakatos, 1970).

De mogelijkheden van harde criteria voor empirische betekenis lijken hiermee uitgeput. Popper heeft evenwel een verfijnder vorm van het falsificationisme voorgesteld. De sleutel ligt in de erkenning dat feiten niet los zijn te zien van theorieën en men *wél* een theorie kan weerleggen als men uitgaat van de waarheid van bepaalde observatieuitspraken.

Er is een methodologische beslissing van de onderzoeker vereist. Hij zal moeten beslissen dat hij de waarheid van die theorieën die verweven zijn met de waarnemingsuitspraken voor de onderhavige toetsing niet in twijfel trekt. Op deze wijze is een konditionele weerlegging van de theorie mogelijk.

Konkluderend zij opgemerkt dat er geen onafhankelijke observatietaal bestaat. Het onderscheid tussen theoretische en observatietaal moet daarom worden herzien. Wat als observatie zal gelden hangt af van de methodologische beslissing van de onderzoeker. Daarmee heeft de keuze van het theoretisch vocabulaire invloed op de waar te nemen feiten.

In twee opzichten wordt hierop later nader ingegaan. In par. 3.3. worden opvattingen behandeld van Feyerabend die de afhankelijkheid zeer sterk doortrekt hetgeen tot nogal absurde konklusies leidt. Tezamen met kritiek op Feyerabend van o.a. Kordig leiden ze echter wel tot relevante inzichten

m.b.t. de vraag van de integratie van theorieën. In par. 3.5. komt de methodologische status van de systeemleer aan de orde. Daar zullen de voor de methodologische status van de systeemleer relevante elementen uit de methodologische overwegingen worden samengebracht.

#### 3.2.4. *Waardeoordelen*

Bij het bedrijven van wetenschap kunnen waardeoordelen op verschillende manieren een rol spelen.

Volstrekt duidelijk is de waardegebondenheid van wetenschap indien men haar toepast. Hierover bestaat geen verschil van mening. Het karakter van een praxeologie maakt deze waardegebondenheid duidelijk (zie par. 2.3.2.).

De beslissingen omtrent de richting waarin het wetenschappelijk onderzoek zal gaan, zijn waardegebonden omdat het beslissingen zijn. In het bijzonder heeft de richting waarin gewerkt wordt invloed op de resultaten welke niet voor elk maatschappelijk doel even bruikbaar zijn. In discussies over de maatschappelijke relevantie van de wetenschap speelt dit een grote rol. Ook echter op kleinere schaal speelt een dergelijk effect. Elke richtingsbepaling van een onderzoek kan betekenen dat de resultaten veranderen in termen van bruikbaarheid voor een stel doelstellingen. Hoe precies is niet alleen meestal niet bekend, maar tevens vooraf niet vaststelbaar. De geweldige problemen die zich voordoen indien men het onderzoek bewust vanuit maatschappelijke waarden wil besturen zullen hier niet worden besproken.

Ook de keuze van de terminologie is niet waarde vrij. Het gaat niet alleen om de tautologische vaststelling dat een keuze een waarde inhoudt. Hier gaat het om het verschijnsel dat een theoretische optiek, die deels in de terminologie is verscholen, mede bepalend is voor datgene wat wordt waargenomen. Als er bijvoorbeeld waarden rondom harmonie en evenwicht zijn verscholen in de systeemterminologie dan zal vanuit deze optiek de wereld een harmonieus gezicht tonen.

Dit aspect speelt natuurlijk niet alleen een rol bij de theoretische termen doch ook bij de observatietermen omdat theorie-onafhankelijke of algemener context-onafhankelijke observatietermen niet bestaan (zie par. 3.2.3.).

Segers (1970) merkt in dit verband op: '... dat de al dan niet expliciet aanwezige theoretische gezichtspuntsbepaling a-priori oordelen bevat over de relevantie van de gekozen gezichtshoek en over de eigenschappen, die inzicht

kunnen geven in het probleem. Kort en duidelijk: de theoriekeuze is niet waardevrij.

Ons standpunt t.a.v. deze materie is, dat de onderzoeker zich van deze invloeden bewust moet zijn. Kritisch onderzoek is daarvoor vereist. Met name de laatst genoemde invloed van waardeoordelen is daarbij van groot belang. Een complicatie die met name optreedt bij de sociale wetenschappen, in het bijzonder bij de organisatie-theorie, is het feit dat het fenomeen organisatie mede is ontworpen op grond van normatieve opvattingen. Praktische beslissingen tot het nemen van bepaalde organisatorische maatregelen stoelen immers impliciet of expliciet op de gedachte dat deze maatregelen een gunstig gevolg hebben op het functioneren van de organisatie gemeten naar een bepaald criterium. Hierin, evenals in de beperkingen die de organisatie-ontwerper zich oplegt bij het ontwerpen, liggen opvattingen, omtrent behoren, omtrent doelstellingen, besloten.

Men zegt wel dat het veld niet waardevrij is.

### 3.2.5. *Over de terminologie*

Op verschillende plaatsen is het vraagstuk van de wetenschappelijke taal, van de terminologie aangestipt.

Er is gesproken over de communicatie tussen disciplines en over de communicatie tussen theoretikus en praktikus. De betekenis van een terminologie als voorwaarde om tot theorievorming te geraken is aangestipt. Het verband tussen theoretische termen en observationele termen en het vraagstuk van de operationalisering is aan de orde geweest. De noodzaak van scherpe begripsafbakening en de betekenis van een terminologie als wetenschappelijk gereedschap werd besproken. Men kan zich afvragen of het nodig is in een afzonderlijke paragraaf hernieuwde aandacht te schenken aan deze onderwerpen. Ik meen van wel, omdat de later te bespreken systeemleer stoelt op, en voor een deel bestaat uit, een terminologie.

Een terminologie is méér dan het resultaat van een afspraak. Het reeds eerder aangehaalde citaat van Mag maakt dit duidelijk.

Hij stelt: 'Die Grundauffassung über ein Problem oder einen Gegenstand schlägt sich in konzentrierter Form in der Definition nieder, und insofern zeigen Begriffsunterschiede auch gleichzeitig Auffassungsunterschiede' (Mag, 1969).

Vanwege het grote belang van een terminologie zal daarom nu worden ingegaan op de eisen waaraan deze moet voldoen. Daarbij wordt stilzwijgend aangenomen dat een terminologie een noodzakelijke doch niet voldoende voorwaarde is om te geraken tot een praxeologie.

*Een terminologie moet een zekere samenhang vertonen*

Het gaat te ver om te eisen dat een terminologie axiomatisch is opgebouwd uit primitieve en gedefinieerde termen. Een zekere samenhang tussen de begrippen is echter gewenst. De argumentatie daarvoor luidt als volgt. Zoals eerder opgemerkt is, hebben begrippen uit een empirische theorie zowel een empirische inhoud als een theoretische inhoud. Deze laatste ontlenen zij aan de relaties met andere begrippen. Deze theoretische inhoud van een begrip is om drie samenhangende redenen van eminent belang (zie ook Hempel, 1952).

In de eerste plaats zal een begrip met een rijke theoretische inhoud geschikter zijn voor het formuleren van hypothesen met een groot bereik, aangezien verbanden worden gelegd met al die hypothesen in de theorie, die worden geformuleerd met behulp van begrippen die met het betreffende begrip samenhangen.

In de tweede plaats is een theoretische inhoud te beschouwen als een beperking t.a.v. de klasse van mogelijk empirische interpretaties. Het is juist principieel deze beperking die het mogelijk maakt empirisch betekenisvolle hypothesen te formuleren. M.a.w. theoretische stelsels met een geringe coherentie leggen weinig beperkingen op aan de klasse van mogelijke interpretaties en zijn daarom een zwak theoretisch gereedschap.

Ten derde is een zekere onderlinge samenhang nodig wanneer wij bedenken dat de terminologie ook theoretische, niet observationele termen bevat. Deze krijgen slechts een (indirekte) empirische inhoud door de relaties met observationele termen.

Samenvattend kan worden gesteld dat een terminologie, wil deze als wetenschappelijk gereedschap voldoende bruikbaar zijn, een zekere coherentie moet bezitten.

*Een terminologie moet consistent zijn*

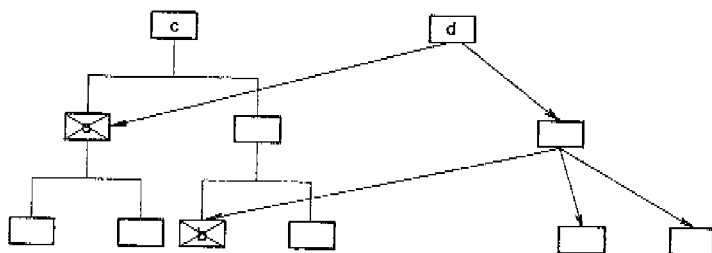
De eis van consistentie houdt in dat alternatieve definities slechts toelaatbaar zijn indien ze niet strijdig zijn. In het geval van een axiomatisch opgebouwde theorie is de eis strenger. Daar moeten alternatieve definities tot dezelfde volzin van primitieven kunnen worden herleid. Definities die aan deze laatste strenge eis voldoen, nominale of stipulatieve definities, zullen een belangrijk

aandeel uitmaken van de later te ontwikkelen systeemleer.

Nominale definities zijn elimineerbaar. De introductie van nieuwe begrippen door middel van nominale definities is bepaald meer dan een willekeurige afspraak.

Zo mag een definitie niet leiden tot tegenspraak. Dit impliceert volgens Hempel (1952) dat een definitie slechts toelaatbaar is, indien de theorie een axioma of een stelling bevat die de definitie rechtvaardigt.

In een axiomatisch opgebouwde formele organisatie-theorie zou men bijvoorbeeld de notie NS (a, b) kunnen definiëren als het totale aantal ondergeschikten van de naasthogere gemeenschappelijke chef van a en b (a en b verschillend). Dit zou tot tegenstrijdigheden aanleiding geven bij een functionele organisatie, aangezien daar de naasthogere gemeenschappelijke chef niet eenduidig bepaald is, omdat zowel c als d bedoeld kunnen worden (fig. 3.1.). Dit voorbeeld licht toe dat definities niet naar willekeur kunnen worden gekozen.



Figuur 3.1. Zie tekst voor toelichting.

Een belangrijke eis is tenslotte de niet-kreativiteits eis. Deze houdt in dat de introductie van nominale definities niet mag leiden tot de mogelijkheid stellingen te bewijzen die zonder die definitie niet bewezen kunnen worden.

#### *Een terminologie moet precies zijn*

Het is van belang dat begrippen zo precies mogelijk zijn geformuleerd. Indien hypothesen worden geformuleerd dan wordt daarvan geëist dat ze falsificeerbaar zijn. Daarvoor is nodig dat de definitie zo goed mogelijk vastlegt wanneer een zekere term wel, en wanneer ze niet van toepassing is.

Bij het geven van operationale definities van termen die in een hypothese voorkomen bestaat een zekere keuzevrijheid. Deze keuzevrijheid is begrensd doordat de termen in de theorie onderling zijn verbonden. Hoe preciezer de terminologie hoe minder keuzevrijheid voor de operationele definities.

*Een terminologie moet vruchtbaar zijn*

De vruchtbaarheid houdt in dat de terminologie geschikt moet zijn voor de beschrijving van de te bestuderen verschijnselen. Hierbij moet worden bedacht dat de te bestuderen verschijnselen mede afhankelijk zijn van de terminologie en daarmee van het gekozen theoretische gezichtspunt (zie par. 3.2.3.).

*Een terminologie moet voldoende graden van vrijheid bevatten*

De gekompliceerdheid van modellen en theorieën is begrensd door de gekompliceerdheid en genuanceerdheid van de voorhanden terminologie. Enigszins naïef zou de wens van voldoende vrijheidsgraden in de terminologie voortspruiten uit de nu volgende simpele redenering.

Aangezien de werkelijkheid ingewikkeld is, er allerlei nuances in voorkomen enz. is het ter beschrijving daarvan nodig te beschikken over een terminologie die eveneens gekompliceerd en genuanceerd is.

De gekompliceerdheid van de werkelijkheid kan echter niets anders zijn<sup>1</sup> dan de gekompliceerdheid van de modellen en theorieën welke omtrent die werkelijkheid bestaan.

Daarom stel ik de eis van vrijheidsgraden (of systeemtheoretisch: variety) eenvoudigweg omdat de mogelijkheid veel verschillende en ingewikkelde modellen te kunnen bouwen gewenst lijkt.

*Kommunikatie*

De eisen van coherentie, consistentie, precisie, vruchtbaarheid en vrijheidsgraden sproten voort uit eisen die gesteld worden aan, en verwachtingen die men koestert van theorieën. Het zijn methodologische eisen die voorbijgaan aan de terminologie als communicatiemiddel tussen mensen. Ze beperken zich tot wat men zou kunnen noemen de communicatie tussen theorie en empirie. Het criterium van de falsificeerbaarheid speelde hierbij een belangrijke rol.

Het is niet nodig te betogen dat de communicatie tussen wetenschappers niet alleen op zichzelf essentieel is, doch tevens noodzakelijk vanwege de feilbaarheid van de onderzoeker.

Ook deze communicatie tussen wetenschappers kan worden gezien in het licht van de falsificeerbaarheid. Het probleem met betogen die onwetenschappelijk zijn, is juist dat er zo moeilijk vat op is te krijgen.

De drie vormen van communicatie, tussen theorie en empirie, tussen weten-

1. Althans in mijn wetenschapsovatting.

schappers onderling en tussen theoreticus en practicus, kunnen echter worden gerangschikt naar prioriteit.

Een terminologie moet allereerst voldoen aan de eisen afgeleid uit de noodzaak van 'kommunikatie' met de empirie; vervolgens voldoen aan de eisen afgeleid uit de noodzaak van kommunikatie met de kollega's onderzoekers (het Forum) en tenslotte, voorzover dat niet in strijd is met prioriteiten van hogere orde, moet de terminologie in staat stellen met de practicus te communiceren.<sup>1</sup> Daar zit nu precies de pijn. Het is de practicus die de meeste veren moet laten.

Stellig is er soms sprake van vakjargon waarvan de gekompliceerdheid niet gewettigd is vanuit methodologische eisen. Een wetenschappelijke terminologie kan ook nodeloos gekompliceerd zijn. Bezwaren daartegen zijn stellig terecht. Het voorgaande moge evenwel hebben verduidelijkt dat de eisen die aan het wetenschappelijk taalgebruik moeten worden gesteld noodzakelijkerwijze niet in de eerste plaats de verstaanbaarheid in de praktijk betreffen. De problemen die hiervan het gevolg kunnen zijn moeten niet door wijziging van de terminologie doch door andere maatregelen worden opgelost.

Kommunikatie is in principe een zaak van de zender én de ontvanger. Als de ontvanger de practicus is, zou hij er baat bij vinden zich de taal van de wetenschap eigen te maken. Indien men zich in het onderwijs hiervan bewust is en daarnaar handelt zal de verstaanbaarheid tussen theoreticus en practicus vanzelf beter worden. De taal van de practicus is dan immers die van de wetenschap.

In dit scholingskader moet ook worden gedacht aan kursussen, postdoctorale opleidingen en konferenties.

Tenslotte wordt nog gewezen op de vertaalfunctie die wordt uitgeoefend door bv. staforganen en adviesbureaus en op, niet het onbelangrijkst, het verantwoord populariseren van wetenschap.

### *Formalisering en wiskunde*

Aan de methodologische vereisten van een terminologie kan mede door formalisering van de terminologie worden tegemoet gekomen. In dit verband wordt niet aan de strikt filosofische betekenis van formaliseren gedacht. Bij formaliseren in de betekenis die het hier heeft gaat het om precieze definities, gebruik van symbolen en andere formele middelen e.d.

1. Er wordt nogmaals op gewezen dat de theoreticus en de practicus heel wel dezelfde persoon kunnen zijn.



Suppes (1968) noemt als voordelen van formalisering het expliciete karakter, de standaardisering, de algemeenheid, de objectiviteit, het expliciet worden van impliciete onderstellingen en het expliciet worden van de minimaal nodige vooronderstellingen. De overeenkomst tussen deze eigenschappen en de methodologische eisen is niet moeilijk in te zien.

Bij het formaliseren speelt de wiskunde een belangrijke rol. Als communicatiemiddel is de wiskunde in zeker opzicht een *esperanto* der wetenschap (wiskunde als taal). Daarnaast bestudeert de wiskunde abstracte, niet-empirische structuren die veelal model kunnen staan voor empirische verschijnselen. Men kan dan óók gebruik maken van het deductieve apparaat van de wiskunde (wiskunde als 'tool'). Op grond van deze overwegingen zal in een later stadium van deze verhandeling gebruik worden gemaakt van wiskunde, in eerste instantie als taal ten behoeve van de vorming van een terminologie van een systeemleer. Met nadruk zij nogmaals vermeld dat een terminologie die aan die te stellen eisen voldoet een *conditio sine qua non* is voor een toepasbare theorie op het gebied van de organisatiekunde.

Twée aspecten van het hanteren van de wiskunde moeten nog worden aangestipt. En wel de onjuiste opvatting dat de wiskunde geschikt is voor de kwantitatieve doch niet voor de kwalitatieve aspecten, en de vraag naar de mathematiseerbaarheid van *alle* wetenschap.

Indien m.b.t. het eerste aspect de hypothese wordt geformuleerd dat 'kwalitatieve verschijnselen niet toegankelijk zijn voor wiskundige behandeling', bestaat bij operationalisering het gevaar, dat de hypothese onweerlegbaar wordt. Het lijkt erop dat men, veelal impliciet, kwalitatief definieert als datgene wat niet wiskundig grijpbaar is. In dat geval is de uitspraak tautologisch.

Men kan echter kwalitatief definiëren als niet-metrisch.

De betekenis van de term niet-metrisch onlenen we aan de meettheorie. Veelal noemt men daarbij nominale en ordinale meetschalen niet-metrische schalen. Bij deze betekenis van de term kwalitatief kan de hypothese worden vertaald in: Verschijnselen die meetbaar zijn op nominaal en/of ordinaal niveau, zijn niet toegankelijk voor wiskundige behandeling. Deze stelling is onjuist. In de meet-theoretische literatuur wordt dit expliciet gedemonstreerd (zie bv. Suppes en Zinnes, 1963; Pflanzagl, 1968; Ellis, 1968). Zoals Hurwicz opmerkt: 'Actually, modern mathematics has the apparatus and flexibility for dealing with what one may view as 'qualitative phenomena' (Hurwicz, 1963).

In dit verband zijn de opmerkingen van Hayes (1969) relevant. Hij be-

argumenteert de waarde van kwantitatieve modellen ten behoeve van kwalitatieve inzichten.

'I believe that the greatest impact of the quantitative approach will not be in the area of problemsolving, although it will have growing usefulness there. Its greatest impact will be on problem formulation: the way managers think about their problems – how they size them up, bring new sights to bear on them, relate them to other problems, communicate with other people about them, and gather information for analysing them.'

De vraag naar de mathematiseerbaarheid van de wetenschap is aan de orde gesteld in een enquête verzorgd door Blanco en Bosque (1969). Als een samenvattende vraag formuleren zij zelf: 'Gibt es etwas, das wissenschaftlich ist und nicht mathematisch ausgedrückt werden kann? Was ist dieses Etwas?' De opvattingen van de respondenten, die allen grote faam genieten, lopen zoals mede op grond van het niet aanduiden van wat onder wetenschappelijk en onder wiskundig moet worden verstaan kan worden verwacht, nogal uiteen. Ook hier bestaat het gevaar dat de uitspraak tautologisch wordt, met name dán wanneer men datgene wetenschappelijk noemt wat toegankelijk is voor wiskundige beschrijving. Blanco en Bosque geven deze tekortkoming ruiterlijk toe.

Zij trachten, hiermede rekening houdend, de antwoorden te interpreteren en tot een synthese te geraken en konkluderen dat de meningen m.b.t. deze vraag integreerbaar zijn. Zij menen, dat alle respondenten het erover eens zijn, dat de vraag bevestigend moet worden beantwoord. Met name is, naar hun opvatting, die tevens een interpretatie is van de antwoorden, de schakel tussen theorie en empirie niet volledig mathematiseerbaar. De stelling lijkt mij juist. Dit neemt overigens niet weg dat pogingen om méér te mathematiseren door ons positief worden beoordeeld. Fraai wordt de stelling geïllustreerd door de meettheorie van Suppes en Zinnes (1963). Daarin wordt meten beschouwd als het afbeelden van een empirisch in een numeriek relationeel systeem. Het empirisch relationeel systeem wordt echter axiomatisch vastgelegd en is daarmee binnen het domein van de wiskunde gelegen. De band met de empirie kan slechts worden gelegd door een empirische en niet mathematische meetprocedure zoals bijvoorbeeld: 'Ga na hoeveel malen een zeker standaardobject (de 'eenheid') kan worden afgepast op het te meten fenomeen.' Ostensieve definities zijn onmisbaar. De resultaten van deze beschouwingen zullen ons helpen bij een beschouwing over de methodologische status van de systeemleer die wij voorstaan.

## 3.3. OVER INTEGRATIE VAN THEORIEËN

In deze paragraaf zal aannemelijk worden gemaakt, dat integratie van theorieën de oorspronkelijke theorieën in beginsel niet onaangestast laat. De begrippen uit de terminologie van een empirische theorie bezitten een theoretische en een empirische inhoud. Ze ontleen deze aan de relatie met de empirie en/of aan de relatie met andere begrippen. Door het koppelen van twee of meer van deze netwerken verandert derhalve de empirische inhoud en/of de theoretische inhoud van de begrippen.

In een reeks inspirerende essays beargumenteert Feyerabend de onhoudbaarheid van twee uitgangspunten van het hedendaagse empirisme: De consistentie-konditie en de konditie van de betekenis-invariantie (Feyerabend, 1962, 1963, 1964, 1965a, 1965b, 1965c, 1967). De consistentie-konditie houdt in: elke nieuwe algemenere theorie moet de oudere theorieën die op hetzelfde domein betrekking hebben in zich bevatten, dan wel ermee consistent zijn.

De konditie van de betekenis-invariantie houdt in, dat de betekenis van de termen uit de nieuwere theorie, die afkomstig zijn uit oudere theorie(ën), niet mag veranderen. Het hanteren van deze twee kondities leidt tot wat Feyerabend een theoretisch monisme noemt.

We zijn weliswaar door de methodologische vraagstukken die samenhangen met de systeemleer en de integrale benadering geïnteresseerd in de wetenschapsleer, doch ons kennisniveau op dit gebied is onvermijdelijk geringer dan dat van een vakfilosoof. Niettemin zijn de beschouwingen van Feyerabend voor het vraagstuk dat ons interesseert van dusdanig belang dat, op gevaar af de plank mis te slaan, van zijn bijdragen gebruik zal worden gemaakt.

Nu is het van belang te bedenken dat het meest essentiële van het wetenschappelijk bedrijf de mogelijkheid tot kritiek is. Veelal stelt men dat wetenschappelijke theorieën kritisch moeten worden getoetst aan de empirie door uit die theorieën afgeleide hypothesen met observaties te confronteren. In die visie vormen de feiten de kritische toetssteen voor theorieën. De feiten zijn echter niet autonoom.

Feyerabend (1965b) stelt: 'Facts and theories are much more intimately connected than is admitted by the autonomy principle. Not only is the description of every single fact dependent on some theory (which may, of course, be very different from the theory to be tested), but there also exist facts that cannot be unearthed except with the help of alternatives to the theory to be tested and that become unavailable as soon as such alternatives

are excluded. This suggests that the methodological unit to which we must refer when discussing questions of test and empirical content is constituted by a whole set of partly overlapping, factually adequate, but mutually inconsistent theories; in short, it suggests a theoretical pluralism as the basis of every test procedure.<sup>7</sup>

Met betrekking tot twee aspecten zijn de opvattingen van Feyerabend van belang.

In de eerste plaats vormen zij een sterk argument tegen de stelling dat de integrale theorie de deeltheorieën onveranderd in zich moet bergen. In de tweede plaats lijkt het theoretisch pluralisme, dat Feyerabend voorstaat, niet in overeenstemming met de eenheidsidee van de systeemleer.

De tegenstelling behoeft echter geen volstrekte tegenstelling te zijn. De methodologische eis van het theoretisch pluralisme stelt echter wel eisen aan een systeemleer.

Daartoe wordt nu nader gezien wat de uitdrukking 'integratie van theorieën' in dit licht kan betekenen.

Het vraagstuk wordt benaderd door ervan uit te gaan dat er een integrale (empirische) theorie  $T^*$  is ontstaan, die pretendeert de deeltheorieën  $T_1, \dots, T_n$  te integreren. Vervolgens komt de vraag aan de orde wat voor eigenschappen de theorie  $T^*$  dan op zichzelf én met betrekking tot de deeltheorieën  $T_1, \dots, T_n$  moet bezitten.

Allereerst worden aan de (empirische) theorie  $T^*$  de voor een theorie gebruikelijke eisen gesteld zoals consistentie, coherentie en falsificeerbaarheid. Vervolgens moet worden bezien welke eigenschappen  $T^*$  ten opzichte van  $T_1, \dots, T_n$  moet bezitten.

Veronderstel dat de theorieën  $T^*, T_1, \dots, T_n$  betrekking hebben op de domeinen  $D^*, D_1, \dots, D_n$  en een verklaring bevatten van de klassen van observaties  $F^*, F_1, \dots, F_n$ . Het domein  $D^*$  van de integrale theorie  $T^*$  moet dan in elk geval de domeinen  $D_1, \dots, D_n$  omvatten. De eis dat van de klasse  $F^*$  de klassen  $F_1, \dots, F_n$  moet omvatten ligt dan voor de hand, doch leidt, indien het consistentiepostulaat en het postulaat der betekenis-invariantie wordt verworpen tot moeilijkheden. Dit zal bij de behandeling van de kritiek op Feyerabend worden toegelicht. Men kan dan ook niet de eis stellen dat de theorie  $T^*$  consistent is met de theorieën  $T_1, \dots, T_n$  noch dat de betekenis van de termen invariant is t.o.v. de betekenis die zij hadden in de deeltheorieën.

De theorie  $T^*$  leidt tot een herinterpretatie van de observaties uit de klasse  $F_1, \dots, F_n$ . Herinterpretatie kan, in een extreem geval, zelfs zover gaan, dat

elementen bij het, met de theorie  $T^*$  gegeven, nieuwe gezichtspunt als irrelevant terzijde worden geschoven. Zoiets is bijvoorbeeld gebeurd met het concept ether en het concept impetus. Vanzelfsprekend moet de theorie  $T^*$  in overeenstemming zijn met de aldus geherinterpreteerde klassen van observaties  $F_1, \dots, F_n$ . Dat de eis van consistentie en betekenis-invariantie met betrekking tot de integrale theorie niet gesteld kan worden, indien de theorieën  $T_1, \dots, T_n$  al niet aan die eisen voldoen spreekt vanzelf. Het is niet zinvol aan te nemen dat de organisatiekunde consistent is.

Feyerabend gaat in zijn beschouwingen inzake het theoretisch pluralisme nog verder. Hij stelt niet alleen dat de eisen van consistentie en betekenis-invariantie niet gesteld moeten worden, doch beargumenteert zelfs dat inkonsistentie en betekenisvariantie van waarde is, aangezien dit het vermogen van de nieuwe theorie om als kritische toetssteen te fungeren vergroot. Ter verduidelijking wordt een ruwe schets van de argumentatie van Feyerabend gegeven. Indien de theorie  $T$  kritisch moet worden getoetst, dan is een krachtiger methode dan confrontatie met feiten, de confrontatie met een andere theorie  $T^1$  wiens domein het domein van  $T$  omvat. Dit is met name hierom het geval, omdat de feiten, zoals die tot stand komen onder invloed van het gekozen gezichtspunt, door hun afhankelijkheid van de theorie minder geschikt zijn om als kritische toetssteen te dienen. Indien aan de nieuwe theorie  $T^1$  de eis van consistentie en betekenis-invariantie m.b.t. theorie  $T$  wordt gesteld, wordt de theorie  $T^1$  afhankelijk gemaakt van de theorie  $T$  en daarmee als kritische toetssteen van de theorie  $T$  minder bruikbaar.

Bij een konsekwente doortrekking van het gezichtspunt van Feyerabend blijken er evenwel grote problemen te ontstaan zoals in veel kritiek duidelijk wordt.

Vooraleer op deze kritiek kort zal worden ingegaan moet er op worden gewezen dat Feyerabend een representant vormt van een stroming, welke zich enigszins heeft afgezet tegen de logisch empiristische traditie. De exclusieve aandacht van de logisch empiristen voor het logisch mogelijke, betekende een verwijdering van het empirisch wetenschapsbedrijf zelf (Shapere, 1966). Als reactie daarop ontstond een grote belangstelling voor wetenschapsgeschiedenis, wetenschapspsychologie en wetenschapsociologie. In dit kader kwam een nieuwe visie op de wetenschap (als proces) naar voren waarbij verschijnselen als konformereren kwamen te staan naast konfirmeren. Sommige auteurs gaan zelfs zover, dat wetenschappelijke waarheid wordt geïdentifi-

ceerd met consensus tussen de vakbeoefenaren. Tot op zekere hoogte is dit ook wat Kuhn (1962) doet.

Deze ontwikkeling kan ook worden gezien in het licht van de steeds toenemende zwakte van de band tussen theorie en empirie in de criteria van verifikatie, waarschijnlijkheidstoevoeging, naïeve falsifikatie en methodologische falsifikatie (zie par. 3.2.3.). Men zou hieruit de konklusie kunnen trekken dat de rationele logische mogelijkheden om waarheid vast te stellen waren uitgeput zodat alleen nog waarheid bij consensus overbleef.

Hoe het ook zij, de kritiek op Feyerabend is deels kritiek op deze gehele stroming van revolutionair nieuwe ideeën over wetenschapstheorie, om een aanduiding van Kordig (1971) te hanteren. Strikt genomen impliceert Feyerabend's opvatting dat elke verandering van de context waarin een term zich bevindt tot een algehele wijziging van de term aanleiding geeft. Persoonlijk ben ik niet geneigd uit Feyerabend's essays zo'n radicale konklusie te trekken. Ook Shapere (1966) vraagt zich dit wel af. Systeemtheoretisch is zo'n radicale opvatting ook niet plausibel.

Hoe dan ook, in de filosofische discussie draait het nu net om die volledige betekenisverandering. Daarvoor geeft Feyerabend inderdaad wel aanleiding omdat hij beweert dat de meest radicale alternatieve theorie, met de meest drastische wijziging van de betekenis van de termen, in methodologisch opzicht het meest gewenst is.

Shapere (1966) en Kordig (1971) formuleren ernstige bezwaren tegen o.m. Feyerabend's inzichten.

Deze komen het best naar voren bij een radicale interpretatie van Feyerabend. Stel dat theorie  $T_1$  en  $T_2$  radikaal verschillen. Dan volgt daaruit onder meer:

- dat een discussie tussen aanhangers  $T_1$  en  $T_2$  niet vruchtbaar kan geschieden. Ze praten immers over geheel andere zaken omdat alle termen uit  $T_1$  in betekenis compleet verschillen van die in  $T_2$ ;
- dat niet meer op logische gronden kan worden beslist tussen  $T_1$  en  $T_2$ . Tengevolge van de volkomen verandering in betekenis kunnen  $T_1$  en  $T_2$  niet worden vergeleken;  
 $T_1$  en  $T_2$  zijn onvergelijkbaar;
- dat het idee van vooruitgang in de wetenschap op een fictie berust.

Dergelijke onwenselijke en onhoudbare implicaties van de these van een voi-

streckte revolutionaire betekenisverandering (bij Kuhn, 1962: paradigm-change) vormen naast weerleggingen van argumentaties de grondslag voor het verwerpen van Feyerabend's extreme opvattingen.

De kritiek op Feyerabend is tweeledig. Men weerlegt de these dat elke transitie van theorie  $T_1$  naar  $T_2$  gepaard gaat met radicale veranderingen in de betekenis van de termen. Bovendien toont men de methodologische ongewenstheid van zo'n radicale visie aan.

Niettemin erkennen zowel Kordig als Shapere de grote verdienste van de theoretici van de radicale betekenisverandering. Zij hebben tot een belangrijk inzicht geleid. En wel dat een transitie van de ene theorie naar de andere met betekenisveranderingen gepaard kan gaan. De problemen ontstaan echter indien iedere transitie met een volledige verandering gepaard gaat.

Systeemtheoretisch lijkt het plausibel te stellen dat een transitie van een theorie  $T_1$  naar een theorie  $T_2$  een wijziging van sommige termen kan inhouden (zie ook de uitwerking van het begrip relatie in par. 5.1.2.).

Het lijkt daarom verantwoord er vanuit te gaan dat integratie van theorieën  $T_1, \dots, T_n$  in theorie  $T^*$  niet mag vooronderstellen dat de theorieën  $T_1, \dots, T_n$  ongewijzigd in  $T^*$  worden opgenomen.

Met betrekking tot het theoretisch pluralisme lijkt een minder radicale opvatting dan die van Feyerabend zinvol. Een theoretisch pluralisme is methodologisch verdedigbaar indien het de mogelijkheid van vergelijking tussen theorieën open laat. Dit is het geval indien er een zekere overeenkomst is in de betekenis van een aantal gemeenschappelijke termen van beide theorieën (Shared meaning at a first level: Kordig, 1971). Bovendien is er overeenstemming nodig over de 'regulative principles which scientists require of succesful theories and which guide their choice among alternative theories' (second level invariance, Kordig, 1971).

Deze 'first and second level invariance' is niet alleen nodig doch ook mogelijk. (In feite is ze in de wetenschapsgeschiedenis ook voorgekomen.)

De methodologische status van de systeemleer staat in verband met deze invarianties. De systeemleer stelt immers een terminologie ter beschikking die onafhankelijk wordt ontwikkeld. Geen van de termen uit de psychologische, economische, sociologische of welke andere empirische discipline dan ook vormen de basis voor de begrippen uit de systeemleer. Twee theorieën die beide van de systeemleer gebruik maken zijn dan ook mede

daardoor vergelijkbaar. Dit gaat natuurlijk slechts op voorzover de systeemleer wordt benaderd vanuit de axiomatiche richting (zie par. 2.5.).

Op grond van deze overwegingen komt het mij voor, dat de integratie van theorieën, methodologisch beschouwd, niet moet worden benaderd door uitgaande van deeltheorieën door middel van kruishypothesen een integrale theorie te ontwerpen. Het gaat er o.i. veeleer om ook hier te streven naar een deduktief georiënteerde strategie, waarbij de cyclus: nieuw gezichtspunt, herinterpretatie van deeltheorieën en integratie voortdurend wordt doorlopen.

### 3.4. OVER DE VORMING VAN BRUIKBARE THEORIEËN

De behoefte aan direkt praktisch bruikbare theorieën op het gebied van de organisatiekunde was en is van grote invloed op de theorievorming. Zoals Heiskanen stelt: 'Administrative and organizational research has been generally one of the most application oriented branches of the social sciences, where the enhancement of the rationality of the practical action is assumed to be achieved via scientific research' (Heiskanen, 1967).

Deze paragraaf gaat na of, op grond van methodologische overwegingen, wellicht bepaalde strategieën bij de theorievorming de voorkeur verdienen. Daarbij ga ook ik er vanuit, dat het een goede zaak is te streven naar praktisch bruikbare theorieën. De centrale vraag die ons hier zal bezighouden, is dan ook de volgende: 'Welke strategie van theorievorming biedt goede kansen om te geraken tot praktisch bruikbare theorieën?'

Met betrekking tot deze vraag bestaat een veelverbreide opvatting die aan een in de praktijk startend proces de voorkeur geeft. Men stelt dan nl. dat de beste waarborg voor een geringe afstand tussen theorie en praktijk, en daarmee voor een grote toepasbaarheid van de theorieën bestaat uit een strategie, waarbij men uitgaat van praktische problemen. De veronderstelling is dan, dat uit de aan de hand van de bij de oplossing van deze praktische problemen ontstane deeltheorieën, een algemenere praktisch bruikbare theorie tot stand zal komen. Deze opvatting is op een aantal punten aanvechtbaar.

1. Een strategie die direct uitgaat van praktische problemen leidt tot een grotere kans op informatief en pragmatisch weinig waardevolle theorieën (Heiskanen, 1967).
2. Praktische problemen zijn geformuleerd in de taal van de praktijk. Dit



leidt ertoe, dat de theoretische inhoud van de observationele termen afkomstig is van de veelal impliciete theorie en het veelal impliciete gezichtspunt van de prakticus. Dit verkleint de kans, dat door een nieuw en expliciet gezichtspunt de theorie meer kan omvatten dan potentieel gegeven is door de impliciete theorie van de prakticus.

3. Tegen inductieve procedures in het algemeen zijn methodologische bezwaren aan te voeren, die bij implicatie eveneens van toepassing zijn op de betreffende opvatting.

*ad 1. Nadelige invloed op de informatieve en pragmatische waarde van de theorie.*

De opvatting, zoals die in punt 1 is geformuleerd is ontleend aan Heiskanen. Zijn betoog is van dusdanig belang, dat het in beknopte vorm wordt gepresenteerd. In de analyse van Heiskanen zijn drie elementen van belang:

*a. Het concept aggregatieniveau.*

In de sociale wetenschappen kan men onderscheid maken tussen het aggregatieniveau van het individu en dat van een kollektiviteit, bijvoorbeeld een groep. In de fysica zijn bekende aggregatienivo's die van het elementaire deeltje, het atoom en het molecuul.

*b. Het onderscheid van verschillende typen empirische wetten.*

Daarbij wordt van twee aggregatieniveaus uitgegaan: een hoger en een lager niveau van aggregatie.

Heiskanen onderscheidt:

- Type  $L_{micro}$   
Empirische wetten die zowel de generalisatie als de kondities van geldigheid formuleren op hetzelfde lager aggregatieniveau.
- Type  $L_{macro}$   
Empirische wetten die zowel de generalisatie als de kondities van geldigheid formuleren op hetzelfde hogere aggregatieniveau.
- Type  $L_{cont}$   
Empirische wetten die de generalisatie en de kondities van geldigheid formuleren op verschillende aggregatieniveaus.

*c. Een criterium voor de waarde van een theorie.*

Heiskanen evalueert de waarde van een theorie met behulp van de begrippen uitbreidbaarheid (pragmatic value) en informatieve waarde (informative value).

Onder uitbreidbaarheid verstaat hij de mogelijkheid de betreffende theorie uit te breiden. De informatieve waarde is gerelateerd aan de falsificeerbaarheid van de theorie. Hij neemt vervolgens aan dat de informatieve en uit-

breidbaarheidswaarde van een theorie een functie is van de informatieve en uitbreidbaarheidswaarde van de empirische wetten die de theorie bevat.

Uitgaande van de drie genoemde typen empirische wetten definieert Heiskanen drie strategieën van theorievorming.

– *Micro-reduktie strategie.*

De micro-reduktie strategie is erop gericht de wetten van type  $L_{macro}$  te herleiden tot wetten van het type  $L_{micro}$ .

Ruw gesteld: Verklaar het gedrag van het geheel volledig door het gedrag van de delen. In de sociale wetenschappen betekent dit bijvoorbeeld dat ernaar moet worden gestreefd het gedrag van een groep volledig te verklaren op basis van het gedrag van de individuele leden.

Enigszins ongenueanceerd zou men kunnen stellen dat de micro-reduktie strategie in de sociale wetenschappen uitgaat van het primaat van de psychologie, of scherper van de autonome eigenschappen van de delen.

– *Macro-reduktie strategie.*

De macro-reduktie is erop gericht de wetten van het type  $L_{micro}$  te herleiden tot wetten van het type  $L_{macro}$ .

Ruw gezegd: 'Verklaar het gedrag van een element volledig door het gedrag van het geheel'. In de sociale wetenschappen betekent dit bijvoorbeeld dat men moet trachten het gedrag van een individu volledig te verklaren op basis van het gedrag van de groep waarvan hij lid is. Enigszins ongenueanceerd zou men kunnen stellen dat de macro-reduktie uitgaat van het primaat van de sociologie, of scherper van de autonome eigenschappen van het geheel.

– *Kontextuele strategie.*

Hierbij wordt het verband tussen aggregatienivo's niet verkregen door reductie, doch door het formuleren van wetten van het type  $L_{cont}$ . De strategie van theorievorming is erop gericht wetten van het type  $L_{micro}$  en  $L_{macro}$  te elimineren ten gunste van wetten van het type  $L_{cont}$ .

De vraag is nu welke strategie van theorievorming leidt tot generalisaties met een grote informatieve waarde en uitbreidbaarheid. Als kan worden aangetoond dat wetten van het type  $L_{cont}$  uit dit oogpunt de voorkeur verdienen, moet worden gekozen voor de contextuele strategie.

Ter beantwoording van deze vraag analyseert Heiskanen de toetsing van generalisaties. Hij doet dit aan de hand van een voorbeeld, en wel aan de hand van de generalisatie: 'Anomic persons commit suicide more often than non-anomic'.

Terwille van een toetsing moet een operationele definitie van de generaliserende term 'anomic person' worden gekozen. De operationele definitie van het predikaat 'commit suicide' levert minder moeilijkheden op.

Bij de keuze van een operationele definitie van de term 'anomic person' is het zaak te trachten een generalisatie te formuleren met een hoge a-posteriori waarschijnlijkheid. Anders gezegd, generalisaties die in de meeste gevallen waar blijven. Dit kan gebeuren door het predikaat 'commit suicide' te gebruiken als definiërende eigenschap van de generaliserende term 'anomic person'. Dit verlaagt de empirische inhoud van de generalisatie. Er ontstaat een tautologie. Indien een generalisatie moet worden opgenomen in een theoretisch kader zal moeten worden gespecificeerd onder welke condities de generalisatie van toepassing is. Als deze generalisatie betrekking heeft op hetzelfde aggregatieniveau is de kans aanwezig dat bij de operationalisatie een weinig waardevolle uitspraak ontstaat.

De contextuele strategie van theorievorming is, aldus Heiskanen te verkiezen omdat zij minder gemakkelijk leidt tot tautologieën. Het is immers moeilijk een tautologie te konstrueren door de keuze van operationele definities indien de generalisatie en de specificatie (condities) betrekking hebben op verschillende aggregatieniveaus. Hierdoor wordt een verband gelegd tussen verschillende verschijnselen hetgeen de pragmatische waarde vergroot, terwijl ook de informatieve waarde ermee is gebaat. Zo verwijst een uitspraak waar zowel individuele als groepsvariabelen in voorkomen naar een breder veld van verschijnselen als een uitspraak waarin slechts individuele variabelen voorkomen.

Dit gedeelte van de discussie kan worden samengevat in de konklusie dat de contextuele strategie van theorievorming de beste kansen biedt om tot praktisch bruikbare theorieën te komen.

Nu resteert nog de vraag of toepassingsgerichtheid wellicht leidt tot de keuze van een andere strategie dan de contextuele. Heiskanen beantwoordt deze vraag positief.

Men kan dit inzien door te bedenken welke eigenschappen bepalend zijn voor een gemakkelijke toepassing van informatie. Toepassing is eenvoudiger naarmate de generalisaties meer universeel (ongespecificeerd) zijn. Hoe meer condities immers hoe gekompliceerder de toepassing. Juist de specificaties zijn echter van belang voor de uitbreidbaarheid omdat zij verwijzen naar andere verschijnselen. Toepassing is eenvoudiger indien de uitspraken betrekking hebben op individueel gedrag. In dat geval is immers het handelen van ieder individu gespecificeerd. Reduktie strategieën zijn echter minder vruchtbaar. Samenvattend kan worden gesteld dat de eenvoud van toe-

passing wordt bevorderd door eenvoudige algemene ongekonditioneerde uitspraken die betrekking hebben op het aggregatieniveau van het individu.

De informatieve waarde en de uitbreidbaarheid is daarentegen gediend bij meer gekompliceerde en gespecificeerde uitspraken die betrekking hebben op verschillende aggregatieniveaus.

Volgens Heiskanen is deze tegenstelling, tezamen met de sterke toepassingsgerichtheid een belangrijke oorzaak van de stagnatie van de theorievorming op het gebied der organisatiekunde.

Op een relevant element van de analyse van Heiskanen willen we nog wijzen. Het heeft betrekking op de 'organizing principles' die behoren bij de contextuele strategie. De reductieve strategieën zijn erop gericht de eigenschappen van de eenheden op een zeker aggregatieniveau af te leiden uit de eigenschappen van een ander (hoger of lager) aggregatieniveau. Bij de contextuele strategie gaat het erom relaties tussen de verschillende aggregatieniveaus van formele aard te vinden. Men zoekt dus niet naar materiële doch naar formele, structurele relaties. '... we must try to find some basic theoretical dimensions along types (individuals, groups, collectivities) and then make formal comparisons between the theoretical development on different aggregate levels' (Heiskanen, 1967). In de volgende paragraaf zal blijken dat deze opmerkingen nuttig zijn bij het bepalen van de methodologische status van de systeemleer.

*ad. 2. Het gezichtspunt wordt tot dat van de impliciete theorie beperkt.*

De toelichting van het tweede genoemde bezwaar tegen de opvatting dat men van praktische problemen moet uitgaan kan korter zijn dan de voorgaande. Daar werd gesteld, dat de sterke toepassingsgeoriënteerdheid in het vakgebied heeft geleid tot de acceptatie van reductiestrategieën bij de theorievorming, terwijl op grond van de overwegingen van Heiskanen aan de contextuele strategie de voorkeur moet worden gegeven.

Nu is het zo, dat elke praktikus evenals de theoretikus bij het beschouwen van de hem omringende verschijnselen een theorie hanteert. Deze theorie is evenwel veelal impliciet. Het is alleszins aannemelijk dat deze impliciete theorie een sterke toepassingsgerichtheid vertoont en daarmee een reductie-karakter zal dragen. Indien nu bij de vorming van theorieën zou worden uitgegaan van praktische problemen, moet worden bedacht dat deze praktische problemen, gesteld in de taal der praktijk, een zekere theoretische inhoud hebben afkomstig van de impliciete theorie die vermoedelijk een reductie-karakter heeft. Indien de voorkeur wordt gegeven aan een contextuele

theorie, kan de taal der praktijk daarbij een belemmering vormen. Voorts is door de afhankelijkheid van de dan te hanteren praktische terminologie van de impliciete theorie de daarmede te konstrueren nieuwe theorie minder bruikbaar als kritisch instrument in de zin zoals aangeduid in par. 3.3. De stelling is niet dat nimmer moet worden uitgegaan van praktische problemen bij de theorievorming. Wel wordt echter betoogd, dat steeds moet worden gelet op de methodologische eisen zoals contextuele strategie en een onafhankelijk expliciet theoretisch gezichtspunt. Daarom moet pas worden uitgegaan van praktijkvraagstukken, indien een expliciet theoretisch gezichtspunt voorhanden is dat dan kan dienen om de aangedragen praktijkvraagstukken te vertalen en te herinterpreteren (zie par. 6.3.). Herinterpreteren zou in een extreem geval zelfs betekenen: voor het gekozen theoretische gezichtspunt als irrelevant terzijde leggen.

### *ad. 3. Methodologische bezwaren.*

Met betrekking tot methodologische bezwaren tegen inductieve processen ter rechtvaardiging van wetenschappelijke uitspraken zij verwezen naar de wetenschapstheorie (zie bv. Popper, 1961). Het is uiteraard zo dat inductieve processen onmisbaar zijn in het wetenschapsbedrijf. Men kan er echter geen bewijskracht aan ontlennen.

## 3.5. DE METHODOLOGISCHE STATUS VAN DE SYSTEEMLEER

Aangezien er momenteel geen sprake is van één systeemleer doch veeleer van een grote verscheidenheid van inzichten en aanzetten op dit gebied is het bezwaarlijk spreken over de methodologische status die aan de systeemleer moet worden toegekend.

Daarom wordt vooral nagegaan welke methodologische status een te ontwerpen systeemleer moet bezitten, die niet alleen een bijdrage kan leveren voor het eenheidsstreven in het algemeen en de integrale benadering van organisaties in het bijzonder doch ook in overeenstemming is met de methodologische overwegingen van de voorgaande paragrafen.

### *Systeemleer: axiomatische benadering*

Van groot belang bij de opgave van een systeemleer is het herinterpreteren van uiteengegroeide disciplines. Indien systeemleer wordt geïnterpreteerd als systeemtheorie rijst de vraag welke eigenschappen deze systeemtheorie dan zou moeten bezitten. Daarbij zijn de overwegingen van par. 3.3. van waarde.

De aldaar getrokken konklusies toepassend op de systeemtheorie kunnen we stellen dat de systeemtheorie dan alle geherinterpreteerde verworvenheden van de oorspronkelijke theorieën moet omvatten. Indien systeemleer wordt opgevat als een empirische theorie is zij met een theoretisch pluralisme niet in overeenstemming te brengen. Kontradikties mogen immers in een theorie niet voorkomen. Het uitsluiten van mogelijkheden voor een theoretisch pluralisme is echter ongewenst.

Dit argument vormt een belangrijk motief bij de keuze voor een axiomatische benadering. Dat de mogelijkheid van theoretisch pluralisme in dat geval aanwezig is wordt geïllustreerd doordat zowel structureel-funktionalistische als aktiethoretische modellen in de sociologie naar het schijnt beide in systeemtaal kunnen worden geformuleerd (zie hoofdstuk 7). En zoals in het vervolg duidelijk zal worden kunnen heel wel met behulp van de systeemtaal modellen van een verschijnsel worden gekonstrueerd die kontradiktair zijn. Naast de wenselijkheid, kan worden getwijfeld aan de mogelijkheid van een alomvattende theorie. Zoals Boulding reeds betoogt: 'It (General Systems Theory) does not seek of course, to establish a single, self-contained 'General theory of practically everything' which will replace all the special theories of particular disciplines. Such a theory would be almost without content, for we always pay for generality by sacrificing content, and all we can say about practically everything is almost nothing' (Boulding, 1956).

Het gaat er ook niet om de door de specialisatie (arbeidsdeling!) verworven voordelen weer teniet te doen. Ook in de organisatiekunde is het niet verstandig te proberen de problemen die ontstaan als gevolg van de (noodzakelijke) arbeidsdeling op te lossen door de arbeidsdeling ongedaan te maken. Men moet het koördinatievraagstuk oplossen. Dat is nu juist wat o.i. de opgave is van een systeemleer: Het oplossen c.q. bijdragen tot de oplossing van het koördinatievraagstuk. Dit koördinatievraagstuk ontstaat als gevolg van twee met de specialisatie samenhangende aspecten. Enerzijds blijkt een wetenschappelijk bevredigende verklaring van verschijnselen veelal niet mogelijk te zijn binnen een geïsoleerde discipline. Anderzijds overschrijden praktische problemen de grenzen van disciplines.

### *Systeemleer als taal*

Voor het bevorderen van een oplossing van het koördinatievraagstuk lijkt allereerst nodig een terminologie te ontwikkelen die aan de in par. 3.2.5. geformuleerde eisen voldoet. Daarenboven moet de terminologie geschikt zijn voor het beschrijven van de, eventueel geherinterpreteerde, verschijnselen. Zo'n algemene terminologie heeft nóg een belangrijk voordeel. Zij zal

kunnen bevorderen dat structurele overeenkomsten tussen verschillende theorieën worden opgespoord, zodat de kans vergroot wordt dat de meest algemene theorieën die zonder verlies aan empirische inhoud nog juist mogelijk zijn, worden opgespoord.

Deze structurele overeenkomsten zijn eveneens van grote waarde bij de konstruktie van modellen. Indien bijvoorbeeld een wiskundige systeemtheorie bekend is, zal het eenvoudiger zijn te ontdekken dat deze wiskundige systeemtheorie modellen voor een zeker 'konkreet' systeem oplevert indien beide systemen in een systeemtaal zijn geformuleerd. Een systeemleer is derhalve geen (alomvattende) empirische theorie. Zij omvat in elk geval een taal. Naast de algemene eisen die aan een terminologie worden gesteld kan uit de voorafgaande analyses ook worden gekonkludeerd dat het wenselijk is dat de begrippen aggregatieniveau onafhankelijk zijn (zie par. 3.4.). Bovendien moet de terminologie het mogelijk maken wetmatigheden van het contextuele type te formuleren (zie par. 3.4.).

Met behulp van deze terminologie kunnen empirische theorieën worden geformuleerd ten behoeve van empirische disciplines, deeldisciplines en interdisciplines. Omdat de mogelijkheid echter blijft bestaan met behulp van de terminologie alternatieve (eventueel kontradiktore) theorieën te formuleren, wordt een theoretisch pluralisme niet onmogelijk gemaakt. De (relatieve) konstantheid in de betekenis van de systeembegrippen draagt dan bij tot de mogelijkheid van vergelijking van alternatieve theorieën (zie par. 3.3.). De terminologie legt natuurlijk wel zekere beperkingen op aan de mogelijk te formuleren theorieën.

Zekere ontologische elementen zijn aan een systeemleer niet vreemd. '... System is an ontological datum ... We think in terms of systems. This is another way of saying that system is the master model' (Meadows, 1957).

#### *Systeemleer als zienswijze*

Naast de systeemleer als taal komt nu een ander element naar voren. De systeemleer als zienswijze. Het is goed te bedenken dat deze zienswijze met andere zienswijzen de eigenschap gemeen heeft selektief te zijn. De systeemleer beschouwt de empirie door een bepaalde gekleurde bril. Waarneming zonder bril is onmogelijk. Het is evenmin zo dat de gepresenteerde bril de beste of nog erger de enig juiste is. Men kan slechts hopen dat deze bril, dat dit gezichtspunt, dat deze zienswijze het optimum aan algemeenheid dichter bereikbaar zal maken.

Het is eigenlijk merkwaardig dat een wetenschap die in het bijzonder de

koördinatie tot haar taak rekent nog niet tot wasdom is gekomen. In (grote) organisaties kent men de koördinerende taak reeds lang. In bepaalde opzichten heeft de wetenschapsleer zich met deze aspecten bezig gehouden. Helaas is echter de afstand met de praktische wetenschapsbeoefening zo groot geworden, dat behoefte bestaat aan een tussenfiguur. Een filosoof zei mij in dit verband eens, dat naar zijn oordeel, de algemene systeemleer eigenlijk een van de taken van de filosofie bezig was over te nemen. Nu kan een vruchtbare systeemleer zich niet volledig geïsoleerd van de wetenschapsleer ontwikkelen. Reden ook waarom we in de onderhavige studie het er, op gevaar af van filosofische kritiek, op hebben gewaagd enkele filosofische aspecten aan de orde te stellen.

#### *Systeemleer en wiskunde*

Het zal duidelijk zijn, dat ik de systeemleer niet beschouw als een tak van de wiskunde. De band met de empirie welke aan de wiskunde, in methodologisch opzicht, vreemd is, behoort zeker tot het terrein van de systeemleer. Dit zal onder meer tot uitdrukking moeten komen in de systeemmethodologie. Deze systeemmethodologie handelt dan over de vraag hoe men in de systeemleer te werk gaat bij het bestuderen van systemen. De uitspraak dat de systeemleer door ons niet wordt opgevat als een tak van de wiskunde, betekent niet dat de wiskunde niet van belang zou zijn. Integendeel. De mathematische systeemtheorie is zeker in het kader van de systeemleer van betekenis voor de konstruktie van modellen en concepten. In hoeverre de systeemleer de mathematische systeemtheorie omvat, is een vraag van geringe betekenis.

Vooralsnog is de systeemleer enigermate parasitair. Bij haar pogingen aan haar opdracht te voldoen, neemt zij links en rechts wat van haar gading is en tracht uit deze vergaarbak tot synthese te geraken. Zo wordt het verklaarbaar dat men binnen de systeemleer elementen aantreft van veel disciplines zoals de regeltechniek, de informatietheorie, de operationele research, de algemene methodologie, de mathematische systeemtheorie, de cybernetica en de wiskunde.

#### *Systeemleer als methode*

Nauw samenhangend met de systeemterminologie en de daaraan inherente optiek van waaruit verschijnselen worden beschouwd levert de systeemleer methodische regels en inzichten voor systeemonderzoek. De premisse dat een zeker verschijnsel met vrucht als systeem kan worden beschouwd vraagt dwingend om het nader bepalen van dat verschijnsel als systeem zoals in hoofdstuk 4 nader zal worden toegelicht.



*Systeemleer als heuristisch hulpmiddel*

Het aanvaarden van de gedachte dat een logika van het ontdekken niet mogelijk is houdt geenszins in dat de vraag waar hypothesen e.d. vandaan komen niet van belang is.

Zekere methodische hulpmiddelen bij het creatieve proces van het vinden van hypothesen en theorieën kunnen daarbij van veel nut zijn. Methodische hulpmiddelen zijn niet onmisbaar. Men kan ze slechts op pragmatische waarde schatten.

Als heuristisch hulpmiddel kan de systeemleer nut hebben. De systeemleer stelt vragen die in vermoedens kunnen worden omgezet met behulp van reeds verkregen wetenschappelijke of voorwetenschappelijke ervaring. Zo kan men in de systeemleer abstracte systemen konstrueren die na interpretatie aan toetsing kunnen worden onderworpen.

In dit kader is het nuttig erop te wijzen dat, door een systeembril bezien, geen enkel verschijnsel ingewikkelder kan zijn dan het meest ingewikkeld abstracte systeem.

*Algemene versus specifieke systeemleer*

Nadat in het voorgaande besloten is de systeemleer niet op te vatten als een empirische theorie resteert de vraag hoe het verband tussen deze systeemleer en eventuele specifieke systeemtheorieën kan worden gezien. Daartoe wordt hier een onderscheid gemaakt tussen algemene systeemleer en meer specifieke systeemtheorie.

In een aantal empirische disciplines zoals sociologie, psychologie, politologie wordt gewerkt aan specifieke systeemtheorieën. Deze verschillen van de algemene systeemleer daarin dat zij wél empirische inhoud hebben. Het zijn systeemtheorieën omdat zij van het conceptuele apparaat, de methoden e.d. van de systeemleer uitgaan. Eventueel na de nodige modifikaties te hebben aangebracht. Het is dan vanzelfsprekend vereist dat de empirisch lege systeemtaal op een geëigende wijze wordt geïnterpreteerd. Hoewel de algemene systeemleer zich wel buigt over de algemene vraag van de toelaatbaarheid van die interpretaties, formuleert zij ze zelf niet.

Indien en voorzover een inhoudelijke integratie van een empirische discipline (of een verzameling empirische disciplines) mogelijk is, kan deze worden bevorderd door het gebruik van de (relatief) invariante terminologie. De vraag in hoeverre de systeemoptiek nuttig is voor een empirische discipline zelf, laten wij over aan de specifieke deskundigen. Het nut van de systeemoptiek in vakken als de sociologie of de ekonomie kan het beste vanuit die

vakken zelf worden bediscussieerd. Dit zal ons er evenwel niet van weerhouden in de volgende hoofdstukken hierover enige uitspraken te doen omdat de eigenaard van het vak organisatiekunde dit met zich meebrengt.

Hiermee is bepaald geen uitputtende bespreking van de methodologische status van de systeemleer gegeven. Zo zou de vraag in hoeverre de gedachten van Lakatos (1970) over de 'methodology of scientific research programmes' nader licht kan werpen op de systeemleer bepaald de moeite van het bestuderen waard zijn. Methodologische beschouwingen hebben echter vaak een open einde. Leek immers het epistemologisch anarchisme van Feyerabend niet houdbaar, recent betoogt Schagrin (1973) toch weer het tegendeel.

### 3.6. SAMENVATTING

Uitgaande van een beschouwing over de vraag wat een wetenschappelijke theorie is, is het verband tussen theorie en empirie aan de orde gesteld. De harde, aan de werkelijkheid ontleende, feiten bleken bij nadere beschouwing niet zo hard en onveranderlijk te zijn.

Aangezien voor de opbouw van een wetenschappelijke theorie allereerst een terminologie nodig is, is vervolgens nagegaan aan welke eisen een terminologie moet voldoen. Onder meer zijn twee aspecten naar voren gekomen. Allereerst is het van belang te bedenken dat een zekere terminologie tevens een zeker theoretisch gezichtspunt impliceert. Daarnaast is een terminologie een communicatiemiddel. Bij een beschouwing hierover stelden we dat de terminologie allereerst geschikt moet zijn voor communicatie met de empirie, vervolgens voor communicatie met vakgenoten en pas ten derde voor communicatie met de praktikus. De vraag naar de mathematiseerbaarheid van de wetenschap is negatief beantwoord. Juist het verband tussen theorie en empirie is essentieel niet mathematiseerbaar.

Integratie van theorieën is omschreven als de konstruktie van een nieuwe theorie die de bij de deelttheorieën behorende klassen van feitelijke observaties na herinterpretatie kan verklaren. Integratie houdt derhalve niet noodzakelijk het een in onveranderde vorm opnemen van de oude theorieën in de nieuwere theorie in.

We hebben ons daarbij voorstander betoond van een theoretisch pluralisme.

Met betrekking tot de vraag welke strategie van theorievorming met het oog op praktische bruikbaarheid de voorkeur verdiende, werd ten gunste van de contextuele strategie gekonkludeerd.

Van essentiële betekenis daarbij was het argument dat sterke 'application-assumptions' juist leiden tot de acceptatie van een strategie die minder vruchtbaar is: een reductiestrategie.

De systeemleer is beschreven als een discipline met als opgave: coördinatie van wetenschappelijke deelactiviteiten. Binnen haar kader moet een theoretisch pluralisme mogelijk zijn. Daarmede is de systeemleer geen empirische discipline. Zij behoort evenmin tot het domein van de wiskunde. Het is een unificerende terminologie, een gezichtspunt en een methode. Ze kan als heuristisch en methodisch hulpmiddel goede diensten bewijzen. Ze wordt niet als empirische theorie opgevat.

## HOOFDSTUK 4 *systemdenken*

### 4.1. INLEIDING

In de voorgaande hoofdstukken zijn enige vraagstukken besproken bij de oplossing waarvan de systeemleer zou moeten helpen. Daarbij is gepoogd een aantal noodzakelijke, respectievelijk gewenste eigenschappen van zo'n systeemleer aan te geven. In hoofdstuk 5 wordt de grondslag van zo'n systeemleer gelegd.

Het systemdenken is evenwel noch nieuw noch beperkt tot een specifiek vakgebied. Daarom bestaat de behoefte, enkele kanttekeningen te plaatsen bij het ontstaan. Bovendien zal het systemdenken in enkele vakgebieden, die voor de organisatiekunde relevant zijn, beknopt en schematisch worden aangestipt. De bedoeling van deze beschouwingen is tweeledig. Zij dienen ter adstruktie van de stelling dat systemdenken noch nieuw noch uniek is. Naast deze relativerende functie kunnen ze tenslotte ten behoeve van nader onderzoek wijzen op enkele met de systeemleer verwante elementen in vakken die voor de organisatiekunde van betekenis zijn.

### 4.2. HET ONTSTAAN VAN HET SYSTEEMDENKEN

Zoals reeds in het inleidende hoofdstuk is opgemerkt, is het impliciete systemdenken zo oud als de wetenschap.<sup>1</sup> Aangezien het er niet om gaat een wetenschapshistorie te schrijven, wil ik mij beperken tot de meer expliciete vormen van het systemdenken.

Ook dan nog is het noodzakelijk ons ernstige beperkingen op te leggen. Men kan echter aan het historische niet geheel voorbijgaan al was het maar om te benadrukken dat een grondiger wetenschapshistorische, wetenschaps-

1. We hebben het vermoeden dat bv. het begrip 'geheel' reeds door Aristoteles is gebruikt (Schlick, 1938). Von Bertalanffy (1972) wijst in elk geval op Aristoteles.

sociologische en wetenschapspsychologische studie zeker zinvol zou zijn. Dat is vooral zo omdat, voorzover mij bekend, een dergelijk onderzoek nog niet is verricht. Juist in deze tijd van enorme accumulatie van wetenschappelijke produktie is reflexie op deze resultaten vanuit de genoemde gezichtspunten van grote waarde. Ook von Bertalanffy, de geestelijke vader en promotor van de algemene systeemleer wijst weliswaar op de historische wortels van de idee 'systeem' doch gaat er niet diep op in (von Bertalanffy, 1968).

Men zou het hedendaagse denken in systemen kunnen beschouwen langs twee onderscheiden, doch samenhangende, historische dimensies. In de inleiding is op één daarvan, het eenheidsstreven in de wetenschap, gewezen. Bezien langs deze dimensie is de algemene systeemtheorie een nieuwe poging om tot herintegratie van de wetenschap te geraken. Dit tracht men te bereiken door het toekennen van een centrale plaats van het concept systeem in theorie, onderzoek en praktijk.

De tweede dimensie, welke eveneens door von Bertalanffy (1951a, 1968) wordt aangeduid, heeft betrekking op het begrip samenhang. Ze betreft de toenemende erkenning van het inzicht dat het opdelen van verschijnselen, weliswaar zo'n succesvolle methode in de natuurwetenschap, toch met essentieel verlies gepaard kan gaan. Verschijnselen, die zich niet leenden voor opdeling in elementen, werden aangeduid met begrippen als whole, Ganzheit en Gestalt.

Dit komt onder meer naar voren in de Gestalt-theorie die in het begin van deze eeuw in de perceptiepsychologie ontstond (Madden, 1952; Darsono, 1970; Leinfeller, 1966; Grelling und Oppenheim, 1937).

De Gestalt-theoretici hebben volgens Madden (1952) er sterk de nadruk op gelegd, dat de Gestalt-theorie contrasteert met de analytische filosofie. Madden tracht aan te tonen dat alles wat kan worden uitgedrukt in termen van de Gestalt-theorie eveneens kan worden uitgedrukt in analytische termen. Daarmee bestrijdt hij de opvatting dat er aspecten bestaan, die veelal met het begrip geheel (Ganzheit, Whole) worden aangeduid, welke niet door analytische termen kunnen worden beschreven.

Veelal wordt het centrale thema van de Gestalt-theorie weergegeven met de uitdrukking 'Het geheel is meer dan de som der delen'. Schlick (1938) bekritiseert deze uitspraak waarbij hij vooral de nadruk legt op het begrip som. Ook Nagel (1955) stelt de vraag naar de betekenis van dit begrip.

Een bijzonderheid van sommige beschouwingen over de Gestalt-theorie is het gebruik van het, nauwelijks toegelichte, begrip systeem daarbij. Leinfeller

(1966) tracht het Gestalt-begrip te expliciteren op basis van een systeem-begrip: '... sei hier eine konstruktive Explikation versucht. Diese geht von der undifferenzierte Grundkonzeption des Terms 'zusammenhängender Komplex (System)' aus ...'

Grellung en Oppenheim (1937) zeggen over het systeem-begrip onder meer: 'Wir wollen als 'System mit bezug auf eine gewisse Relation  $R$ ' ein Ganzes bezeichnen'.

Darsono (1970) gaat zelfs zover dat hij een aantal zo in samenhang voorkomende begrippen als synoniem opvat: '... blijkt nog steeds het Gestalt-begrip te zijn. Wij komen het onder verschillende benamingen (zoals systeem, whole, organisme, patroon, veld, functionele eenheid e.a.) in de meest uiteenlopende gebieden van sociologie, biologie en psychologie tegen.' Met name omdat het Gestalt-begrip kan worden beschouwd als een voorloper van het systeem-begrip is het nuttig op enkele onderling samenhangende aspecten van de evolutie van het Gestalt-begrip te wijzen.

Twee belangrijke criteria ter beantwoording van de vraag of iets al of niet een Gestalt is, zijn geformuleerd door Ehrenfels (Darsano, 1970; Grellung und Oppenheim, 1937); en wel:

1. Een Gestalt is een geheel dat meer is dan de som der delen.
2. Een Gestalt is een geheel dat transposeerbaar is.

Filosofisch-methodologisch onderzoek leidt tot het naar voren komen van de notie van de onderlinge relaties als het 'meer zijn dan de som'. Voorts krijgt de transposeerbaarheid vorm in de eigenschap structuurinvariantie in de zin van homomorfie (strukturele overeenkomst, zie hoofdstuk 5).

*Deze twee concepten, te weten de relaties tussen de elementen en het homomorfiebegrip, vormen twee peilers van de systeemleer.*

De oorspronkelijke tegenstelling met de analytische filosofie is bij het systeem-begrip, zoals ook bij de latere opvattingen over de Gestalt-theorie verdwenen. Ook in dit opzicht kan men het moderne systeem-begrip beschouwen als mede te zijn voortgesprongen uit het Gestalt-begrip.

Evenals de Gestalt-theorie legt de systeemleer sterkere nadruk op de onderlinge samenhang, op de relaties, dan wellicht eerder gebruikelijk was. In die zin kan men opmerken dat de kritiek op de analytische benadering terecht was voorzover zij zich richtte op het onvoldoende op de voorgrond plaatsen

van deze samenhang. De tegenstelling met de analytische filosofie verdwijnt evenwel.

In de algemene systeemleer komt, in de aanvang, aan de eenheidswetenschap en de samenhang binnen de bestudeerde verschijnselen een centrale plaats toe.

Beziet men de hedendaagse systeemleer dan moet als meest belangrijke toevoeging worden gewezen op elementen uit de regeltechniek en de cybernetica. Het gaat hierbij om concepten als terugkoppeling, informatie en black-box.

Uit de volgende paragrafen moge echter duidelijk worden hoe beperkt deze ontstaansschets is. Immers als men ziet hoe lang reeds in de geschiedenis en in hoevele disciplines sprake was van systeemdenken in een of andere vorm, dan is het plausibel dat al deze vakken bij het ontstaan van de systeemleer een rol hebben gespeeld. De beknopte aantekeningen in deze paragraaf moeten dan ook niet als een ontstaansgeschiedenis worden opgevat. Dat zou een afzonderlijke studie vragen.

#### 4.3. HET SYSTEEMDENKEN IN ENKELE VOOR DE ORGANISATIEKUNDE RELEVANTE DISCIPLINES

Het zal om twee redenen geen verwondering wekken dat in verschillende wetenschappen gebruik wordt gemaakt van systeembegrippen. In de eerste plaats omdat, zoals eerder werd opgemerkt, het (impliciete) systeemdenken zo oud is als de wetenschap. In de tweede plaats omdat bij het ontstaan van de systeemleer verschillende disciplines zijn betrokken. Dit laatste blijkt uit de multidisciplinaire samenstelling van de groep oprichters van de Society for General Systems Research.

In dit licht willen we enkele beschouwingen wijden aan het systeemdenken in de psychologie, de sociale psychologie, de sociologie, de ekonomie en de technische wetenschappen.

##### 4.3.1. *Het systeemdenken in de psychologie*

In de hedendaagse psychologie is minder dan vroeger sprake van duidelijk aanwijsbare scholen. Enkele stromingen zoals bijvoorbeeld de humanistische psychologie en de psychoanalyse zijn nog aanwijsbaar doch de standpunten lijken minder dogmatisch dan in de geschiedenis het geval is geweest. Dit is

enerzijds een verheugend verschijnsel. Anderzijds echter maakt deze ontwikkeling het moeilijker een schematisch overzicht van de hedendaagse psychologie te geven. Dit neemt niet weg dat de elementen van de historische scholen voor een belangrijk deel ook thans nog in meer geïntegreerde vorm in de hedendaagse psychologie aanwijsbaar zijn. Daarom kan een beschouwing van deze scholen, voorzover ze betekenis hebben voor onze vraagstelling zeker licht werpen op het systeendenken in de psychologie.

Een allereerste globale beschouwing van het gebied levert een probleem op. Via de index van door ons geraadpleegde geschiedenissen van de psychologie (Boring, 1957; Schultz, 1969) komt men het systeendenken niet op het spoor. Eerst de laatste jaren wordt het systeendenken in de psychologie meer expliciet van karakter. In de *Encyclopedia of the Social Sciences* treft men inderdaad onder het hoofd 'psychological systems' voor onze vraagstelling relevant materiaal aan (Gochman, 1968). Maar zelfs in een sterk systemisch boek als dat van Miller e.a. (1970) krijgt de term systeem in de index geen plaats. Dit impliceert dat een onderzoek naar het systeendenken in de psychologie vooral voor wat betreft de geschiedenis, doch ook voor wat betreft de hedendaagse psychologie, een onderzoek moet zijn naar het impliciete systeendenken zowel als het minder voorkomende expliciete systeendenken.

Een volledig overzicht van impliciet en expliciet systeendenken in de psychologie zou kwa omvang en betekenis zeker een afzonderlijke studie behoeven. Daarom zal ik mij beperken tot enkele beknopte aanduidingen, die voornamelijk zijn gebaseerd op Schultz (1969).

De idee systeem als verzameling elementen met onderlinge samenhang, als geheel, kan in de *struktureelistische psychologie* duidelijk worden aangetroffen. Zowel Wilhelm Wundt (1832-1920), de grondlegger van de experimentele psychologie als Titchener, zijn leerling, stellen dat de psychologie tot taak heeft te speuren naar de elementaire delen of componenten van de bewustzijnsprocessen en hun onderlinge samenhang. Bewustzijn wordt daarbij opgevat als het totaal van actuele ervaringsprocessen (Sanders, 1972). In het strukturalisme wordt een vorm van impliciet systeendenken, met weliswaar enkele bijzondere aspecten, herkend.

Allereerst bestaat de indruk dat, hoewel de onderlinge samenhang van de elementen als object van studie in de banier staat geschreven, daaraan weinig aandacht is geschonken. Mede als reactie hierop is de Gestalt-school ontstaan.



In de tweede plaats hanteert het strukturalisme een micro-reduktionistische strategie die eerder (par. 3.4.) als minder bruikbaar is gekenschetst.

Reeds Wundt maakte een onderscheid tussen de experimentele en de sociale psychologie. Deze laatste discipline hanteert, althans in principe, een meer contextuele strategie van theorievorming en is daarmee ook met de systeemleer die hier wordt voorgestaan meer verwant dan de psychologie in haar zuivere vorm. Trouwens, de Groot zegt: '... kan men desgewenst volhouden, dat de gehele psychologie sociale psychologie is' (de Groot, 1965).

In de derde plaats zou men kunnen stellen dat het strukturalisme weinig aandacht schonk aan de omgeving. Deze fungeert immers slechts als bron van ervaringen. Het systeem was dus relatief gesloten.

Het hedendaagse strukturalisme zoals dat met name door Piaget (1969) wordt vertegenwoordigd mag, aldus Sanders (1972) met het strukturalisme van Titchener c.s. niet worden verward. Von Bertalanffy (1972) wijst op 'the close parallelism of general system theory with French structuralism'.

Het *funktionalisme* is vooral ontstaan als reactie op het strukturalisme. Het funktionalisme legde, in tegenstelling tot het strukturalisme, veel nadruk op de functies van de 'mind' gericht op de aanpassing aan de omgeving.

Bij het ontstaan van de funktionalistische psychologie is de invloed vanuit de biologie van grote betekenis. Ook nu nog komt men de opvatting tegen dat de psychologie een biologische wetenschap is, of gematigder, het reduktionistische standpunt dat de psychologie is gebaseerd op de biologie. Schultz (1969) noemt drie belangrijke invloeden die de psychologie van de bioloog Darwin heeft ondergaan.

Allereerst vestigde de evolutietheorie van Darwin de aandacht op de mogelijkheid, dat er niet alleen in biologische zin sprake was van een evolutie van dier naar mens doch ook in psychologische zin. M.a.w. de menselijke mentale processen zouden wellicht zijn ontstaan uit meer primitieve dierlijke mentale processen. Het bestuderen van deze laatste zou het inzicht in mentale processen van gekompliceerder aard, zoals die zich bij de mens voordoen, kunnen vergroten. Mede als gevolg hiervan is de dierpsychologie ontstaan.

In de evolutietheorie namen individuele verschillen tussen soortgenoten een belangrijke plaats in; niet alleen vanwege de door Darwin feitelijke geconstateerde verschillen doch ook omdat individuele verschillen een *conditio sine qua non* vormen voor een evolutie. Hierdoor ontstond, ook binnen de psychologie, belangstelling voor individuele verschillen, een belangstelling die bij de strukturalisten in veel mindere mate aanwezig was.

In de derde plaats heeft de aandacht die Darwin schonk aan de functies van het organisme, gericht op aanpassing aan de omgeving, ertoe geleid, dat vooral in Amerika een van de strukturalistische psychologie afwijkende stroming is ontstaan. Deze stroming legde de nadruk op de aanpassing van het individu in zijn omgeving en de functie van de bewustzijnsprocessen in dit verband.

Dewey die, samen met Angell, wordt beschouwd als formele grondlegger van deze funktionalistische stroming stelde, dat er slechts één aanpassingsproces van het individu aan zijn omgeving was. Alle verschijnselen zoals denken moeten worden begrepen als instrumenteel voor dit proces van aanpassing. In dit verband stelde hij zich ook te weer tegen de micro-reduktionistische stromingen omdat de funktionele betekenis van gedrag door deze opdelingen geheel teloor ging (Wolman, 1960; Schultz, 1969). Door Angell (Schultz, 1969) wordt het funktionalisme expliciet geschetst als de psychologie van de mentale operaties in tegenstelling tot de psychologie van de mentale elementen (strukturalisme); als de psychologie die de aandacht richt op de funktionele betekenis van bewustzijnsprocessen en als de psychologie die alle relaties tussen organisme en omgeving bestudeert en in dit kader de interrelaties tussen het psychische en het fysieke in de beschouwing betreft.

Een, vanuit systeemtheoretisch oogpunt, frappante opmerking van Angell is deze, dat zijns inziens het begrip control de meest fundamentele categorie van de funktionalistische psychologie is.

Het funktionalisme vertoont een duidelijke verwantschap met de systemische denkwijze. Men zou kunnen stellen dat het funktionalisme het individu begrijpt als een open dynamisch systeem dat zich aanpast aan zijn omgeving. Bij de bestudering van deze aanpassingsprocessen neemt het thans als systeembegrip erkende begrip 'control' een centrale plaats in.

De *leerpsychologie* vindt in het associationisme een voorloper. Het verschijnsel leren neemt in de systeemleer een belangrijke plaats in. Daar heeft de term leren veel verwantschap met de term adapteren en krijgt daarmee een funktionalistische betekenis. In de moderne systeemleer echter wordt adapteren niet als een exclusief passief verschijnsel gezien. Daar kan adapteren gepaard gaan met een actieve beïnvloeding van de omgeving dóór het systeem (zie hoofdstuk 7).

De *behavioristische* school zet zich af tegen de psychologie van het bewustzijn. Volgens Watson, haar grondlegger, dient de psychologie niet bewustzijn doch gedrag te bestuderen. De legitimiteit van introspektie als waarnemings-

methode werd, geheel in overeenstemming daarmee, bestreden. Van het als black-box beschouwde individu, om het eens in systeemtermen te zeggen, mag men dus geen modellen maken die, zelf geen black-box zijnde, een interne structuur postuleren. Het model mag geen gedetailleerder structuur hebben dan het beschouwde systeem. Uiteenleggen van het model, reticulatie van het model, wordt door de (extreme) behavioristen verworpen. Nu kan men modelreticulatie in ontologische zin opvatten, d.w.z. zijnsbetekenis toekennen aan de gepostuleerde structuur, of niet. De extreme behaviorist zal elke vorm van modelreticulatie verwerpen. Dit staat in scherpe tegenstelling met het strukturalisme, het associationisme en het funktionalisme.

In deze zin is het behaviorisme verwant met het positivisme van Comte (Schultz, 1969) en het operationisme van Bridgman (Sanders, 1972).

De psychologie bestudeert gedrag door te pogen de respons op grond van de stimulus te voorspellen. Niet waarneembare, 'mentalistie terms' zijn daarvoor noch nodig noch toelaatbaar.

Karakteristiek voor het behaviorisme in de extreme vorm is de stimulus-respons benadering. In een later stadium wordt, door Tolman (Schultz, 1969; Sanders, 1972) deze S-R benadering gemodificeerd in een stimulus organisme response (S-O-R) benadering. Men kan dit zien als een verzwakking van het verbod tot modelreticulatie enigszins parallel aan de ontwikkeling in de wetenschapsfilosofie m.b.t. de toelaatbaarheid van theoretische termen.

Dat Tolman stelling neemt tegen iedere verwerping van interveniërende variabelen en modelreticulatie houdt niet in dat hij elke vorm van modelreticulatie toelaatbaar acht. Als behaviorist blijft hij zich tegen ontologiserende modelreticulatie verzetten. De interveniërende variabelen worden afgeleid uit de waarneembare variabelen. Het zijn rekengrootheden. Hij tracht daarmee het operationistische standpunt vast te houden (Sanders, 1972).

Interessant is een vergelijking tussen de symbolische beschrijving van het gedrag als functie van een aantal variabelen, met de systeemtheoretische toestandsbeschrijving van het gedrag van een black-box.

Tolman stelt:

$$B = f_x(S, P, H, T, A)$$

waarin:

$B$  = behavior

$H$  = heredity

$S$  = environmental stimuli

$T$  = previous training

$P$  = physiological drive

$A$  = age

Voor een bepaald individu zou dan de parameter  $H$ , die immers voor dat individu konstant is, in de functie  $f_x$  kunnen worden opgenomen op zodanige wijze dat ze te zamen een andere functie  $g_x$  vormen. Dan geldt dus:

$$B = g_x(S, P, T, A)$$

Brengen we vervolgens  $S$  in verband met input,  $P$  en  $T$  met de toestandsvektor,  $A$  met de tijd en  $B$  met de output dan kan worden opgemerkt dat Tolman vrij dicht staat bij de systeemtheoretische uitspraak: 'De output is een functie van de toestand, de input en de tijd'.

In hoofdstuk 5 zal de toestandsbeschrijving nader aan de orde komen. Zulke interpretaties achteraf zijn natuurlijk in zeker opzicht speculatief van karakter. Het is niet zeker of Tolman zich met deze interpretatie zou kunnen verenigen. Een argument ervoor zou kunnen zijn dat Tolman in zijn ingenieursopleiding met het, toendertijd wellicht nog impliciete denken in een toestandsbeschrijving vertrouwd is geraakt, en het vervolgens in de psychologie als denkmodel heeft benut.

Hoe dan ook: vanuit het hedendaagse systeemdenken zou men Tolman een systemist kunnen noemen. Het hedendaagse systeemdenken staat echter zeker niet negatief t.o.v. de modelreticulatie zoals ook het extreme operationistische standpunt is verlaten. Het behaviorisme als school leeft heden ten dage voort in de persoon van Skinner en diens aanhangers.

Het is onmogelijk in het bestek van deze studie het hedendaagse behaviorisme te evalueren. Enerzijds vanwege het feit dat de ontwikkeling nog in volle gang is en anderzijds omdat in de hedendaagse psychologie de verschillende scholen zodanig zijn verweven dat een uiteenrafeling tot de onmogelijkheden behoort. Het is echter duidelijk dat het behaviorisme met het systeemdenken zeer verwant is.

De *Gestalt-psychologie* is de meest expliciete vorm van systeemdenken binnen de psychologie. Over de rol ervan in de ontwikkeling van het systeemdenken is reeds gesproken (par. 4.2.) zodat er hier aan kan worden voorbijgegaan.

De *psychoanalytische* school is voor het, meestal impliciete systeemdenken, van minder belang hoewel psychoanalytische elementen aan sommige systeembenaderingen in de organisatiekunde niet vreemd zijn (Miller en Rice, 1967).

De in het voorgaande kort besproken scholen, hebben uiteraard alle in meerdere of mindere mate invloed (gehad) op de hedendaagse psychologie.

Treffend is daarbij dat het systeemdenken meestal van impliciete aard bleef. Duidelijk is echter dat het (impliciete of expliciete) systeemdenken vanuit deze scholen is geïmporteerd in het hedendaagse denken.

Is op deze wijze althans plausibel gemaakt dat ook in de hedendaagse psychologie het systeemdenken zeer verbreid is, een meer expliciet aanwijzen van systeemtheoretische werkwijze in de psychologie zal eclectisch van aard moeten zijn.

Enkele *algemene opmerkingen* kunnen worden gemaakt. Het onderscheid tussen individu en omgeving kan worden opgevat als een systeemtheoretisch onderscheid. In de systeemtheorie staat het bekend als systeem en omgeving. Volgens de Groot (1965) kan de psychologische vraagstelling worden ondergebracht in een mantelschema: het stimulus-organisme-responsie schema.

Hij voegt daaraan toe dat de relaties tussen stimulus en responsie slechts worden beschouwd indien die vanuit psychologisch gezichtspunt relevant zijn. Indien we de beschrijving van het gedrag van een black-box voorlopig omschrijven als:

Output = functie (toestand, input)

dan kunnen de voorbeelden die de Groot geeft als volgt worden gezien.

---

input	omstandigheden	testsituatie	testsituatie	soort school e.d.
toestand	persoonlijke kwaliteiten	bekwaamheden	geaardheid	persoonsvariabelen
output	prestatie	prestatie op test	score op schaal voor neurotische labiliteit	resultaten op school

---

Hierbij moet worden opgemerkt dat deze black-box interpretatie van het S.O.R.-schema niet behavioristisch is in de zin van het verwerpen van model-reticulatie (i.c. het toelaten van interveniërende variabelen). Voorts staat het de onderzoeker vrij de hier als toestandsvariabelen geklasseerde variabelen op te nemen in de functie die het verband tussen input en toestand enerzijds en output anderzijds, aangeeft. Niettemin kan de psychologische vraagstelling zoals de Groot die schetst worden geïnterpreteerd als een toepassing op psychologisch gebied van een systeemtheoretische vraagstelling.

De systeemtheoretische benaderingswijze wordt door Royce (1970b) van groot belang geacht. Hij wijst daarbij op het werk van von Bertalanffy en J. G. Miller. Evenzo wijzen de referenties bij het artikel van Gochman (1968) over 'psychological systems' in 'The international encyclopedia of the social

sciences' op de aanwezigheid van een meer expliciet systeemdenken binnen de psychologie.

We treffen dit meer *expliciete systeemdenken* onder meer aan op het gebied van de persoonlijkheidstheorie (Allport, 1968), waar expliciet van het concept open systeem wordt gebruik gemaakt. Gochman (1968) wijst in dit verband op het werk van Rokeach over 'open en closed minds'. Rokeach maakt gebruik van systeemtheoretische concepten zoals differentiatie, open systeem en gesloten systeem.

Op het gebied van het denken kunnen we wijzen op theorieën omtrent het structurele evenwicht zoals die door Heider zijn ontwikkeld en door Cartwright en Harari met behulp van de theorie der grafen zijn geformaliseerd (Zajonc, 1968). Men kan overigens deze theorieën wellicht ook rekenen tot de sociale psychologie of de micro-sociologie. Soortgelijke opmerkingen kunnen worden gemaakt over de theorie van de cognitieve dissonantie van Festinger.

Opvallend is intussen dat de psychologische vraagstelling congruent is met de black-box approach, terwijl de gegeven voorbeelden van systeemdenken voornamelijk betrekking hebben op de gepostuleerde interne structuur van de black-box. Het betreft hier dus modelreticulatie. Toegepast worden dan systeemtheoretische begrippen welke van toepassing zijn op systemen die geen black-box zijn.

Belangrijke aanknopingspunten met het systeemdenken bestaan op die gebieden waar gebruik wordt gemaakt van de informatietheorie (Attneave, 1959), op het gebied van de man-machine systems (o.a. Carbonelle, 1969; Baron en Kleinman, 1969; Gagné, 1963; Klabbers, 1972; de Greene, 1972; Singleton, 1967; Meister and Rabideau, 1965) en de 'human-operator' waar de aansluiting met de regeltechniek zeer hecht is.

Aansluiting is eveneens aanwezig met de motivatietheorie van Vroom (Vroom, 1964; Landeweerd e.a., 1972). Nogal pretentieuze pogingen om tot een gegeneraliseerde gedragstheorie te geraken, zijn gedaan door Herbst (1967).

Het moet in het bestek van deze studie blijven bij deze inkomplete opsomming. De konklusie is dat de aanrakingspunten tussen systeemleer en psychologie alsmede het expliciete en impliciete systeemdenken in de psychologie een gunstig perspectief bieden voor nader onderzoek en ook voor de integrerende werking van de systeemleer.

#### 4.3.2. *Het systeemdenken in de sociale psychologie*

Het is uit het oogpunt van een eenheidswetenschap, als nastrevenswaardig ideaal, een gelukkige omstandigheid dat de grenzen tussen de verschillende sociale wetenschappen vervagen.

Maar juist door dit vervagen van de scheidslijnen krijgt de bespreking van het systeemdenken in deze disciplines, in afzonderlijke paragrafen, een kunstmatig karakter. Indien de Groot gelijk heeft met zijn stelling dat de gehele psychologie sociale psychologie is, biedt de voorgaande paragraaf voldoende adstruktie voor de bewering dat ook in de sociale psychologie van systeemdenken sprake is. Ook voor wat betreft de sociologie kan een analoge konstatering worden gemaakt. De sociale psychologie is zowel vanuit de psychologie als vanuit de sociologie benaderd en interesseert zich voor het gedrag van individuen in relatie met hun (sociale) omgeving (McDavid e.a., 1968; Lindzey e.a., 1968; Shaw e.a., 1970).

Hierin kunnen aanknopingspunten worden gevonden om, de vaagheid van de scheiding in het oog houdend, psychologie en sociale psychologie als concentratiepunt te onderscheiden.

Zo valt bijvoorbeeld veel onderzoek aan mens-machine systemen niet onder de voorgaande omschrijving van sociale psychologie omdat daarbij juist van de sociale omgeving wordt geabstraheerd. Dit geldt eveneens in belangrijke mate voor de psychologie van het denken en voor de psychologie die zich bezighoudt met het vraagstuk van de individuele verschillen. In principe echter kan bij studies over bv. leiderschap en attitude niet van de sociale omgeving worden geabstraheerd.

De verleiding is groot in deze ruwe aanduidingen een aanknopingspunt te vinden voor een systeemtheoretische onderscheiding tussen psychologie en sociale psychologie. Dan komt men echter op gevaarlijk terrein. De scherpe afbakening die hiervan het gevolg zou kunnen zijn is immers in strijd met de idee van de systeemleer. Bovendien is de bewering dat de sociale omgeving bij de psychologie een veel minder centrale rol speelt dan bij de sociale psychologie in afnemende mate waar. In de sociale realiteit blijkt nl. dat het abstraheren van de sociale omgeving veelal wetenschappelijk niet vruchtbaar is.

Ten opzichte van de sociologie is een punt van verschil gelegen in het aggregatieniveau. Sociologie is volgens Allport (Lindzey e.a., 1968, Chapter 1) een 'higher level' discipline: 'They wish to know the course of society with the individual extracted'.

De verschillende theoretische orientaties binnen de sociale psychologie zijn

het eenvoudigst te onderscheiden in een enigszins historische belichting. Daarbij laten we de psychoanalytische stroming buiten beschouwing omdat andere stromingen betere aanknopingspunten bieden.

De S-R of *behavioristische oriëntatie* (Lindzey and Aronson, 1968; McDavid and Harari, 1968) vindt zijn oorsprong in het behaviorisme (zie par. 4.1.3.). In de benaming 'reinforcement' oriëntatie die aan deze stroming wordt gegeven door Shaw e.a. (1970) komt reeds enigszins tot uitdrukking dat het hier gaat om leerverschijnselen en wel in het bijzonder het sociale leren. Een belangrijk gebied in de sociale psychologie, evenals in de sociologie, is dat van de socialisatieprocessen. De verwantschap met de systeemleer van de behavioristische oriëntatie is in de voorgaande paragraaf reeds plausibel gemaakt.

De *Gestalt-theorie* is binnen de sociale psychologie van belang omdat twee oriëntaties erop kunnen worden teruggevoerd. De Gestalt-theorie is ontwikkeld binnen de algemene psychologie in de context van perceptievraagstukken. De sociale aspecten van perceptieprocessen, alsook de perceptie van zijn sociale omgeving door het individu, vormen belangrijke onderdelen van wat Lindzey en Aronson (1968) als kognitieve oriëntatie aanduiden. Naast deze eerste uitloper van de Gestalt-psychologie is er een tweede. De Gestalt-idee is met name door Lewin, vanuit het individueel psychologisch niveau gehaald en van toepassing gebracht op een hoger niveau van aggregatie. In Lewin's veld-theorie ligt de basis voor de groepsdynamica. De relatie tussen systeemleer en Gestalt-theorie is in het voorgaande reeds aangestipt. Overigens is op dit punt de scheidslijn met de sociologie vaag. Martindale (1961) beschouwt de groepsdynamica als micro-sociologie.

Onder *transactional approaches* plaatsen Shaw e.a. (1970) tenslotte onder meer de roltheorie die de betrokkenheid van het individu op zijn sociale omgeving centraal stelt.

Globaal beschouwd vindt men in de sociale psychologie verwantschap met systeemdenken.

In de behavioristische benadering vindt men aansluiting bij de systeemtheoretische notie van de besturing van het individu door zijn omgeving.

In de kognitieve oriëntatie gaat het om de (interne) representatie van de (externe) omgeving. Een systeemtheoretische benadering zou in dit verband



de vraag stellen naar het model dat het individu heeft van zijn omgeving, en de wijze waarop op basis daarvan, zowel de perceptie als het uitwendig gedrag wordt bestuurd.

Interessant is het dat in de roltheorie de begrippen rolzender en rolontvanger in zeker opzicht symmetrisch zijn. Juist het symmetrisch beschouwen van systeem en omgeving leidt er in de systeemtheorie toe dat wordt ingezien dat besturing en beïnvloeding symmetrisch zijn. Systeemtheoretisch bezien heeft gedrag daarom niet slechts een passief aanpassend element doch ook een element van (bewuste) beïnvloeding van de omgeving.

Hoewel zo de relatie van het systeemdenken met de sociale psychologie aannemelijk is gemaakt, is het duidelijk dat, in het belang van de integratie der wetenschappen verdere en grondiger studie nodig is.

Voor de sociale psychologie zelf is het echter niet het meest interessant aan te tonen (hier is het slechts aannemelijk gemaakt) dat de verworvenheden der sociale psychologie kunnen worden vertaald in systeemtermen. Evenals voor elke discipline staat m.b.t. de systeemleer de vraag centraal in hoeverre de systeemleer een bijdrage kan leveren tot de ontwikkeling der sociale psychologie.

Evenals voor de integratie van disciplines onderling is voor de integratie van deelgebieden binnen een discipline een censluidende terminologie van onschatbare waarde. De systeemtheoretische S-O-R terminologie is hiervan een voorbeeld.

Katz en Kahn (1966) trachten in hun *social psychology of organizations* zeer expliciet op basis van de systeemleer te werk te gaan. Hun benadering heeft echter een sterk organistisch karakter. Interessanter echter lijken aanknopingspunten tussen Festinger's theorie van de kognitieve dissonantie en de systeemtheoretische ideeën op het stuk van de besturing. De theorie van de kognitieve dissonantie zou immers systeemtheoretisch kunnen worden beschouwd als een theorie over de maatregelen die een individu zou kunnen treffen om inkonsistenties tussen kognitieve elementen (kennis, opinies en overtuigingen over de omgeving, zichzelf en zijn gedrag) te verminderen. Opgevat als besturingsvraagstuk is dan de eerste vraag welke logisch mogelijke besturingsvormen er bestaan (bv. gedrag veranderen, omgeving veranderen). Vervolgens moet de aandacht worden gericht op de vraag welk van deze vormen in een specifiek geval zal worden gekozen en de intensiteit van de besturende actie.

De relatie tussen systeemdenken en sociale psychologie is hiermee plausibel gemaakt. Meer kan in het bestek van deze studie niet worden gedaan.

#### 4.3.3. *Het systeemdenken in de sociologie*

Konfronteerde de vraag naar het systeemdenken in de psychologie ons met het merkwaardige fenomeen dat de term systeem in de psychologie eerst de laatste jaren wordt gehanteerd, in de sociologie is de term systeem een bekend begrip. Vooral sinds door Pareto, Znaniecki en anderen de grondslag is gelegd van het sociologisch functionalisme neemt het begrip systeem een belangrijke plaats in (Martindale, 1961).

In de oudere sociologie echter heeft het begrip systeem nauwelijks een zelfstandige betekenis. Het duidt daarin voornamelijk op de onderlinge samenhang van waaruit de maatschappij moet worden begrepen (Tjaden, 1969).

De centrale plaats die in de sociologie aan samenhang moet worden toegekend is begrijpelijk vanuit de voorwetenschappelijke ervaring. De sociologie beweegt zich op een hoger aggregatieniveau dan de psychologie. Waar de psychologie zich richt op de verklaring van het individuele gedrag gaat het in de sociologie om instituties zoals de kerk, het leger en produktieorganisaties. In de voorwetenschappelijke ervaring wordt over instituties gesproken alsof zij een bestaan hebben wat van hun leden relatief onafhankelijk is. Met dit hogere niveau van aggregatie waarop de sociologie zich richt hangt het meetprobleem samen. Indien men tracht eigenschappen van organisaties te meten via vragen aan individuele leden ontstaat het gevaar van micro-redukcie.

Micro- en macroredukcie kunnen beide met sociologische voorbeelden worden toegelicht.

Aangezien de sociologie opereert op het aggregatieniveau van de kollektiviteit, dringt zich immers de vraag op of, ruw gezegd, het individu vanuit de kollektiviteit (macro-redukcie) dan wel de kollektiviteit vanuit de individuen (micro-redukcie) moet worden begrepen.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat beide premissen alternerend in de sociologische literatuur naar voren zijn gebracht. Dit weerspiegelt zich in de uitgangspunten voor de theorievorming. Zo gaat bijvoorbeeld De Roberty er vanuit dat de psychologie berust op de sociologie (macro-redukcie) terwijl Spencer meent dat het geheel geen andere eigenschappen kan hebben dan de cellen waaruit het is opgebouwd (micro-redukcie). Durkheim stelt dat de

sociologie niet kan worden opgebouwd uit de psychologie (anti micro-reduktie), bij Tarde staan daarentegen psychologische verschijnselen centraal (micro-reduktie) (Martindale, 1961). Overheersend is toch wel de overtuiging dat de kollektiviteit iets meer is dan de som van individuen. Daarnaast is er het klassieke probleem van het voortbestaan. Zo kan een vereniging meer dan in naam 'voortbestaan' terwijl haar gehele ledenbestand wordt vernieuwd. Wat er dan 'voortbestaat' is de structuur, die overigens niet als konstant of invariabel moet worden beschouwd. Hier bestaat aansluiting met de systeemtheoretische begrippen homomorfie en isomorfie.

Bij de beknopte weergave van enkele punten uit de geschiedenis der sociologie zal, waar nodig, nog nader op deze problemen worden ingegaan. Voor het moment is het goed te bedenken dat vooral het voor de sociologie centrale probleem van individu versus kollektiviteit als vanzelf aansluiting vindt bij de systeemleer, in het bijzonder bij het begrip systeem, bij de kontekstuele strategie van theorievorming die zowel het micro- als het macro-reduktionisme vermijdt en bij het principe van de relatieve autonomie van subsystemen.

Naast deze algemene opmerkingen over (impliciet) systeemdenken in de sociologie is het mogelijk te wijzen op de ontwikkeling en het gebruik van systeemconcepten door een groot aantal sociologen waaronder Parcto, Znaniecki, Henderson, Homans en Parsons. Vooral echter omdat het expliciete systeemdenken voor de sociologie bepaald niet nieuw is verdient het aanbeveling het speciale of zo men wil beperkte karakter van deze systeemtheorieën in het licht van de moderne systeemleer naar voren te halen. Zo wijst van der Zwaan (1973) er terecht op dat systeemtheorie en structureel-funktionalisme veelvuldig met elkaar worden verward.

De sociologische literatuur verschaft met betrekking tot het systeemdenken in de sociologie onder meer indelingen van Buckley en Luhmann. Tjaden (1969) geeft in een moeilijk toegankelijk werk een uitgebreide verhandeling over de geschiedenis en de betekenis van de begrippen sociaal systeem en sociale verandering. In zijn inleiding spreekt hij echter van 'die moderne Schwierigkeit, Theorien sozialer Systeme und sozialen Wandels zu vereinen ...' (Tjaden, 1969).

Sociale statica en sociale dynamica worden daarmee met systeem respectievelijk verandering in verband gebracht. Hoewel dit waar moge zijn voor bepaalde sociologische systeemtheorieën is dit in zijn algemeenheid niet juist. Een indeling van Luhmann lijkt geschikt om te ontkomen aan de onjuiste

identificering van systeemdenken met de sociale statica. In zijn 'Soziologie als Theorie sozialer Systeme' (Luhmann, 1967) geeft hij, in een voetnoot, de volgende verhelderende stadia in het systeemdenken.

1. *De ontologische systeemtheorie*

Hierin werden systemen gedefinieerd als geheel. Het ging daarbij vooral om de onverbreekelijke samenhang tussen delen die een eenheid vormen. Het gebruik van het Gestalt-begrip zoals dat eerder werd gereleveerd vormt van dit ontologische systeemdenken een voorbeeld. In deze vroege vorm van het systeemdenken was voor een omgevingsbegrip geen plaats.

2. *De evenwichtstheorie*

Het omgevingsbegrip werd geïntroduceerd doch werd beschouwd als een bron van verstoringen. Dientengevolge ontstond het vraagstuk van het behoud van het evenwicht ondanks de aanwezigheid van een bedreigende omgeving.

3. *De theorie van de open systemen*

De omgeving werd niet meer gezien als bron van het evenwicht bedreigende verstoringen, doch als een voor het evenwicht juist noodzakelijk element. Ter voorkoming van misverstanden zij hier reeds opgemerkt dat het begrip open systeem in hoofdstuk 5 een andere inhoud zal krijgen. Dan omvat het ook die concepties die door Luhmann onder evenwichtstheorie worden geplaatst.

4. *De cybernetische systeemtheorie*

Deze systeemconceptie gaat uit van het postulaat dat de ingewikkeldheid en de onvoorspelbaarheid van de omgeving een selectief gedrag van het systeem met zich meebrengt. Systemen hebben de functie, aldus Luhmann, om complexiteit te reduceren.

*Ontologische systeemtheorie*

Op de ontologische systeemtheorie wordt niet verder ingegaan omdat in het voorgaande op de centrale betekenis van de samenhang reeds is gewezen. Vierkandt introduceerde het Gestalt-begrip in de sociologie (Martindale, 1961).

*Evenwichtstheorie*

Znaniacki, die voortbouwt op Pareto's sociologie, wijst op de overeenkomst tussen de evenwichtsbevorderende mechanismen en het homeostase begrip van Cannon (Znaniacki fragment in Tjaden, 1971).

Znaniiecki's systeemkoncept draagt reeds duidelijk het karakter van een theoretisch koncept.

'The sun and planets may be viewed as a system or as an element of a wider sidereal system. Critical to his theory is the idea that every empirical object is either a system or an element in a system or both' (Martindale, 1961).

Ook het beginsel van dekompositie (zie hoofdstuk 5) was Znaniiecki bekend. 'The first task of the scientist is to circumscribe the system in question and determine the elements belonging to it. For this purpose, special tests are often necessary. This task of circumscription partly overlaps with that of description. If the system as circumscribed at the outset proves to be too comprehensive, the scientist will need to break it up into smaller systems or else group many objects into larger units which behave in like respects. Moreover, we are interested in the relation to the system of any object chosen for study; we are not interested in its total unique qualities. The system itself provides standards of selection. 'A system is relatively isolated from external influences owing to its structure, *i.e.* to the total combination of forces which keep its elements connected in a way none of them are connected with any outside objects' (Martindale, 1961).

In Luhmann's indeling kan een mechanisch model onder de evenwichtstheorieën worden geplaatst. Hoewel bij Pareto zeker plaats is voor structurele veranderingen van het systeem moeten deze toch worden gezien als minder ingrijpend. Het systeem tendeeft ernaar de door verstoringen veroorzaakte structuurveranderingen teniet te doen.

#### *Open systeem*

De derde vorm van systeemdenken, het denken in open systemen, is ontleend aan de biologie. Buckley (1967) spreekt hier over het organische model. Vooral Spencer heeft dit in de sociologie geïntroduceerd. De sociologie heeft echter aan de biologie niet slechts één doch tenminste drie modellen ontleend. Vermoedelijk het meest voor de hand liggend is het model van het individuele organisme. Buckley stelt in dit verband: 'But from one point of view it was an especially unfortunate decision of Spencer and others to liken society to the individual organisms rather than to the species for many of the contradictions in their position stem from the failure to distinguish biological levels or organization' (Buckley, 1967).

Het ekologisch model beweegt zich op een hoger niveau van aggregatie. De recente discussies over de verstoringen die de moderne welvaartsstaat teweegbrengt in de natuurlijke evenwichten vormen onderwerp van studie in de

ekologie. Aangezien Spencer in zijn 'Grundlagen der Philosophie' een volk-stam als voorbeeld hanteert (zie Tjaden, 1971) rijst toch de vraag of hij niet mede het ekologisch model op het oog heeft. Of Buckley met zijn bovengeciteerde opmerking het bij het rechte eind heeft zou echter een diepergaande studie van Spencer's werk vragen.

Darwin's idee van de 'survival of the fittest' levert een derde aan de biologie ontleend model. Darwin's evolutietheorie bewoog zich niet alleen op een hoger aggregatieniveau doch beschouwde de biologische processen ook over een lange tijdsperiode. De ontwikkeling van de soorten vormde bepaald geen harmonieus beeld.

Het uitsterven en ontstaan van soorten draagt meer het karakter van een reeks conflicten waarin steeds een bepaalde soort als (tijdelijk) overwinnaar uit de bus komt. Het is daarom begrijpelijk dat Martindale (1961) de sociaal Darwinisten aanduidt met de term sociologische conflicttheorie.

#### *Cybernetische systemen*

In het procesmodel herkent Buckley (1967) bepaalde cybernetische principes in primitive vorm. Stellig interessant is hier bijvoorbeeld Simmel's konstatering van het symmetrisch karakter van de invloed tussen baas en ondergeschikte alsook zijn opvatting dat conflict niets meer is dan een speciale vorm van een relatie.

Boeiend is ook Simmel's benadering van de onderlinge relatie tussen individuen: '... a precondition of relationship between people is that they know something about each other ... In part social relationships depend upon the completeness of knowledge of each other. At the same time no one can know everything about the other' (Martindale, 1961). Dit korrespondeert met de systeemtheoretisch voor de hand liggende veronderstelling dat een individu zijn gedrag ondermeer baseert op een model van de individuen waarmee hij in interactie staat.

Zelfs de toestandsbeschrijving van het gedrag van systemen kan in de oudere sociologie worden aangetroffen. In kwasi-wiskundige symboliek stelt Von Wiese (geciteerd uit Martindale, 1961): 'Every social process implies a plurality of participants, sometimes quite large, but the simplest process takes place in an occurrence directly involving but two persons, and we shall here assume that this is what the formula indicates:

$$P = A \times S$$

That is, every social process is the result ('product') of a personal attitude

(*A*) and a situation (*S*). In thus calling attention to the observable fact that in every social process both attitude and situation exert influence, there is no claim that both always exert it in the same degree.

Attitude and situation are composite factors. *A* is the resultant of (1) the socially relevant native equipment, or *N* (including, among other things, the temperamental attitudes described by Thomas); and (2) previous experiences, or *E*. The inherited and the experienced are to be taken into account. Therefore  $A = N \times E$ .

The situation, *S*, also yields two components: (1) the extrahuman environment, the physical basis, or *B*; and (2) the attitudes of the other participant in the process in question, or *A*<sub>1</sub>. Here also one factor must not be disregarded for the sake of the other. Hence  $S = B \times A_1$ .

The factor *A*<sub>1</sub> offers the same possibility of separation into component elements ...

The various minor formulac used in analysis combine into the following major formula:

$$P = N \times E \times B \times (N \times E)_1.$$

Als de notatie van Von Wiese, die ook vermoedelijk door hem niet letterlijk is bedoeld, door een modernere notatie wordt vervangen dan ontstaat de uitdrukking:

$$P = f(N, E, B, A_1)$$

En als de voor het betreffende individu konstante *N* in *f* wordt ondergebracht dan krijgt men:

$$P = f_N(E, B, A_1)$$

Dan rest nog *E* in korrespondentie te brengen met de toestand en *B* en *A*<sub>1</sub> met de input om de relatie met het systeemdenken bij Von Wiese te signaleren. Jammer genoeg wordt het mathematisch formalisme veelal verward met pogingen tot kwantificering. Zoals Martindale zegt: 'But, alas, all this quantification is only make believ' en daarvoor: 'Nor does Wiese's positivism stop with physical figures of speech. The ideal method of analysis of social process is set forth in pseudo formulas' (Martindale, 1961).

Dit gaat ten onrechte voorbij aan de betekenis van wiskunde als taal. Dit is nu juist voor de systeemleer van eminent belang.

### *Evenwichtstheorie*

Buckley (1967) hanteert voor zijn beschouwing over systeemmodellen in de sociologie het mechanische en het organische systeemmodel. Het mechanische model is vooral door Pareto in de sociologie geïntroduceerd, en is aan de

mechanica ontleent. Nu is het van belang op te merken dat Pareto zijn evenwichtsbegrip niet ontleent aan de Newtonse mechanica doch aan de statistische mechanica. 'Der Zustand  $X$  ist analog demjenigen, den man statistisches Gleichgewicht in der kritischen Theorie der Gase nennt' (geciteerd uit een Duitse vertaling van Pareto fragmenten; Tjaden 1971). Pareto behandelt ter toelichting een voorbeeld van het verbruik van sigaren in een bepaald land. Dat er sprake is van een konstant of eventueel stijgend verbruik wil bepaald niet zeggen dat dat geldt voor elk individu of molecuul om een term van Pareto te hanteren. Dit statistische evenwichtsbegrip laat bepaald meer ruimte voor individuele variatie als het evenwichtsbegrip van de klassieke mechanica. Het zou te ver voeren op dit aspekt van Pareto's evenwichtsbegrip dieper in te gaan. Indien ik echter, met Buckley, Pareto's model een mechanisch model noem, moet echter wel worden bedacht dat dit een speciaal karakter draagt.

Bovendien kan men in Pareto's 'interdependenten Zyklen' een primitief idee van terugkoppeling of minstens van circulaire beïnvloeding herkennen. Bij Michels, een jongere tijdgenoot (en later landgenoot), van Pareto komt zowel de positieve als de negatieve terugkoppeling naar voren (de Sitter, 1972).

Het voorgaande moge hebben verduidelijkt dat in de sociologie verschillende systeemmodellen gehanteerd zijn. Met sociologen als Spencer, Pareto, Znaniecki, Simmel en Von Wiese is de rij sociologische systeemdenkers bepaald niet uitgeput. Zo zou het bepaald interessant zijn na te gaan in hoeverre Mannheim's ideeën op het stuk van de verschillende gedachtenwerelden in theorie en praktijk, de nadelen van partiële benaderingen en de noodzaak van een synthese verwantschap vertonen met het systeemdenken. Ook Marx wordt wel een systeemtheoreticus genoemd.

Het kader van deze studie dwingt echter tot een beperking tot enkele in de belangstelling staande sociologen die ook voor de organisatiekunde van belang zijn. Daarbij valt de keuze op Weber, Parsons en Homans. Het ware daarbij aantrekkelijk hen onder te brengen bij een van de vier denkstadia in het sociologisch systeemdenken die in deze paragraaf tot op heden zijn benut. Dit zou er echter toe leiden dat systeemtheoretisch interessante aspekten in hun werk zouden moeten worden verwaarloosd, zoals in de korte bespreking die aan hen zal worden gewijd, zal blijken.

Max Weber is in dit kader van interesse vanwege zijn conceptie van het ideale type, vanwege zijn bureaukratietype en vanwege zijn bijdragen tot wat Silverman (1970) de aktiebenadering noemt.



Weber's ideaaltype is interessant vanwege de verwantschap met de methodologische constructie van het paradigma. Het paradigma van de besturing zal in hoofdstuk 7 worden behandeld.

Nu bestaat over het begrip ideaal type veel verwarring in de literatuur. Weber zelf ontleent het aan de economische theorie. Als voorbeeld van een ideaal typische constructie wijst hij op het abstracte vrije markt begrip. Abstraherend van concrete economische verschijnselen wordt daarin een geïdealiseerd theoretisch systeem geschapen dat volstrekt consistent is.

'... einen Idealtypus. Er wird gewonnen durch einseitige Steigerung eines oder einiger Gesichtspunkte und durch Zusammenschluß einer Fülle von diffus und diskret, hier mehr, dort weniger, stellenweise gar nicht, vorhandenen Einzelscheinungen, die sich jenen einseitig herausgehobenen Gesichtspunkten fügen, zu einem in sich einheitlichen Gedanken bilde. In seiner begrifflichen Reinheit ist dieses Gedankenbild nirgends in der Wirklichkeit empirisch vorfindbar, es ist eine Utopie, ...' (Weber, 1951).

Het idealiserend abstraheren is ook in de fysica bekend. In termen als punt-massa of ideaal koord komt dit tot uitdrukking. Om deze verwantschap met het ideaaltype van Weber naar voren te halen is het echter nodig het te onderscheiden van het specifieke gebruik dat hij ervan maakt in zijn Verstandende methode.

Het meest bekend ideaaltypische of zuivere begrip van Weber is dat van de bureaucratie. Het is de theoretische constructie van een volstrekt logisch rationeel onpersoonlijk en betrouwbaar funktionerende organisatie waarin benoemde en gesalarieerde ambtenaren op onpersoonlijke wijze en gebaseerd op deskundigheid in een strakke hiërarchie plichtsgetrouw de ambtelijke regels toepassen. De bureaucratie heeft aldus het karakter van een machine-model. Het is overigens de vraag of Weber's bureaucratie impliceert dat daarin de zuivere ambtenaar niet een zekere beslissingsruimte werd toebedacht omdat hij spreekt over '... de vakman, die menselijk niet bij zijn beslissingen betrokken is' (Weber, 1972a).

Het lijkt er dus op dat de zuivere ambtenaar wel degelijk beslissingen neemt. Persoonlijke doelstellingen heeft de ambtenaar bij zijn ambtsvervulling echter niet.

Het bureaucratiebegrip heeft in de omgangstaal veelal negatieve aspecten zoals traagheid, ondemocratisch optreden, ongecontroleerde macht in handen van ambtenaren en frustratie van de radertjes in de machine. De zuivere bureaucratie is aldus Weber juist (extern) democratisch (zonder aanzien des persoons) en wordt gekenmerkt door snelheid en effectiviteit. Bureaucratie

in de ideaaltypische betekenis moet dan ook niet worden verward met het hedendaagsc bureaukatiebegrip. Voor ongewenste verschijnselen in reële bureaukatieën had Weber wel oog. In de zuivere bureaukatie komen ze echter niet voor. Evenmin is het juist er, zoals in de organisatiekunde wel gebeurt, een normatieve betekenis aan toe te kennen.

Tenslotte enkele opmerkingen over Weber's bijdragen tot de aktietheoretische stroming. Weber's zuivere ambtenaar met zijn objektieve onpersoonlijke machinale gedrag wijkt sterk af van zijn begrip van de individuele aktor. Het sociale gedrag van de aktor wordt door Weber begrepen vanuit de subjektieve betekenis die door het individu aan de aktie wordt toegekend. Ook echter bij zijn aktietheoretische werk hanteert hij een ideaaltipe. Irrationeel gedrag kan worden begrepen als afwijkend (in de neutrale betekenis van die term) van het zuivere tipe van de rationele aktie. Aktueel gedrag kan dan worden begrepen door allereerst de rationele aktie te bepalen en vervolgens de irrationele komponenten toe te voegen ter verklaring van het verschil tussen het waargenomen en het rationele gedrag (Weber, 1972b).

In latere hoofdstukken zal plausibel worden gemaakt dat de aktietheoretische benadering eveneens een systeembenadering is. Deze bijdragen van Weber moeten worden gezien als behorend tot de procesmodellen zoals Buckley die heeft onderscheiden. In Luhmann's indeling zou ik ze tot de cybernetische theorie willen rekenen omdat ze daarop het meeste lijken. Op de cybernetica zijn ze echter vanzelfsprekend niet gebaseerd.

Het systeemmodel van Parsons is zowel op het mechanische of evenwichtsmodel als op het organische of open systeemmodel geïnspireerd (Buckley, 1967). Parsons is stellig de bekendste systeemsocioloog. De voornaamste kritiek die op zijn struktureel-funktionele systeemtheorie is geleverd heeft betrekking op de evenwichtskonceptie en het daarmee samenhangende, behoudende en systeem-instandhoudende karakter. Parsons' evenwichtskonceptie is niet zeer verschillend van die van Pareto. Ook Parsons' evenwicht kan statisch, dynamisch of statistisch zijn. Het systeem beschikt over mechanismen die evenwichtsverstoringen tegenwerken. Door socialisatie en sociale kontrolle wordt de systeemstruktuur gehandhaafd. De omgeving is echter bij Parsons niet slechts bron van verstoringen. Zijn systeemkoncept kent aan de relatie tussen systeem en omgeving een meer centrale betekenis toe.

'Here the dependence of the organism on its physical environment for nutrition and respiration is prototypical. This is the essential basis of the famous concept of function as it applies to social systems, as to all other living systems ... functional problems are those concerning the conditions of maintenance and/or development of the interchanges with environing systems' (Parsons, 1968).

In zijn *AGIL* schema komen vier functionele systeemproblemen tot uitdrukking. Adaptatie (*A*) en doelrealisering (*G*) hebben betrekking op de relaties tussen systeem en omgeving. Structuurhandhaving (*L*) en integratie (*I*) zijn beide intern georiënteerd (Parsons, 1971). Hoewel niet identiek, is er een zekere verwantschap met de in hoofdstuk 7 te ontwikkelen stuurkarakteristiek.

De beperktheid van Parsons' systeemmodel ligt vooral daarin dat de systeemveranderende krachten extern worden gedacht. Het is een homeostatisch of morfostatisch model (Buckley, 1967).

In hoofdstuk 7 zal blijken dat de introductie van meerdere bestuursorganen met kontradictoire doelen in eenzelfde systeem de introductie van intrasysteemconflict mogelijk maakt (zie ook: van der Zwaan, 1973 en de Sitter, 1974). Opvallend is ook het feit dat het systeem door Parsons wordt beschouwd als subsysteem van een meer omvattend systeem. Het lijkt crop alsof de omgeving daarmee niet als een gelijkwaardig, maar als een bovengeschikt systeem wordt gekonceptualiseerd. Het is zo dat in moderne systeemtheorieën juist de omgeving steeds minder stiefmoederlijk wordt behandeld. Interessante perspectieven ontstaan indien men, bij de beschouwing van de verhouding tussen systeem en omgeving, ze beide op dezelfde wijze, als systeem, gestalte geeft.

Buckley (1967) contrasteert het evenwichtsmodel van *Homans* met dat van Parsons in een aantal punten. Bij Parsons hebben de functionele vereisten (*AGIL*) een van de structuur onderscheiden plaats.

Voor *Homans* daarentegen zijn eventuele aanpassende mechanismen in de structuur zelf vervat in de vorm van terugkoppelingen.

Van belang, doch ook aanleiding tot verwarring, is *Homans*' conceptie van het interne en het externe systeem. Verwarring van het externe systeem met de omgeving ligt voor de hand doch is onjuist. In de onderscheiding van een intern, en een extern systeem tracht *Homans* tot uitdrukking te brengen dat het niet bevredigend is de groep uitsluitend als een schepping van zijn omgeving te zien. Dit hangt samen met zijn idee van het overleven dat voor hem niet axiomatisch is gegeven doch in een concrete situatie waarneembaar is.

Als men constateert dat een groep gedurende een zekere periode blijft bestaan kan daaruit worden gekonkludeerd dat mechanismen die dat mogelijk maken hebben gewerkt.

Het externe systeem nu, is dat deel van de als systeem beschouwde groep dat op deze mechanismen betrekking heeft. In systeemtermen is het derhalve een deelsysteem (i.e. partieel systeem) dat op de omgeving is betrokken. Het interne systeem ontwikkelt zich op basis van het externe systeem. Dit interne systeem wordt dus niet rechtstreeks door de omgeving bepaald. Het is, in moderne systeemterminologie, wederom een deelsysteem. Geheel in overeenstemming met deze onderscheiding stelt Homans dat de invloed van de groep op de omgeving (in systeemtermen is dit externe sturing) anders is dan ze zou zijn geweest indien er geen intern systeem aanwezig zou zijn (fragmenten uit Homans' werk in Tjaden, 1971).

Ook de conceptie van 'social exchange' is van belang. Daarin wordt gedrag begrepen als een voortdurende uitwisseling van activiteiten waaraan voor de betrokken individuen kosten en baten van psychische en materiële aard zijn verbonden.

#### *Recente bijdragen*

Eerder in dit hoofdstuk is reeds gewezen op de onjuiste verwarring van systeemtheorie en structureel functionalisme. In het voorgaande moge echter duidelijk zijn geworden dat de systeemconcepten van bv. Pareto bezien in het licht van de systeemleer een beperkt karakter hebben. Ze hebben een relatief stationaire (kwasi-stationaire) structuur, intrasysteemconflict is uitgesloten, de verhouding tussen systeem en omgeving wordt tamelijk asymmetrisch gezien.

Als dan ook R. Sierksma stelt: 'Maar het Utopia van het systeemdenken, hoe briljant dit ook in boeken als *The Social System*, ... wordt behandeld, is na analyse eenvoudig behoudend te noemen. Weliswaar wordt gesproken over verandering ...' (Sierksma, 1970), teken ik aan dat dit niet van toepassing is op de systeemleer in zijn geheel doch slechts op bepaalde systeemmodellen. Men kan dit behoudend karakter ook bepaald niet aan moderne sociologische systeemtheorieën toeschrijven.

Zo heeft Luhmann een poging gedaan tot een sociologische systeemtheorie te geraken. Zijn belangrijkste opstellen zijn recentelijk gebundeld (Luhmann, 1970). Een bespreking is van de hand van Sievers (1971). Luhmann tracht tot een theorie der sociale systemen te komen door een synthese van de sociologische systeemtheorie (functionalisme) en de cybernetische systeemtheorie

(Ashby, e.a.; Sievers, 1971). Daarbij plaatst Luhmann een behartenswaardige opmerking omtrent de kritiek en de critici op de sociologische systeemtheorie: 'Es fuhr nicht weiter die erkannten Lücken oder Einsichtigkeiten der Systemtheorie in eine Gegentheorie umzumünzen: so die Integration durch Konflikt, so die Ordnung durch Wandel zu ersetzen' (Luhmann, 1967). Zelf tracht hij dan ook in plaats van een Gegentheorie te ontwerpen, de structureel-funktionele theorie om te zetten in een functioneel-structurele theorie waardoor het, volgens hem, mogelijk wordt '... nach der Funktion von Systemstrukturen zu fragen, ohne dabei eine umfassende Systemstruktur als Bezugspunkt der Frage voraussetzen zu müssen' (Luhmann, 1967). In hoeverre Luhmann in zijn pogingen is geslaagd, wagen we niet te beoordelen. In elk geval hebben we bij Luhmann een interessant aanknopingspunt tussen de systeemleer en de sociologie gevonden. Hier te lande ontwikkelen de Sitter e.a. een theorie welke met die van Luhmann verwant is (de Sitter, 1974; van der Zwaan, 1973).

Buckley, een socioloog van Amerikaanse huize, behandelt in zijn 'Sociology and Modern Systems Theory' (1967) wat hij noemt de 'modern systems approach' die de bezwaren van het mechanische en het organische model niet deelt en zijns inziens buitengewoon attractief is voor de sociologie. In zijn werk legt Buckley de relatie met de informatietheorie en de cybernetica. Zijn opvattingen over de systeemtheorie worden goed geïllustreerd door het materiaal, door hem voor een reader verzameld (Buckley, 1968). Ik waag mij niet aan een evaluatie van de sociologische betekenis van het werk van Buckley. Vergeleken met systeemtheoretische werken als bijvoorbeeld Zadeh en Desoer (1963), Mesarovic e.a. (1970), Ashby (1961) treft de vaagheid van de door hem gebruikte begrippen die voor een scherpe wetenschappelijke analyse niet bevorderlijk is.

Een dergelijke opmerking kan evenzeer worden gemaakt over een aanmerkelijk deel der sociologische literatuur, deels veroorzaakt door vooral de aard van het objekt van onderzoek (meetproblemen) en ook de gelukkig afnemende verbreidheid van de opvatting dat sociologische vraagstukken zich niet lenen voor wiskunde en formalisering.

Niettemin biedt het boek een entree tot het systeemdenken in de sociologie die makkelijker toegankelijk is dan Luhmann.

Het is duidelijk dat het mogelijk is meerdere auteurs te vinden die met systeemconcepten werken.

In het voorgaande is echter genoegzaam aangegeven dat er in de sociologie in ruime mate sprake is van systeemdenken, zij het dan dat dit in bepaalde

gevallen een beperkt karakter draagt. Zinnvolle aanknopingspunten en goede perspectieven voor de integrerende werking van de systeemleer zijn naar mijn mening in de sociologie bepaald aanwezig.

#### 4.3.4. *Het systeemdenken in de economie*

Met betrekking tot de vraag naar impliciet en expliciet systeemdenken in de economie kunnen, evenals dat voor de eerder besproken disciplines het geval is, twee deelvragen worden onderscheiden.

De geschiedenis van het economisch denken, beschreven in bv. Spiegel (1971), Gill (1967), Heimann (1945) en Oser (1970), vormt een zodanig uitgebreid en boeiend veld van studie dat het gerechtvaardigd zou zijn een afzonderlijk onderzoek te verrichten naar de relaties tussen systeemdenken en economisch denken. Het is onontkoombaar dat een dergelijk onderzoek volstrekt buiten het bestek van onze opgave valt. Er wordt volstaan met enkele zeer algemene opmerkingen.

Evenals in andere wetenschappen heeft in het economisch denken de onderlinge samenhang van in dit geval de economische verschijnselen, in het middelpunt van de belangstelling gestaan. Luhmann (1967) hanteert ter karakterisering van dit denken in gehelen de term ontologische systeemtheorie (zie par. 4.3.3.). Deze konstatering van de betekenis der onderlinge samenhang is welhaast zó vanzelfsprekend, zó platvloers misschien, dat men geneigd is ze als onbetekenend terzijde te schuiven. Dit is bepaald ten onrechte. Want het concept is niet alleen vanzelfsprekend en van centrale betekenis doch tevens gekompliceerd. De geschiedenis van het wetenschappelijk denken schildert de moeizame worstelingen die nodig waren om het concept grijpbaar te maken.

Naast dit, hetzij nogmaals gezegd, tegelijk eenvoudige en gekompliceerde denken in gehelen (nu zou van systemen worden gesproken) zijn ook op andere punten elementen van systeemdenken aanwijsbaar.

Het probleem van de orde die constateerbaar is doch niet expliciet wordt eeschapen, heeft veel economen geïntrigeerd. Zonder een ingrijpen van een menselijke organisator zou men verwachten dat een chaos ontstaat. Toch is dit niet het geval. Kortweg was de vraag: 'Hoe kan dat?' Maar ook: 'Welke maatregelen mochten worden genomen om de economische processen in de gewenste richting te beïnvloeden?'

De vraag naar het economisch evenwicht, doch ook de vraag naar het al of niet gewenst dan wel noodzakelijk zijn van ingrijpen van de staat in de economische processen, heeft dan ook veel aandacht gekregen. Bij de pogingen deze vraagstukken uiteen te rafelen, treft men, het zal geen verbazing wekken, impliciet cybernetische gedachtengangen aan. H. Krupp (1961) bespreekt in dit licht onder meer het tableau van de fysiocraat Quesnay. Ook het artikel van Mayr: 'Adam Smith and the Concept of the feedback System' maakt duidelijk dat impliciet cybernetische, of zo men wil regeltechnische concepten werden gehanteerd bij de verklaring van economische verschijnselen (Mayr, 1971).

Naast dit eerste aspect van systeemdenken in de geschiedenis der economie, wordt een tweede deelvraag onderscheiden. Met name voor de mogelijkheid van toepassing van systeemconcepten binnen de economie, een noodzakelijke voorwaarde voor integratie van voor organisatorische vraagstukken nodige stukken uit meerdere disciplines met behulp van systeemconcepten, is het interessant na te gaan in hoeverre reeds thans van systeemconcepten wordt gebruik gemaakt.

Bij een literatuuronderzoek stuit men op een buitengewoon uitgebreide literatuur, handelend over toepassingen van cybernetische of zo men wil regeltechnische modellen en concepten op economische verschijnselen. Op het terrein van de macro-economie bv. kan gewezen worden op het werk van Tustin (1957), Boulding (1968), Lange (1970), Kuhn (1966), Mésarovic (1969) en de door Schenk uitgegeven bundel (Schenk, 1971). Met name in de oost-europese landen bestaat een grote belangstelling voor cybernetica.

In de bedrijfseconomische literatuur valt, vooral de laatste jaren, een sterk toegenomen belangstelling voor systeemtheorie en cybernetica te constateren. Als aanknopingspunt en niet meer dan dat, verwijzen we naar Hoffmann (1971), Koreimann (1965), Schiemenz (1970, 1971), Edin (1969) en Unterguggenberger (1971). In de Amerikaanse literatuur op het gebied der accountancy bestaat eveneens een toenemende belangstelling voor control theory zoals o.m. blijkt uit Ijiri e.a. (1970). De informatie-theorie wordt blijkens de literatuur eveneens van betekenis geacht.

Naast deze aandacht, die binnen de economie wordt geschonken aan systeemtheorie, cybernetica, regeltheorie en informatietheorie bestaat nog op een ander punt een relatie met het systeemdenken. Het gaat hier om pogingen

de relaties van de ekonomie met andere disciplines naar voren te halen. Vanuit een zekere onvrede met de stand der ekonomische theorie heeft Boulding getracht, in zijn werk 'A reconstruction of Economics', de ekonomie in een hernieuwd perspektief te schetsen (Boulding, 1950).

Zijn zienswijze heeft een sterk systemische inslag en is sterk gericht op integratie. Aangezien evenwel volgens Boulding het geïntegreerde nooit beter kan zijn dan de te integreren disciplines wil hij allereerst de ekonomische wetenschap zélf meer voor integratie geschikt maken. Het is met dit doel dat hij het boek heeft geschreven. Hier te lande moet zeker Bouma worden genoemd als voorstander van de opvatting dat een adekwate verklaring van het ondernemersgedrag slechts kan worden verkregen door een integratie van bedrijfsökonomisch met sociaal-wetenschappelijk denken (Bouma, 1966, 1967).

Resumerend kan worden gesteld dat op grond van de aanwezigheid van (impliciet) systeemdenken, alsmede de toepassing van regeltechnische en informatietheoretische concepten, gepaard gaande met een sterke behoefte aan integratie, de ekonomie voor het systeemdenken een rijke en reeds gedeeltelijk ontgonnen voedingsbodem biedt.

#### 4.3.5. *Het systeemdenken in de natuurwetenschap en de techniek*

Met betrekking tot het systeemdenken in natuurwetenschap en techniek kan worden volstaan met enkele opmerkingen.

Systeemdenken is in natuurwetenschap en techniek in ruime mate aanwezig. Om deze stelling te adstrueren is het voldoende te wijzen op regeltechniek, informatietheorie, automatentheorie, wiskundige regeltechniek en benaderingen als systems engineering.

Bovendien is het mogelijk in de moderne systeemleer te wijzen op veel aan natuurwetenschap en techniek ontleende elementen. Zo is bijvoorbeeld het evenwichtsbegrip dat in sommige sociale systeemmodellen zo'n grote rol speelt aan de natuurkunde ontleend. Homans ontleende het begrip feedback aan de elektrotechniek.

Tenslotte wijs ik erop dat uiteraard de relatie met de axiomatische tak van de systeemleer sterk domineert.



## HOOFDSTUK 5 *grondslagen van een systeemleer*

Het is moeilijk, zo niet onmogelijk, een omvattend overzicht te bieden van de stand van de systeemleer op dit moment. Hiervoor zijn een aantal redenen aanwijsbaar.

1. Allereerst zijn de bijdragen aan de systeemleer afkomstig van veel verschillende disciplines, hetgeen gezien de belangstelling voor systeemdenken die we eerder signaleerden, niet verwonderlijk is. Hieruit volgt dat het literatuuronderzoek, hetgeen voor een dergelijk overzicht nodig zou zijn, niet tot een of enkele disciplines beperkt kan blijven.
2. In nauwe samenhang hiermee staat de betrekkelijk geringe aanwezigheid tussen de diverse 'stromingen' van kruisverwijzingen. Dit is begrijpelijk vanwege de taalbarrière (al of niet mathematisch).
3. Vanwege de betrekkelijke jeugd van het vakgebied bestaan er nog veel verschillende opvattingen en uitgangspunten. Van convergentie kan hoogstens een beginstadium worden aangeduid.

Het ligt dan ook niet in de bedoeling zo'n overzicht te presenteren, doch integendeel zal een systeemleer worden ontworpen zonder al te zeer met allerlei afwijkende opinies en uitgangspunten te rekenen. Om een indruk van de systeemleer in zijn geheel te krijgen, zij men verwezen naar Klir (1972), Hanken en Reuver (1973) en de daarin vermelde literatuur.

### 5.1. TERMINOLOGIE

Het meest wezenlijke begrip in de systeemleer is het begrip systeem. Er bestaan dan ook veel alternatieve definities en omschrijvingen van (zie bv. Keuning, 1973 en Klir, 1972). Onze definitie is geïnspireerd op de bekende definitie van Hall en Fagen (1956). Zij gaan uit van objecten, bij deze ob-

jekten behorende attributen en de onderlinge relaties tussen deze objecten en attributen. Het begrip systeem zal hier worden gedefinieerd als een verzameling van objecten waartussen zodanige onderlinge relaties bestaan dat er geen echte en niet lege deelverzameling bestaat die geen relaties vertoont met de overige objecten.

Daartoe worden een aantal begrippen ingevoerd waarvan er noodzakelijkerwijze een aantal niet gedefinieerd worden (de primitieve termen). Deze zullen worden omschreven. Door middel van voorbeelden zal worden toegelicht aan welke interpretaties daarbij gedacht kan worden. De begrippen zijn genummerd in volgorde van invoering.

### 5.5.1. Objecten en attributen

*Omschrijving 5.1: Objecten* (symbool  $\omega$ ). Objecten zijn de elementen van het systeem. Het kunnen bijvoorbeeld individuen, machines, afdelingen van een bedrijf en elementen van een elektrisch netwerk zijn. Men spreekt wel over de componenten van een systeem, over de delen waaruit het is opgebouwd. Voorbeelden van abstracte objecten zijn wiskundige variabelen, begrippen uit een systeem van begrippen, symbolen in schema's.

*Omschrijving 5.2: Objectenverzameling* (symbool  $W$ ). Een objectenverzameling is een eindige en niet-lege verzameling van objecten. Een objectenverzameling wordt als volgt aangegeven:

$$W = \{\omega_1, \dots, \omega_n\} \text{ of ook wel}$$

$$W = \{\omega \mid P(\omega)\} \text{ waarin } P \text{ een of ander predikaat voorstelt.}$$

Voorbeelden van objectenverzamelingen liggen voor de hand. Men kan denken aan een verzameling van mensen, van machines, van variabelen, etc.

In een aantal gevallen is het nuttig aan te nemen dat  $W$  wordt opgevat als een rij (of  $n$ -ling). Voor het gemak zal echter de term verzameling worden gebruikt. Als  $W$  wordt geïnterpreteerd als rij zal dit worden vermeld (Notatie:  $W = \langle \omega_1, \dots, \omega_n \rangle$ ).

*Omschrijving 5.3: Attributen* (symbool  $x$ ). Attributen zijn eigenschappen die een onderzoeker aan objecten kan toekennen. Voorbeelden van attributen zijn het gewicht van een individu, het saldo op een bankrekening, de stroomsterkte door een spoel en de kleur van een bloem.

*Omschrijving 5.4: Attributenverzameling* (symbool  $X$ ). Een verzameling<sup>n</sup> attributen wordt genoteerd met  $X$ . Ten behoeve van een onderzoek kan door een onderzoeker een bepaalde kollektie eigenschappen aan een objekt  $\omega$  worden toegekend. Deze verzameling eigenschappen wordt genoteerd als  $X_\omega$  en heet de attributenverzameling van  $\omega$ :

$$X_\omega = \{x \mid x \text{ is een attribuut dat aan } \omega \text{ is toegekend}\}$$

$$X_\omega = \{x_1, \dots, x_n\}$$

Evenals bij een objektenverzameling, zal in een aantal gevallen  $X$  als rij worden opgevat. Dan geldt dus:

$$X_\omega = \langle x_1, \dots, x_n \rangle$$

Attributenverzamelingen worden eindig verondersteld.

*Voorbeeld 1.*

Stel dat het objekt  $\omega$  een goederenmagazijn in een bedrijf voorstelt. In dat magazijn worden  $n$  verschillende onderdelen op voorraad gehouden. De attributen-toekenning kan bijvoorbeeld als volgt geschieden:

$$X_\omega = \{x_1, \dots, x_n\}$$

waarin  $x_i$  = aantal stuks op voorraad van onderdeel  $i$ .

*Voorbeeld 2.*

Veronderstel dat we  $\omega$  interpreteren als de magazijnmeester van het magazijn uit voorbeeld 1. We kunnen dan als  $X_\omega$  bijvoorbeeld definiëren:

$$X_\omega = \{\text{haarkleur van } \omega, \text{ leeftijd van } \omega, \text{ motivatie van } \omega, \text{ salaris van } \omega\}.$$

Indien  $W$  een objektenverzameling is wordt  $X_W$  gedefinieerd als:

$$X_W = \bigcup_{\omega \in W} X_\omega$$

Het is evident dat  $X_W$  eindig is. In die gevallen dat  $X_W$  als rij wordt opgevat is het nodig zowel  $X_\omega$  als  $W$  als rij op te vatten.

De voorbeelden suggereren een belangrijk toepassingsgebied: het bestuderen van een empirisch verschijnsel door middel van het konstrueren van een abstrakt model van dat verschijnsel. Daarbij is het nodig abstrakte objekten in korrespondentie te brengen met konkrete objekten. Het toekennen van attributen speelt daarbij een belangrijke rol. Er wordt vanuitgegaan dat het aantal attributen, dat aan een konkreet objekt  $\omega$  kan worden toegekend, oneindig groot is. Zo kan  $\omega$  worden gekarakteriseerd door middel van een, denkbeeldige, oneindige attributenverzameling  $X_\omega^*$ .

Bij een bepaald onderzoek is de verzameling in beschouwing betrokken attributen i.h.a. een eindige verzameling  $X_\omega$ . Derhalve wordt de oneindige verzameling  $X_\omega^* \setminus X$  buiten beschouwing gelaten.

Voor elk der attributen  $x \in X_\omega$  moet een meetprocedure worden vastgesteld. Op de meettheoretische problematiek die hiermee samenhangt zal niet wor-

den ingegaan. Er wordt volstaan met de opmerking dat de meting van attributen tenminste op een nominale schaal geschiedt. Attributen zijn per definitie meetbaar in een ruime betekenis van het begrip meten.

*Omschrijving 5.5: Het waardenbereik van een attribuut.* De verzameling van waarden die een attribuut  $x$  kan aannemen heet het waardenbereik (of domein) van  $x$ . We schrijven  $D(x)$ .

Er wordt op gewezen dat de term domein hier in een andere betekenis wordt gebruikt dan in de verzamelingenleer gebruikelijk is. Het domein van een functie  $f$  zal in voorkomende gevallen daarom worden genoteerd als  $\text{dom } f$ .

Zo kan het attribuut kleur bijvoorbeeld de waarden groen, rood en blauw aannemen.

Dus:

$$D(\text{kleur}) = \{\text{groen, rood, blauw}\}$$

Een bepaalde waarde van een attribuut geven we aan met  $x$ . Dus:

$$x \in D(x)$$

Het waardenbereik  $D(X)$  van een attributenverzameling wordt gedefinieerd als:

$$D(X) = \prod_{x_i \in X} D(x_i)$$

waarin  $\Pi$  het kartesisch produkt voorstelt. Daarbij wordt  $X$  als rij geïnterpreteerd.

Er wordt herinnerd dat de voor een bepaalde vraagstelling relevante attributen van  $\omega$  de verzameling  $X_\omega$  vormen. Derhalve kan  $\omega$  op een bepaald moment worden gekarakteriseerd door het aangeven van één element in de verzameling  $D(X_\omega)$ .

Hoewel dat voor de opbouw van het begrippenstelsel niet strikt nodig is wordt opgemerkt dat op de verzameling  $D(X)$  een metriek kan worden gedefinieerd waardoor een metrische ruimte ontstaat. Indien de attributen op een nominale schaal worden gemeten kan dit gebeuren door definitie van de nominale metriek  $d(x,y)$  als volgt:

$$d: D(X) \times D(X) \rightarrow \mathcal{R}$$

met

$$d(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{als } x = y \\ 1 & \text{als } x \neq y \end{cases}$$

waarin  $\mathcal{R}$  = de verzameling der reële getallen.

De bij een zekere  $X$  behorende ruimte zal genoteerd worden als  $\Gamma(X)$ .

In de volgende paragraaf zal het begrip relatie aan de orde komen. Daar-

voor is minimaal nodig dat de attributen op een nominale schaal worden gemeten. De metriek die daarbij kan worden gedefinieerd zoals hierboven werd aangegeven, vervult dan geen functie. Om de aansluiting met andere benaderingen (bv. lineaire systeemtheorie) meer expliciet te maken zal niettemin op sommige plaatsen over metrische ruimten worden gesproken.

### 5.1.2. Het relatiebegrip

Het relatiebegrip heeft binnen de systeemleer een dynamisch karakter. Van een relatie tussen  $\omega_1$  en  $\omega_2$  zouden we willen spreken wanneer het gedrag van  $\omega_1$  samenhangt met het gedrag van  $\omega_2$  gedurende een zeker tijdsinterval  $T$ .

*Omschrijving 5.6: Tijdstippen-verzameling.* Een tijdstippen-verzameling  $T$  is een niet-lege verzameling van tijdstippen  $T \subset \mathcal{R}$ .

Een gedraging van  $\omega$  gedurende een tijdstippenverzameling  $T$  is een afbeelding  $g_{T,\omega}$  van  $T$  in  $\Gamma(X_\omega)$ . Hierin is  $\Gamma(X_\omega)$  de bij  $X_\omega$  behorende (metrische) ruimte.

*Omschrijving 5.7: Gedraging van  $\omega$  gedurende  $T$ .*

Zij  $T$  een tijdstippenverzameling

$\omega$  een objekt

$\Gamma(X_\omega)$  de (metrische) ruimte behorende bij  $\omega$ .

Dan is  $g_{T,\omega} : T \rightarrow \Gamma(X_\omega)$  een gedraging van  $\omega$  gedurende  $T$ .

In deze zienswijze wordt een gedraging van een objekt  $\omega$ , in het geval dat  $T$  diskreet is, derhalve beschouwd als een geordende rij van elementen uit  $\Gamma(X_\omega)$ . De kollektie gedragingen die zich kunnen voordoen heet het gedrag.

*Omschrijving 5.8: Doorlopen baan  $x_{T,\omega}$ .* De doorlopen baan (ook wel trajektor genaamd) van  $\omega$  gedurende  $T$  definiëren we als de geordende verzameling  $\text{Ran}(g_{T,\omega})$ .

Daarbij is  $\text{Ran}(g_{T,\omega})$  de range van  $g_{T,\omega}$ :

$$\text{Ran}(g_{T,\omega}) = \{x | \langle t, x \rangle \in g_{T,\omega}\}$$

Aangezien het gedrag van een objekt wordt geïdentificeerd met het gedrag van de attributen die aan het objekt zijn toegekend, ligt het voor de hand dat allereerst gedefinieerd zal worden wat wordt verstaan onder een relatie tussen attributenverzamelingen. Enkele definities gaan daaraan echter vooraf.

*Definitie 5.9:*  $D_{\max}(T, \Gamma(X))$ .

Zij  $T \subset \mathcal{R}$  een verzameling van tijdstippen

$X$  een attributenverzameling

$\Gamma(X)$  de (metrische) ruimte behorende bij  $X$ .

Dan is  $D_{\max}(T, \Gamma(X))$  de verzameling van funkties van  $T$  in  $\Gamma(X)$ .

De range van elke funktie  $g \in D_{\max}(T, \Gamma(X))$  is een trajektor in de zin van omschrijving 5.8. Deze geeft een beschrijving van de waarde van de aan een object  $\omega$  toegekende attributen op elk der tijdstippen  $t \in T$ .

*Voorbeeld 1.*

Interpreteer  $\omega$  als een magazijn waar twee verschillende goederen worden bewaard. De attributenverzameling  $X_\omega$  ziet er als volgt uit:

$$X_\omega = \{x, y\}$$

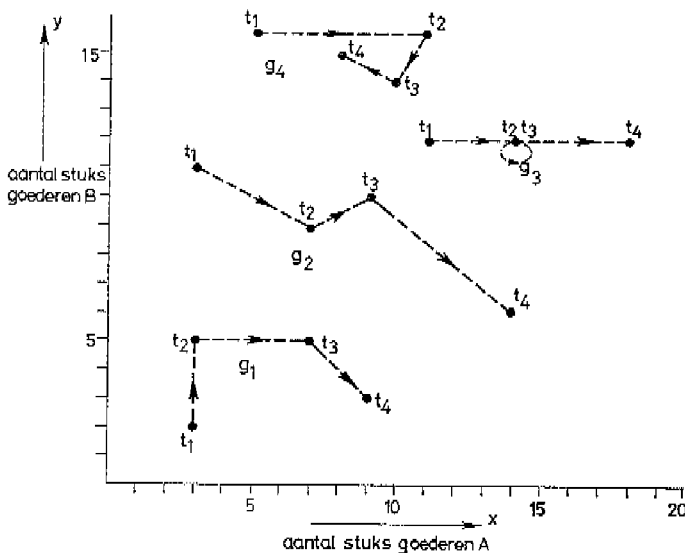
waarin  $x$  = aantal stuks van goed  $A$

$y$  = aantal stuks van goed  $B$ .

Stel  $D(x) = D(y) = \{0, 1, 2, 3, \dots, n\}$

We bestuderen  $\omega$  gedurende  $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$

In figuur 5.1, zijn een aantal mogelijke trajektoren geschetst. Wegens het niet continu zijn van  $T$  zijn ze gestippeld.



Bij de doorlopende baan  $\text{Ran } g_1$  zijn kennelijk op tijdstip  $t_1$  3 stuks  $A$  en 2 stuks  $B$  in het magazijn aanwezig. Op tijdstip  $t_2$  3 stuks  $A$  en 5 stuks  $B$ .

Bijvoorbeeld tengenolge van capaciteitsbeperingen van het magazijn zijn niet alle elementen uit het kartesisch produkt  $D(x) \times D(y)$  realiseerbaar:

$$D(x) \times D(y) = \{\langle x, y \rangle \mid x \in D(x) \wedge y \in D(y)\}$$

Dientengevolge zijn niet alle elementen uit  $D_{\max}(T, \Gamma(X))$  daadwerkelijk realiseerbaar. Het ligt voor daarom de hand de verzameling  $D(T, \Gamma(X))$  te introduceren als deelverzameling van  $D_{\max}(T, \Gamma(X))$ . Dus:

$$D(T, \Gamma(X)) \subset D_{\max}(T, \Gamma(X)).$$

$D(T, \Gamma(X))$  omvat alle realiseerbare functies  $g$ .

Na deze voorbereidende definities kan worden overgegaan tot een poging nader te formuleren wanneer over een relatie tussen twee attributenverzamelingen  $X_1$  en  $X_2$  kan worden gesproken.

### Tweezijdige relatie<sup>1</sup>

De eerste, intuïtieve, notie van een relatie is de idee van afhankelijke gedragingen.

Beschouw het gedrag  $D(T, \Gamma(X))$  van de verzameling  $X$  die de vereniging is van twee attributenverzamelingen  $X_1$  en  $X_2$ , ( $X = X_1 \cup X_2$ ).

Als nu  $X_1$ ,  $X_2$  en  $X$  als rij worden geïnterpreteerd kan een specifieke gedraging worden aangegeven met  $\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X))$ , waarbij de streepjes erop duiden dat het tijdsfuncties betreft.

Er zullen twee mogelijkheden worden beschouwd om aan de idee relatie vorm te geven.

### Mogelijkheid A

Bij de eerste mogelijkheid wordt gedefinieerd:

$$D(T, \Gamma(X_1)) = \{\bar{x}_1 \mid \exists \bar{x}_2 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)))\}$$

$$D(T, \Gamma(X_2)) = \{\bar{x}_2 \mid \exists \bar{x}_1 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)))\}$$

$$Q(x_1) = \{x_2 \mid \langle x_1, x_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X))\}$$

$$Q(x_2) = \{x_1 \mid \langle x_1, x_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X))\}$$

Een relatiedefinitie zou nu kunnen luiden:

$$R\{X_1, X_2\} \text{ als } Q(x_1) \text{ niet konstant is.}$$

Deze notie heeft het bezwaar van symmetrie. Indien volgens deze definitie  $X_1$  invloed heeft op  $X_2$  is het ook zo dat  $X_2$  invloed heeft op  $X_1$ . Dit valt eenvoudig in te zien. Uit  $R\{X_1, X_2\}$  volgt per definitie dat er

$$\bar{x}'_1, \bar{x}'_1 \in D(T, \Gamma(X_1)) \text{ en } \bar{x}'_2 \in D(T, \Gamma(X_2))$$

bestaan zodat

$$\bar{x}'_2 \in Q(\bar{x}'_1) \text{ en } \bar{x}'_2 \notin Q(\bar{x}'_1').$$

Daaruit volgt dat:

1. Bij het volgende is dankbaar gebruik gemaakt van suggesties van Prof. Dr. Ir. M.L.J. Hautus.

$$\bar{x}'_1 \in Q(\bar{x}'_2) \text{ en } \bar{x}''_1 \notin Q(\bar{x}'_2).$$

Aangezien echter  $Q(\bar{x}'_1) \neq \phi$  is er een  $\bar{x}''_2 \in D(T, \Gamma(X_2))$  zodat  $\bar{x}'_2 \in Q(\bar{x}''_1)$ . Hieruit volgt dat  $\bar{x}'_1 \in Q(\bar{x}'_2)$ . Echter  $\bar{x}''_1 \notin Q(\bar{x}'_2)$ . Derhalve is  $Q(\bar{x}_2)$  niet konstant zodat geldt  $R\{X_2, X_1\}$ .

### Mogelijkheid B

De tweede mogelijkheid in twee varianten is gebaseerd op de onafhankelijke invoering van  $D(T, \Gamma(X_1))$ ,  $D(T, \Gamma(X_2))$  en  $D(T, \Gamma(X))$ . Vervolgens wordt de verzameling  $\bar{D}(T, \Gamma(X_2))$  gevormd:

$$\bar{D}(T, \Gamma(X_2)) = \{\bar{x}_2 \mid \exists \bar{x}_1 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)))\}$$

Nu kan men definiëren (variant  $B_1$ ):

$$R\{X_1, X_2\} \text{ als } \bar{D}(T, \Gamma(X_2)) \neq D(T, \Gamma(X_2))$$

Alternatief kan de verzameling  $\bar{D}(T, \Gamma(X_2))$  worden gedefinieerd als:

$$\bar{D}(T, \Gamma(X_2)) = \{\bar{x}_2 \mid \bar{x}_2 \in D(T, \Gamma(X_2)) \wedge \exists \bar{x}_1 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)))\}$$

Deze definitie leidt tot variant  $B_2$  door, evenals bij variant  $B_1$ , van een relatie  $R\{X_1, X_2\}$  te spreken als  $\bar{D}(T, \Gamma(X_2)) \neq D(T, \Gamma(X_2))$ .

Mogelijkheid A lijkt het meest aantrekkelijk. Deze geeft immers aan dat de experimentele of statische beperking tot bepaalde gedragingen van  $X_1$  een beperking in de gedraging van  $X_2$  met zich brengt. De B varianten daarentegen beperken zich niet tot bepaalde gedragingen van  $X_1$ . De idee van experimentele of statistische beperking is daarin dus niet tot uitdrukking gebracht.

Aangezien intuïtief de idee van een relatie wel een asymmetrisch karakter draagt (A beïnvloedt B doch B beïnvloedt A niet) is het nuttig te proberen ook die in een definitie nader vorm te geven.

### Eenzijdige relatie

Het uitgangspunt is, evenals bij mogelijkheid A van de tweezijdige relatie, de verzameling  $D(T, \Gamma(X))$ .

Op dezelfde manier als daar kunnen we definiëren:

$$D(T, \Gamma(X_1)) = \{\bar{x}_1 \mid \exists \bar{x}_2 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)))\}$$

$$D(T, \Gamma(X_2)) = \{\bar{x}_2 \mid \exists \bar{x}_1 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)))\}$$

Omwille van notationale eenvoud stellen we  $T = [o, t_m]$ .

Kies nu een willekeurige  $\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X))$ .

Met  $\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle|_{[o, t]}$  wordt de beperking van  $\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle$  tot interval  $[o, t]$  aangegeven.

We vragen ons nu af of voor een specifieke  $\bar{x}_2|_{[o, t]}$  experimentele of statistische manipulatie van  $\bar{x}_1$  gevolgen heeft voor het verloop van  $\bar{x}_2|_{[o, t]}$ .



Kies een specifieke  $\bar{x}_2|_{[t_0, t]}$  zodanig dat  $\bar{x}_2 \in D(T, \Gamma(X_2))$ .

Definieer dan:

$$Q(\bar{x}_1|_{[t_0, t]}) = \{\bar{x}_2 | \exists \bar{x}_1 (\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X)) \wedge \langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle|_{[t_0, t]} = \langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle|_{[t_0, t]})\}$$

*Definitie 5.10:*  $R\{X_1 \rightarrow X_2\}$

Er is een relatie  $R\{X_1 \rightarrow X_2\}$  indien er een  $t \in T$  en een  $\bar{x}_2|_{[t_0, t]}$  bestaat zodat  $Q(\bar{x}_1|_{[t_0, t]})$  niet konstant is.

Deze definitie heeft naast het voordeel van causaliteit het nadeel dat gelijktijdig werkende relaties er niet onder vallen. Is bijvoorbeeld  $x_1(t) = 2x_2(t)$  dan is er geen relatie in de zin van definitie 5.10. Voor fysische relaties is dit geen bezwaar. Gelijktijdig werkende relaties komen daar niet voor. Voor abstracte gelijktijdige relaties biedt variant A van de tweezijdige relatie uitkomst.

Hoewel de formalisatie nog niet geheel bevredigend is moet er hier toch genoeg mee worden genomen. Voor het vervolg van de opbouw van het begrippenstelsel, zal ervan worden uitgegaan dat de notie  $R\{X_1 \rightarrow X_2\}$  voldoende is geëxpliciteerd. Aangenomen zal worden dat de eenzijdigheid ook voor gelijktijdige relaties, in  $R\{X_1 \rightarrow X_2\}$  tot uitdrukking is gebracht. Indien men bezwaren heeft tegen deze, uit strikt oogpunt, minder elegante handelwijze kan desgewenst de notie  $R\{X_1 \rightarrow X_2\}$  als primitief worden opgevat waarbij de voorgaande discussie de betekenis verduidelijkt.

Definitie 5.10 induceert een aantal additionele definities.

*Definitie 5.11:*  $R\{X_1 \leftarrow X_2\}$ .

$R\{X_1 \leftarrow X_2\}$  is synoniem met  $R\{X_2 \rightarrow X_1\}$ .

*Definitie 5.12:*  $R\{X_1 \leftrightarrow X_2\}$

De uitdrukking  $R\{X_1 \leftrightarrow X_2\}$  wordt gebruikt om aan te geven dat de relatie een tweezijdig karakter heeft:

$$R\{X_1 \leftrightarrow X_2\} \Leftrightarrow R\{X_1 \rightarrow X_2\} \wedge R\{X_1 \leftarrow X_2\}$$

*Definitie 5.13:*  $R\{X_1 \nrightarrow X_2\}$

$$R\{X_1 \nrightarrow X_2\} \Leftrightarrow R\{X_1 \rightarrow X_2\} \wedge \neg R\{X_1 \leftarrow X_2\}$$

De uitspraak  $R\{X_1 \nrightarrow X_2\}$  is dus van toepassing indien er een relatie bestaat van  $X_1$  naar  $X_2$  doch het omgekeerde niet het geval is.

*Definitie 5.14:*  $R\{X_1 \leftrightarrow X_2\}$

De definitie van  $R\{X_1 \leftrightarrow X_2\}$  ligt voor de hand;

$$R\{X_1 \leftrightarrow X_2\} \Leftrightarrow R\{X_2 \leftrightarrow X_1\}$$

De definities 5.13 en 5.14 worden gebruikt indien de behoefte bestaat expliciet de eenzijdigheid van een bepaalde relatie tot uitdrukking te brengen.

De voor onze systeemdefinitie meest nuttige relatiedefinitie is de volgende:

*Definitie 5.15:*  $R\{X_1 ; X_2\}$

Zij  $X_1$  en  $X_2$  attributenverzamelingen:

$$R\{X_1 ; X_2\} \Leftrightarrow R\{X_1 \rightarrow X_2\} \vee R\{X_1 \leftarrow X_2\}.$$

Het is bijna vanzelfsprekend dat van een relatie tussen objecten en/of objecten verzameling zal worden gesproken indien er een relatie bestaat tussen de daarbij behorende attributenverzamelingen. Dit komt in de navolgende definities tot uitdrukking.

*Definitie 5.16*

$$R\{W_1 \rightarrow W_2\} \Leftrightarrow R\{X_{W_1} \rightarrow X_{W_2}\}$$

Op analoge wijze kan, uitgaande van definities 5.10 t/m 5.15 worden gedefinieerd:

$$R\{W_1 \leftarrow W_2\} \Leftrightarrow R\{X_{W_1} \leftarrow X_{W_2}\}$$

$$R\{W_1 \leftrightarrow W_2\} \Leftrightarrow R\{X_{W_1} \leftrightarrow X_{W_2}\}$$

$$R\{W_1 \mapsto W_2\} \Leftrightarrow R\{X_{W_1} \mapsto X_{W_2}\}$$

$$R\{W_1 \Leftarrow W_2\} \Leftrightarrow R\{X_{W_1} \Leftarrow X_{W_2}\}$$

$$R\{W_1 ; W_2\} \Leftrightarrow R\{X_{W_1} ; X_{W_2}\}$$

*Definitie 5.17*

$$R\{\omega_1 \rightarrow \omega_2\} \Leftrightarrow R\{X_{\omega_1} \rightarrow X_{\omega_2}\}$$

Op analoge wijze kan, uitgaande van definities 5.10 t/m 5.17 worden gedefinieerd:

$$R\{\omega_1 \leftarrow \omega_2\} \Leftrightarrow R\{X_{\omega_1} \leftarrow X_{\omega_2}\}$$

$$R\{\omega_1 \leftrightarrow \omega_2\} \Leftrightarrow R\{X_{\omega_1} \leftrightarrow X_{\omega_2}\}$$

$$R\{\omega_1 \mapsto \omega_2\} \Leftrightarrow R\{X_{\omega_1} \mapsto X_{\omega_2}\}$$

$$R\{\omega_2 \Leftarrow \omega_1\} \Leftrightarrow R\{X_{\omega_1} \Leftarrow X_{\omega_2}\}$$

$$R\{\omega_1 ; \omega_2\} \Leftrightarrow R\{X_{\omega_1} ; X_{\omega_2}\}$$

*Definitie 5.18*

$$R\{\omega_0 \rightarrow W\} \Leftrightarrow R\{\{\omega_0\} \rightarrow W\}$$

Op analoge wijze kunnen worden geformuleerd:

$$R\{\omega_0 \leftarrow W\} \Leftrightarrow R\{\{\omega_0\} \leftarrow W\}$$

$$R\{\omega_0 \leftrightarrow W\} \Leftrightarrow R\{\{\omega_0\} \leftrightarrow W\}$$

$$R\{\omega_0 \leftrightarrow W\} \Leftrightarrow R\{\{\omega_0\} \leftrightarrow W\}$$

$$R\{\omega_0 \leftarrow W\} \Leftrightarrow R\{\{\omega_0\} \leftarrow W\}$$

$$R\{\omega_0 ; W\} \Leftrightarrow R\{\{\omega_0\} ; W\}$$

Slechts terwille van de volledigheid stellen we nog:

### Definitie 5.19

$$R\{W \rightarrow \omega_0\} \Leftrightarrow R\{\omega_0 \leftarrow W\}$$

$$R\{W \leftarrow \omega_0\} \Leftrightarrow R\{\omega_0 \rightarrow W\}$$

$$R\{W \leftrightarrow \omega_0\} \Leftrightarrow R\{\omega_0 \leftrightarrow W\}$$

$$R\{W \rightarrow \omega_0\} \Leftrightarrow R\{\omega_0 \leftarrow W\}$$

$$R\{W \leftarrow \omega_0\} \Leftrightarrow R\{\omega_0 \rightarrow W\}$$

$$R\{W ; \omega_0\} \Leftrightarrow R\{\omega_0 ; W\}$$

Van de basisdefinitie (definitie 5.10) zijn 29 definities afgeleid. Duidelijk is, dat ze niet alle even belangrijk zijn.

Voor de systeemdefinitie is  $R\{W_1 ; W_2\}$  van het meeste belang. Daarom zal deze aan een nadere beschouwing worden onderworpen.

De essentie van de definitie van  $R\{W_1 \rightarrow W_2\}$  is hierin gelegen dat wordt gesproken van een relatie van  $W_1$  naar  $W_2$  wanneer er tenminste één verandering in de waarde van de attributen van  $W_1$  bestaat die correspondeert met een verandering in de waarde van de attributen van  $W_2$ . Of, in negatieve zin gesteld, wanneer ondanks alle verandering in de attributen van  $W_1$  geen verandering in de attributen van  $W_2$  te zien valt, is er géén relatie. Als noch  $R\{W_1 \rightarrow W_2\}$  noch  $R\{W_1 \leftarrow W_2\}$  geldt, betekent dit dat de waarden van de attributen van  $W_1$  en  $W_2$  onafhankelijk van elkaar variëren.

Deze zienswijze geeft tevens een aanwijzing omtrent de manier waarop empirisch kan worden getoetst of er een relatie bestaat.

Daartoe wordt  $R\{W_1 ; W_2\}$  opgevat als een, in de vorm van een hypothese geformuleerde, uitspraak omtrent de samenhang tussen  $W_1$  en  $W_2$ .  $R\{W_1 ; W_2\}$  betekent dus: De gedragingen van  $W_1$  en  $W_2$  zijn niet onafhankelijk.

### 5.1.3. Het systeembegrip

Voor de systeemdefinitie die op het op deze wijze geïntroduceerde relatiebegrip zal worden gebaseerd, is definitie 5.15 van groot belang. Deze legt de betekenis vast van  $R\{X_1 ; X_2\}$ . We spreken over een relatie tussen de attributenverzamelingen  $X_1$  en  $X_2$ . Definitie 5.16 stelde de uitdrukking

$R\{X_1; X_2\}$  synoniem met  $R\{X_{W_1}; X_{W_2}\}$ . Van de uitdrukking  $R\{W_1; W_2\}$ , die wordt uitgesproken als: 'Er bestaat een relatie tussen de objectenverzamelingen  $W_1$  en  $W_2$ ', zal in de navolgende systeemdefinities gebruik worden gemaakt.

*Definitie 5.20\**

Een objectenverzameling  $W$  is een systeem indien voor alle  $A \in W$  die ongelijk aan  $\emptyset$  en ongelijk aan  $W$  zijn  $R\{A; W \setminus A\}$  geldt.

Een objectenverzameling is dus een systeem indien er in deze verzameling geen geïsoleerde elementen of verzamelingen van elementen voorkomen.

Illustratief voor een toepassing van een systeembegrip die niet in overeenstemming is met definitie 5.20\* is het volgende citaat uit Ackoff o.a. (1968): '... planning involves a system of decisions. That is, it involves a set of two or more decisions, each of which is dependent on at least one other decision ...'

Als de verzameling van beslissingen met de objectenverzamelingen  $W$  en 'is dependent on' als 'er is een relatie tussen' wordt geïnterpreteerd dan is  $W$  volgens definitie 5.20\* niet noodzakelijk een systeem. Een tegenvoorbeeld maakt dit duidelijk:

Stel:  $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}$

$R\{\omega_1; \omega_2\}$

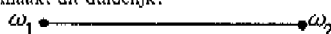
$R\{\omega_3; \omega_4\}$

$\neg R\{\omega_1; \omega_3\}$

$\neg R\{\omega_1; \omega_4\}$

$\neg R\{\omega_2; \omega_3\}$

$\neg R\{\omega_2; \omega_4\}$



Dan is er voor elke  $\omega_i \in W$  een  $\omega_j \in W$  zodat  $\omega_i \neq \omega_j$  en  $R\{\omega_i; \omega_j\}$  zodat  $W$  voldoet aan de omschrijving van Ackoff. Het is eenvoudig in te zien dat  $W$  geen systeem is in de zin van definitie 5.20\*.<sup>1</sup>

Dit voorbeeld illustreert tevens een van de redenen waarom voor definitie 5.20\* is gekozen. Bij een systeembenadering gaat het erom die dingen in samenhang te zien die daadwerkelijk samenhangen. Als, zoals in het voorbeeld, de objectenverzameling bestaat uit twee, onderling niet samenhangende deelverzamelingen, dan is het niet zinvol deze in samenhang te beschouwen. De bestudering van de objectenverzamelingen  $W_1 = \{\omega_1, \omega_2\}$  en  $W_2 = \{\omega_3, \omega_4\}$  kan zeer wel afzonderlijk geschieden.

Toepassing van definitie 5.20\* op een speciale objectenverzameling, en wel een verzameling met precies één element  $W = \{\omega_0\}$ , leidt tot problemen. Het is immers eenvoudig in te zien dat elke willekeurige  $W = \{\omega_0\}$  een systeem is in de zin van definitie 5.20\*.

Dit lijkt geen verstandige afspraak. Intuïtief zouden we  $\{\omega_0\}$  een systeem willen noemen indien er samenhang is tussen de elementen van  $X_{(\omega_0)} = X_{\omega_0}$  in de zin van definitie 5.15 waarbij dan  $X_1$  en  $X_2$  zodanig zijn dat  $X_2 = X_{\omega_0} \setminus X_1$ . Of, wat slordiger uitgedrukt,  $\{\omega_0\}$  is een systeem indien de attributen van  $\omega_0$  samenhangen. Deze afspraak lijkt ook logisch omdat het niet

1. Ackoff geeft trouwens in een latere publicatie een systeemdefinitie waarin dit bezwaar is ondervangen (Ackoff, 1971).

zinnig lijkt attributen in de beschouwing te betrekken die in het geheel niet met de overige attributen samenhangen.

Op grond van deze beschouwing wordt definitie 5.20\*\* geformuleerd.

#### Definitie 5.20\*\*

Een objectenverzameling  $W$  met twee of meer elementen is een systeem indien voor alle echte niet-lege deelverzamelingen  $A \subset W$  geldt dat  $R\{A; W \setminus A\}$ .

Een objectenverzameling  $W = \{\omega_0\}$  met precies één element is een systeem indien voor alle echte niet-lege deelverzamelingen  $A \subset X_{\omega_0} \setminus A$  geldt dat  $R\{A; X_{\omega_0} \setminus A\}$ .

Indien  $W = \{\omega_0\}$  een systeem is, zal  $W$  een black-box worden genoemd.

#### Kommentaar

Deze definitie is minder elegant omdat het in feite twee definities zijn. Eén voor objectenverzamelingen met één element, en een voor grotere objectenverzamelingen. Dit bezwaar kan worden ondervangen door te stellen dat er van een systeem sprake is indien voor elke echte en niet lege  $A \subset X_w$  geldt dat  $R\{A; X_w \setminus A\}$ . In dat geval wordt de situatie uitgesloten dat  $W$  wel een systeem is in de zin van definitie 5.20\*\* doch dat een of meer attributen zijn toegekend die in het geheel geen invloed hebben. Vóór zo'n definitie pleit, naast de grotere elegantie ook het feit dat dan irrelevante attributen buiten beschouwing blijven. Intuïtief zou echter de nadruk sterk op attributen komen te liggen waardoor de objecten naar de achtergrond worden verschoven. Voor de bedrijfskunde lijkt mij dit om heuristische redenen niet gewenst.

Tot de omgeving  $E$  van een systeem worden die objecten gerekend die wel gerelateerd zijn met  $W$  doch niet tot  $W$  behoren.

#### Definitie 5.21\*

Indien  $W$  een deel is van een in beschouwing genomen universum  $\Omega$  kan de omgeving van een systeem met objectenverzameling  $W$  worden gedefinieerd als de verzameling

$$E(W) = \{\omega \mid \omega \notin W \wedge \omega \in \Omega \wedge R\{\omega; W\}\}$$

#### Kommentaar

In veel gevallen wordt de notie van een universum stilzwijgend voorondersteld. In dat geval kan  $E(W)$  worden gedefinieerd als

$$E(W) = \{\omega \mid \omega \notin W \wedge R\{\omega; W\}\}$$

We merken op dat in definitie 5.21\* een op het eerste gezicht merkwaardige formulering is gekozen. Terwijl eerder werd gesproken over  $W$  als systeem, wordt nu gesproken over een objectenverzameling  $W$  behorend bij een systeem. Dit is niet toevallig. Op grond van definitie 5.20\*\* kan bij een gegeven  $W$  niet worden besloten of  $W$  een systeem is zonder daarbij informatie te hebben over de relaties. Het ligt daarom voor de hand dat een systeem tenslotte tenminste als een verzameling objecten met bijbehorende relaties zal worden gedefinieerd. Daarom wordt er de voorkeur aan gegeven te spreken over een objectenverzameling van, of behorend bij, een systeem. Het komt ons voor dat de duidelijkheid wordt bevorderd door deze complicatie pas hier te introduceren.

*Definitie 5.20: samenhangend*

Een objectenverzameling  $W$  met twee of meer elementen wordt de objectenverzameling van een systeem  $S$  genoemd dan en slechts dan wanneer voor elke echte niet-lege deelverzameling  $A \subset W$  geldt dat  $R\{A; W \setminus A\}$ . Een objectenverzameling  $W$  met precies één element wordt de objectenverzameling van een systeem  $S$  genoemd dan en slechts dan wanneer voor deze echte, niet-lege deelverzameling  $A \subset X_{\omega_0}$  geldt dat  $R\{A; X_{\omega_0} \setminus A\}$ . Zulke objectenverzamelingen heten samenhangend.

Het commentaar bij definitie 5.20\*\* is m.m. ook hier van toepassing. We passen definitie 5.21\* hierbij aan.

*Definitie 5.21: omgeving*

Indien  $W$  een deel is van een in beschouwing genomen universum  $\Omega$  is de omgeving  $E(W)$  van een objectenverzameling  $W$ :

$$E(W) = \{\omega \mid \omega \notin W \wedge R\{\omega; W\} \wedge \omega \in \Omega\}$$

Evenals bij definitie 5.21\* wordt de notie van een universum veelal stilzwijgend aangenomen.

De begrippen open respectievelijk gesloten systeem kunnen nu eenvoudig worden ingevoerd.

*Definitie 5.22: open en gesloten*

Een objectenverzameling wordt open genoemd als  $E(W) \neq \emptyset$ . Ze wordt gesloten genoemd indien  $E(W) = \emptyset$ .

Soms bestaat ten aanzien van de begrippen open en gesloten systeem een misverstand. In de regeltechniek spreekt men wel van open systeem en be-

doelt dan open-loop systemen. De regeltechnische uitdrukking closed-loop wordt op overeenkomstige wijze wel in verband gebracht met gesloten systeem. Deze begrippen moeten duidelijk worden onderscheiden. Ten aanzien van het in definitie 5.21 geïntroduceerde omgevingsbegrip nog een opmerking.

In sommige literatuur komt men wel uitdrukkingen tegen als: 'de relevante omgeving' en 'het relevante deel van de omgeving'. Het is duidelijk dat zulke uitdrukkingen in deze benadering niet passen. Per definitie is de omgeving identiek met relevante omgeving. Niet relevante objecten worden per definitie niet tot de omgeving gerekend. Bovendien heeft de definitie van open systeem geen konnotaties van aanpassing aan de omgeving. Ook in dit opzicht wijkt de definitie dus af van wat men wel in de literatuur aantreft.

Voordat een definitie kan worden geformuleerd die veel van het voorgaande zodanig samenvat, dat de belangrijkste definities in hun samenhang worden begrepen, moeten nog drie begrippen worden ingevoerd: de interne structuur  $\mathcal{R}_W$ , de externe structuur  $\mathcal{R}_{E(W)W}$  en de structuur van het systeem  $\mathcal{R}_S$ .

Precieze definities zouden moeten worden gebaseerd op de concepten uit par. 5.1.2. door structuur met de gedragsrestricties in  $D(T, \Gamma(X))$  in verband te brengen. Omdat dat echter te ver zou voeren wordt met omschrijvingen volstaan. Indien men hiertegen bezwaar heeft kan het relatiebegrip zoals dat in de structuurdefinitie wordt gebruikt als primitief worden opgevat.

De in par. 5.1.2. geformuleerde noties kunnen dan funktioneren als mogelijke basis voor een nadere explicatie van het primitieve relatiebegrip.

#### *Omschrijving 5.23: structuur*

De interne structuur  $\mathcal{R}_W$  van een systeem  $S$  met bijbehorende objectenverzameling  $W$  is de verzameling van relaties tussen de deelverzamelingen van  $W$ .

De externe structuur  $\mathcal{R}_{E(W)W}$  van een systeem  $S$  met bijbehorende objectenverzameling  $W$  en omgeving  $E(W)$  is de verzameling van relaties tussen  $E$  en  $W$ .

De structuur  $\mathcal{R}_S$  van het systeem  $S$  is de vereniging van de interne structuur en de externe structuur van  $S$ . En op grond van het in par. 5.1.2. gestelde kan  $\mathcal{R}_W$  in twee disjuncte deelverzamelingen worden verdeeld (gepartitioneerd). Eén deelverzameling bevat de relaties van het asymmetrische type  $R\{A \rightarrow B\}$  met  $A, B \subset W$  en  $A \cap B = \emptyset$ . Deze wordt met  $\mathcal{R}_{W_a}$  aangegeven. De tweede deelverzameling bevat de relaties van het symmetrische type  $R\{A \leftrightarrow B\}$  met  $A, B \subset W$  en  $A \cap B \neq \emptyset$ . Ze wordt genoteerd met  $\mathcal{R}_{W_s}$ .

Derhalve:

$$\mathcal{R}_W = \mathcal{R}_{W_a} \cup \mathcal{R}_{W_b}$$

$$\mathcal{R}_{W_a} \cap \mathcal{R}_{W_b} = \emptyset$$

Met betrekking tot de externe structuur  $\mathcal{R}_{E(W)W}$  kan worden opgemerkt dat deze uiteenvalt in drie disjuncte deelverzamelingen.

$\mathcal{R}_{E(W) \rightarrow W}$  bevat de relaties van het type  $R(A \rightarrow B)$  met  $A \in E$  en  $B \in W$

$\mathcal{R}_{E(W) \leftarrow W}$  bevat de relaties van het type  $R(A \leftarrow B)$  met  $A \in E$  en  $B \in W$

$\mathcal{R}_{E(W) \leftrightarrow W}$  bevat de relaties van het type  $R(A \leftrightarrow B)$  met  $A \in E$  en  $B \in W$

Derhalve:

$$\mathcal{R}_{E(W)W} = \mathcal{R}_{E(W) \rightarrow W} \cup \mathcal{R}_{E(W) \leftarrow W} \cup \mathcal{R}_{E(W) \leftrightarrow W}$$

$$\mathcal{R}_{E(W) \leftarrow W} \cap \mathcal{R}_{E(W) \rightarrow W} = \emptyset$$

$$\mathcal{R}_{E(W) \leftarrow W} \cap \mathcal{R}_{E(W) \leftrightarrow W} = \emptyset$$

$$\mathcal{R}_{E(W) \rightarrow W} \cap \mathcal{R}_{E(W) \leftrightarrow W} = \emptyset$$

Thans kan een systeem worden gekarakteriseerd als een vierling  $S$ :

$$S = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$$

*Definitie 5.24: systeem*

Een vierling  $S = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$  is een systeem indien  $W$  een samenhangende objectenverzameling is (zie definitie 5.20). Daarbij wordt  $W$  de objectenverzameling van  $S$  genoemd,  $E(W)$  de omgeving van  $S$ ,  $\mathcal{R}_W$  de interne structuur van  $S$  en  $\mathcal{R}_{E(W)W}$  de externe structuur van  $S$ .

Voor een gesloten systeem geldt dan  $E(W) = \emptyset$ . Voor een open systeem is  $E(W) \neq \emptyset$ .

Indien  $W = \{\omega_0\}$  dan is  $S$  een black-box.

Voor elke systeemstudie is het noodzakelijk de vierling  $S$  nadere inhoud te geven door specificatie van  $W$ ,  $E(W)$ ,  $\mathcal{R}_W$  en  $\mathcal{R}_{E(W)W}$ .

*Omschrijving 5.25*

Indien de objectenverzameling van een systeem  $S$  bestaat uit empirische objecten heet  $S$  een empirisch of ook wel een concreet systeem. Over abstracte systemen spreken we indien dit niet het geval is.

*Definitie 5.26: aggregaat*

Een vierling  $\langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$  is een aggregaat indien  $W$  niet samenhangend is.

De klasse vierlingen wordt d.m.v. definities 5.24 en 5.26 in twee disjuncte (niet overlappende) deelverzamelingen verdeeld.

*Definitie 5.27: universum*

Zij  $S = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$  een systeem.

De verzameling  $\Omega = W \cup E(W)$  wordt het universum van  $S$  genoemd.



#### 5.1.4. Het concept black-box

Een black-box is gedefinieerd als een systeem met een objectenverzameling die precies één object bevat.

De vierling  $S = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$  gaat voor dit geval over in:

$$S = \langle \{\omega_0\}, E(\{\omega_0\}), \emptyset, \mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})\{\omega_0\}} \rangle$$

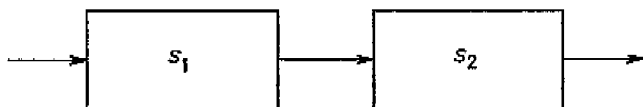
$\mathcal{R}_W = \emptyset$  omdat  $W$  slechts een element bevat. De interne structuur van een black-box is niet bekend. De vraag kan worden gesteld of er niet iets in de plaats van  $\mathcal{R}_W$  kan komen dat toch enige informatie geeft. Er wordt gekozen voor de verzameling van relaties tussen de deelverzamelingen van de attributenverzameling  $X_\omega$ .<sup>1</sup> Dan geldt voor een black-box:

$$S = \langle \{\omega_0\}, E(\{\omega_0\}), \mathcal{R}_{X_{\omega_0}}, \mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})\{\omega_0\}} \rangle$$

De verzameling van relaties  $\mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})\{\omega_0\}}$  valt in drie deelverzamelingen uiteen:

- De verzameling inputrelaties  $I^*$ .  
Deze bevat die relaties waarvoor geldt  $R\{E \leftrightarrow \{\omega_0\}\}$ .
- De verzameling outputrelaties  $O^*$ .  
Deze bevat die relaties waarvoor geldt  $R\{E \leftarrow \{\omega_0\}\}$ .
- De verzameling wederkerige relaties  $IO^*$ .  
Deze bevat de overige relaties uit  $\mathcal{R}_{E\omega}$ .

In de praktijk is de verzameling  $IO^*$  niet steeds leeg. Een voorbeeld kunnen we vinden bij een serieschakeling van elektrische netwerken. Vaak worden die geschetst als in figuur 5.2.



Figuur 5.2. Serieschakeling.

In figuur 5.2 geven de pijlen de richting aan van de relatie. Als  $S_2$  echter  $S_1$  belast, hetgeen in de praktijk vaak het geval is, is er ook sprake van terugwerking. De overdracht van de serieschakeling is dan ook ongelijk aan het produkt van de overdrachten van  $S_1$  en  $S_2$ . Dit zou men moeten aangeven met een teruggaande pijl van  $S_2$  naar  $S_1$ . Dit is dan een (artificiële) input van  $S_1$ .

Het zou interessant zijn, doch het moet buiten het bestek van deze studie blijven, na te gaan in hoeverre het mogelijk is, door het aanbrengen van een

1. Als voor het in het commentaar bij definitie 5.20\*\* gesuggereerde alternatief wordt gekozen is daarmee de hier bedoelde keuze reeds gemaakt.

denkbeeldige extra relatie van  $S_2$  naar  $S_1$  dit belastingseffect in rekening te brengen.

Het concept van de black-box is daarom van zo centrale betekenis omdat het in feite bij elke systeemstudie m.b.t. empirische fenomenen weer terugkeert. Dit kan aan de hand van een voorbeeld worden toegelicht.

Stel dat een bepaald fenomeen, bv. een bedrijf, als systeem wordt beschouwd. Het is dan nodig om de objectenverzameling  $W$  vast te leggen. Dit geschiedt vanzelfsprekend uitgaande van een, meestal voorlopige, probleemstelling. Men zou kunnen beginnen met het hele bedrijf als een eenvoudig systeem te beschouwen: Het bedrijf als black-box. In dat geval kunnen slechts de relaties van het bedrijf met zijn omgeving worden beschouwd. De interne structuur (relaties tussen afdelingen, informatiestromen e.d.) valt buiten het gezichtsveld. Het is mogelijk dat de probleemstelling niet om een gedetailleerde beschouwing vraagt.

Het is evident dat op deze situatie het concept van de black-box van toepassing is.

Is men daarentegen wel geïnteresseerd in de interne structuur van dat bedrijf dan moet de black-box (het systeem) worden gereticuleerd. Reticuleren kan worden omschreven als het gedetailleerder beschouwen, het uiteenleggen van de black-box (het systeem) in objecten en onderlinge relaties. Indien nu een object  $\omega$  uit de aldus ontstane objectenverzameling  $W$  wordt gekozen is het wederom niet mogelijk veel te zeggen over de interne structuur van dat object  $\omega$ . Immers  $\omega$  is een black-box. Hoever men ook doorgaat met het proces van reticulatie, steeds blijven er kleinste eenheden, objecten over die als black-box worden beschouwd.

Daarmee is aannemelijk gemaakt dat het concept black-box van fundamentele betekenis is voor de systeemleer. In de literatuur wordt dan ook soms een systeem gedefinieerd als 'a set of input-output pairs' (Zadch, 1969 b). Voor de systeemleer is deze conceptie te eng. De definitie van Zadeh komt overeen met een black-box. Even aannemende dat voldoende duidelijk is wat de betekenis is van enkele hier nog niet gedefinieerde begrippen kan het ook zo worden uitgedrukt. Een black-box is het kleinste subsysteem waarvan de interne structuur op grond van de vraagstelling niet interessant is. Deze subsystemen stemmen overeen met het eerder ingevoerde begrip object. Een object is, zo beschouwd, het kleinste subsysteem dat wordt beschouwd als black-box.

## 5.1.5. Deelsystemen

Vooral bij de bestudering van empirische verschijnselen als systeem is het vaak handig over begrippen te beschikken waarmee kan worden aangeduid welk stuk uit de realiteit wordt beschouwd. In de literatuur wordt daarvoor vaak de term subsysteem gebruikt. Duidelijk is reeds dat het begrip subsysteem een relatief begrip is. Iets is een subsysteem van een ander systeem. Naast het begrip subsysteem komt ook een ander begrip aan de orde: het begrip partieel systeem. Dit begrip is minder bekend. Het wordt door sommigen wel aspektsysteem genoemd. Ter definitie van de twee begrippen subsysteem en partieel systeem worden twee systemen  $S_1$  en  $S_2$  beschouwd.

*Definitie 5.28: sub-systeem*

Zij:  $S_1 = \langle W_1, E(W_1), \mathcal{R}_{W_1}, \mathcal{R}_{E(W_1)W_1} \rangle$  een systeem

$S_2 = \langle W_2, E(W_2), \mathcal{R}_{W_2}, \mathcal{R}_{E(W_2)W_2} \rangle$  een systeem

$\mathcal{R}_{W_1 \setminus W_2}$  de verzameling van relaties die ontstaat door  $\mathcal{R}_{W_1}$  te beperken tot de objectenverzameling  $W_1 \cap W_2$ .

Dan heet  $S_2$  een subsysteem van  $S_1$  indien  $W_2$  een echte deelverzameling is van  $W_1$  en bovendien  $\mathcal{R}_{W_2} = \mathcal{R}_{W_1 \setminus W_2}$ .

Bij een subsysteem wordt slechts een deel van de objecten doch alle relaties tussen die objecten beschouwd.

*Definitie 5.29: partieel systeem*

Zij:  $S_1 = \langle W_1, E(W_1), \mathcal{R}_{W_1}, \mathcal{R}_{E(W_1)W_1} \rangle$  een systeem

$S_2 = \langle W_2, E(W_2), \mathcal{R}_{W_2}, \mathcal{R}_{E(W_2)W_2} \rangle$  een systeem

Dan heet  $S_2$  een partieel systeem van  $S_1$  indien  $W_1 = W_2$  en  $\mathcal{R}_{W_2}$  een echte deelverzameling van  $\mathcal{R}_{W_1}$  is.

Bij een partieel systeem beschouwen we derhalve alle objecten doch slechts een deel van de relaties.

*Voorbeelden*

Zij  $S_1$  een organisatie bestaande uit  $n$  individuen

$$S_1 = \langle W_1, \mathcal{R}_{WS_1} \rangle$$

$$W_1 = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$$

$\mathcal{R}_{WS_1}$  bevat allerlei soorten relaties; men kan denken aan formeel hiërarchische, vriendschapsrelaties, machtsrelaties enz.

Voor het onderzoek van deze organisatie is men nu speciaal geïnteresseerd in de machtsrelaties  $\mathcal{R}_{WS_2}$ .

Men beschouwt dus slechts een deel van  $\mathcal{R}_{WS_1}$  ( $\mathcal{R}_{WS_2} \subset \mathcal{R}_{WS_1}$ ) maar beschouwt wel alle objecten ( $W_2 = W_1$ ).

Het systeem  $S_2 = \langle W_{s_2}, \mathcal{H}_{W_{S_2}} \rangle$  is een partieel systeem van  $S_1$ .

Een onderzoeker wenst de formulierenstroom in een planningsafdeling van een bedrijf te analyseren. Hij concentreert zich derhalve op een partieel systeem.

De afdeling personeelszaken van een organisatie is op te vatten als een subsysteem van die organisatie als systeem beschouwd.

Hanken en Reuver (1973) hanteren ook nog de term fasesysteem.

*Definitie 5.30: fasesysteem*

$S_1$  wordt bestudeerd gedurende  $T_1 \subset T_2$

$S_2$  wordt bestudeerd gedurende  $T_2$

$S_1$  is een fasesysteem van  $S_2$  indien  $S_1$  en  $S_2$  gedurende  $T_1$  identiek zijn.

Als overkoppeland begrip zal de term deelsysteem worden gebruikt.

*Definitie 5.31: deelsysteem*

$S_1$  is een deelsysteem van  $S_2$  indien  $S_1$  een subsysteem en/of een partieel systeem en/of een fasesysteem van  $S_2$  is.

Bij empirisch onderzoek bestudeert men in feite slechts deelsystemen.

### 5.1.6. Modellen

Het behoeft geen betoog dat het konstrueren van modellen in het wetenschappelijk bedrijf van grote betekenis is. Daarom is het ook niet verwonderlijk, dat het modelbegrip binnen de systeemleer een belangrijke plaats inneemt. Bertels en Nauta (1969) geven een goede inleiding.

De essentie van het hanteren van modellen is gelegen in het volgende. Stel dat een onderzoeker een bepaald systeem  $S$  wenst te bestuderen. Vaak kiest hij dan een ander systeem  $\hat{S}$  dat een zekere overeenkomst vertoont met  $S$ .  $\hat{S}$  wordt dan een model van  $S$  genoemd. Eykhoff o.a. (1966) definiëren een model als 'a representation of the essential aspects of a planned or an existing system, which provides the information about that system in a usable form'. Deze definitie illustreert het modelbegrip zoals dat in de technische wetenschappen gebruikelijk is. De logicus noemt daarentegen een model van een theorie  $T$  een mogelijke realisatie van die theorie waarin aan alle ware volzinnen van  $T$  is voldaan (zie bv.: Freudenthal, 1961).

Bertels en Nauta (1969) geven een lijst van definities van het begrip model. Hier zal een modelbegrip worden gehanteerd dat in de systeemleer de voorkeur verdient.

Het is plausibel dat aan de definitie de eis wordt gesteld dat alle modellen systemen zijn. Immers: het lijkt niet zinvol een fenomeen als systeem te beschouwen door middel van een aggregaat. Een model is per definitie een systeem.

Teneinde bruikbaar te zijn voor bestudering van een ander systeem moet er sprake zijn van een zekere overeenkomst. Ter precisering van de term een zekere overeenkomst kunnen de begrippen isomorfie en homomorfie worden gebruikt.

*Definitie 5.32: homomorfie<sup>1</sup>*

Zij:  $S_1 = \langle \Omega_1, \mathcal{R}_1 \rangle$  een systeem met universum  $\Omega_1$  en structuur  $\mathcal{R}_1$ .

$S_2 = \langle \Omega_2, \mathcal{R}_2 \rangle$  een systeem met universum  $\Omega_2$  en structuur  $\mathcal{R}_2$ .

En:  $\mathcal{R}_1 = \{R_{11}, \dots, R_{1k}\}$      $\Omega_1 = W_1 \cup E_1(W_1)$

$\mathcal{R}_2 = \{R_{21}, \dots, R_{2k}\}$      $\Omega_2 = W_2 \cup E_2(W_2)$

Nu is  $S_2$  een homomorf beeld van  $S_1$  dan en slechts dan indien er  $f_1$  en  $f_2$  bestaan zodat:

$f_1$  is een afbeelding van  $\Omega_1$  op  $\Omega_2$

$f_1: \Omega_1 \rightarrow \Omega_2$

zodanig dat:

$\forall \omega (\omega \in W_1 \Rightarrow f_1(\omega) \in W_2)$

$\forall \omega (\omega \in E_1(W_1) \Rightarrow f_1(\omega) \in E_2(W_2))$

$f_2$  is een afbeelding van  $\mathcal{R}_1$  op  $\mathcal{R}_2$

zodanig dat

$\forall A \forall B \forall j (A, B \subset \Omega_1 \wedge j \in I \wedge AR_{1j}B \Leftrightarrow f_1(A)f_2(R_{1j})f_1(B))$

De uitspraak  $S_2$  is een homomorf beeld van  $S_1$  wordt genoteerd als

$S_2 = \mathcal{H} S_1$ .

*Definitie 5.33: isomorfie<sup>1</sup>*

Zij  $S_2$  en  $S_1$  systemen met  $S_2 = \mathcal{H} S_1$

Indien  $f_1$  en  $f_2$  één-éénduidige functies zijn, noemen we  $S_2$  en  $S_1$  isomorf.

Notatie:  $S_2 = \mathcal{I} S_1$

Aangezien bij één-eenduidige functies de inverse bestaat volgt uit  $S_2 = \mathcal{I} S_1$  de uitspraak  $S_1 = \mathcal{I} S_2$ . De isomorfierelatie is, in tegenstelling tot de homomorfierelatie, symmetrisch. Ze zijn beide transitief.

Het begrip model is thans eenvoudig te introduceren.

1. De definities moeten worden aangepast indien het structuurbegrip, anders dan hier is gebeurd, gebaseerd wordt op  $D(T, \Gamma(X))$ .

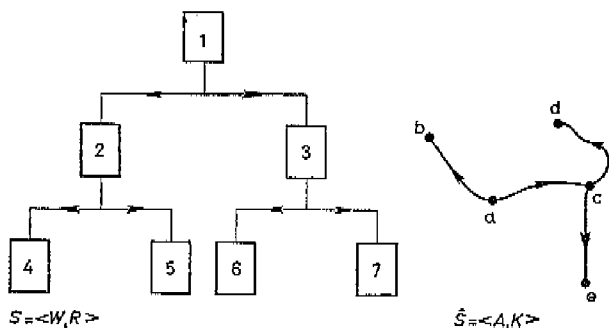
*Definitie 5.34: model*

Zij  $S$  en  $\hat{S}$  systemen.

Indien  $\hat{S} = \mathcal{H} S$  dan is  $\hat{S}$  een model van  $S$ .

Twee eenvoudige voorbeelden illustreren de definities.

*Voorbeeld 1.*



$$S = \langle W, R \rangle$$

$$W = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$$

$$R = \{\langle 1, 2 \rangle, \langle 1, 3 \rangle, \langle 2, 4 \rangle, \langle 2, 5 \rangle, \langle 3, 6 \rangle, \langle 3, 7 \rangle\}$$

$$K = \{\langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle, \langle c, d \rangle, \langle c, e \rangle\}$$

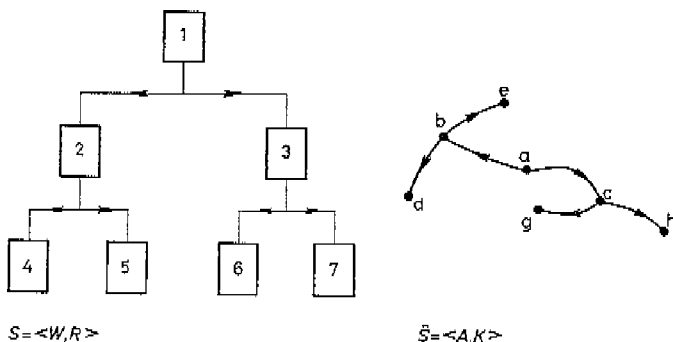
$\hat{S}$  is nu homomorf met  $S$  ( $\hat{S} = \mathcal{H} S$ )

Er is nl. een  $f$  te vinden die aan de voorwaarden voldoet. En wof:

$$f: W \rightarrow A$$

$$f = \{\langle 1, a \rangle, \langle 2, b \rangle, \langle 4, b \rangle, \langle 5, b \rangle, \langle 3, c \rangle, \langle 6, d \rangle, \langle 7, e \rangle\}$$

*Voorbeeld 2.*



$$\begin{aligned}
 S &= \langle W, R \rangle & \hat{S} &= \langle A, K \rangle \\
 W &= \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} & A &= \{a, b, c, d, e, g, h\} \\
 R &= \langle \langle 1, 2 \rangle, \langle 1, 3 \rangle, \langle 2, 4 \rangle, \langle 2, 5 \rangle, \langle 3, 6 \rangle, \langle 3, 7 \rangle \rangle \\
 K &= \{ \langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle, \langle b, d \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, g \rangle, \langle c, h \rangle \}
 \end{aligned}$$

Nu is  $S$  isomorf met  $\hat{S}$  want er bestaat een  $f$  die aan de voorwaarden voldoet. Nl.:

$$\begin{aligned}
 f: W &\rightarrow A \\
 f &= \langle \langle 1, a \rangle, \langle 2, b \rangle, \langle 3, c \rangle, \langle 4, d \rangle, \langle 5, e \rangle, \langle 6, g \rangle, \langle 7, h \rangle \rangle
 \end{aligned}$$

Merk op dat in deze voorbeelden de relaties steeds tussen paren objecten bestaan. Dit is een bijzonder geval. Bovendien bevat de structuur van  $S$  (en van  $\hat{S}$ ) slechts relaties van het type  $R\{\omega_1 \leftrightarrow \omega_2\}$ .

Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat, strikt genomen, nog een aantal assumpties nodig zijn om de structuur  $R \subseteq W \times W$  in overeenstemming te brengen met het structuurbegrip zoals dat in omschrijving 5.23 is ingevoerd.

Schetsmatig aangegeven, kan dat als volgt gebeuren. Definieer voor elke  $\omega \in W$  een  $X_\omega$  zodanig dat voor iedere  $\omega_1, \omega_2$  waarvoor  $\langle \omega_1, \omega_2 \rangle \in R$  tevens geldt dat  $X_{\omega_1} \cap X_{\omega_2} = \{x_{\omega_1}\} = \{x_{\omega_2}\}$ .

Met dezelfde notaties als in 5.1.1. moet nu tot uitdrukking worden gebracht dat de waarde van de attributen gedurende  $T$  aan elkaar gelijk zijn. Tussen  $D(T, \Gamma(X_{\omega_1}))$ ,  $D(T, \Gamma(X_{\omega_2}))$  en  $D(T, \Gamma(X))$  bestaat dus een specifiek verband:

$$D(T, \Gamma(X)) \subseteq D(T, \Gamma(X_{\omega_1})) \times D(T, \Gamma(X_{\omega_2}))$$

$$D(T, \Gamma(X_{\omega_1})) = D(T, \Gamma(X_{\omega_2}))$$

en voor alle  $\langle \bar{x}_1, \bar{x}_2 \rangle \in D(T, \Gamma(X))$  geldt  $\bar{x}_1 \equiv \bar{x}_2$ .

Overigens doet zich hier precies het probleem voor waarover bij de invoering van het relatiebegrip is gesproken. Volgens de symmetrische relatiedefinitie is er sprake van een relatie, volgens de eenzijdige relatiedefinitie echter niet. Men staat dus voor de keuze de eenzijdigheid dan wel strikte overeenstemming met de definitie te veronachtzamen. In overeenstemming met wat in par. 5.1.2. daarover is opgemerkt wordt hier voor het laatste gekozen.

### Soorten modellen

In de literatuur (bv. Bertels en Nauta, 1969; Elmaghraby, 1968) worden allerlei soorten modellen onderscheiden. De geïnteresseerde lezer zij daarnaar verwezen. Hier worden op basis van twee verzamelingen systemen vier modelsoorten onderscheiden.

$\mathcal{K}$  is de verzameling concrete systemen.

Met een concreet systeem wordt bedoeld een als systeem beschouwd fenomeen in de wereld; een empirisch systeem.

$\mathcal{A}$  is de verzameling abstracte systemen.<sup>1</sup>

1. Systeem en model zijn beide concrete systemen.

Dus:  $S, \hat{S} \in \mathcal{K}$  en  $\hat{S} = \mathcal{A}S$

1. Deze klasse omvat tevens wat Bertels en Nauta conceptuele systemen noemen (Bertels en Nauta, 1969).

Een voorbeeld hiervan is een elektrisch netwerk  $\hat{S}$  dat wordt gebruikt ter bestudering van een hydraulisch systeem  $S$ .

Men noemt  $\hat{S}$  een analogon van  $S$ .

2. Het systeem is concreet en het model is abstrakt.

Dus:  $S \in \mathcal{K}$  en  $\hat{S} \in \mathcal{A}$

met:  $\hat{S} = \mathcal{H}S$

Een stelsel wiskundige vergelijkingen  $\hat{S}$  ter bestudering van een voorraad-systeem  $S$  is hiervan een voorbeeld.

3. Het systeem is abstrakt en het model is abstrakt.

$\hat{S} = \mathcal{H}S$  met  $S \in \mathcal{A}$  en  $\hat{S} \in \mathcal{A}$

Hierbij kan men denken aan een gekompliceerd mathematisch systeem  $S$  dat niet of moeilijk oplosbaar is. Dan bestudeert men  $S$  vaak aan de hand van een vereenvoudigd systeem  $\hat{S}$ .

4. Het systeem is abstrakt en het model is concreet.

$\hat{S} = \mathcal{H}S$  met  $S \in \mathcal{A}$  en  $\hat{S} \in \mathcal{K}$

Een voorbeeld hiervan is het bestuderen van een differentiaalvergelijking  $S$  aan de hand van een op een analoge rekenmachine geprogrammeerd systeem  $\hat{S}$ .

Naast deze klassifikatie, die gebaseerd is op het al dan niet abstrakt zijn van de betreffende systemen, moet nog enige aandacht worden geschonken aan een ander onderscheid.

Zij:  $S = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$

$\hat{S} = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{\mathcal{H}(W)W} \rangle$

Met  $\hat{S} = \mathcal{H}S$ .

Het onderscheid is vooral betrokken op de aard van de homomorfierelatie tussen  $S$  en  $\hat{S}$ . Enkele voorbeelden ter toelichting.

1.  $\hat{S} \rightarrow \mathcal{I}S$

$\hat{S}$  bevat alle informatie omtrent  $S$ . Men spreekt in dit verband wel over een microscopische benadering.

2.  $\hat{S} = \mathcal{H}S$  met  $\hat{S} = \langle \{\omega_0\}, E(\{\omega_0\}), \mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})\{\omega_0\}} \rangle$

$\hat{S}$  bevat informatie over het gedrag van  $S$  in de omgeving van  $E$ . Men noemt  $\hat{S}$  wel een gedragsmodel van  $S$ . Merk op dat  $\hat{S}$  een black-box is.

## 5.2. DE DESCRIPTIE

In par. 2.4. zijn de verschillende niveaus van georganiseerde kennis, in navolging van Grochla, geordend.

Daar werd gesteld, dat een terminologie een noodzakelijke (doch niet vol-



doende) voorwaarde is voor een descriptie. In deze paragraaf zal de opbouw van een terminologie in het bijzonder voor de beschrijving van het gedrag van de black-box worden voortgezet. Dit is hierom belangrijk omdat het concept van de black-box een centrale plaats inneemt en de beschrijving van het gedrag ervan een prealabele voorwaarde is om te geraken tot gedragsbeschrijvingen van systemen.

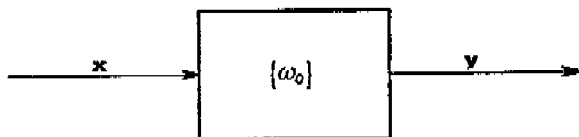
De term descriptie in het hoofd van deze paragraaf kan niet betekenen dat een specifiek systeem wordt beschreven. Veeleer zal worden getracht een terminologie in te voeren die geschikt is voor het beschrijven van het gedrag van een willekeurige black-box.

### 5.2.1. Gedrag van een black-box

Op grond van de beschouwingen van par. 5.1.4. is een black-box een systeem  $S$ :

$$S = \langle \{\omega_0\}, E(\{\omega_0\}), \mathcal{R}_{X\omega_0}, \mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})\omega_0} \rangle$$

De externe structuur valt uiteen in inputs en outputs (zie par. 5.1.4.). Het zo ontstane systeem kan worden geschetst op de manier van fig. 5.3.



Figuur 5.3. De black-box.

De overgang tussen de beschrijving van een black-box als een vierling en de beschrijving volgens figuur 5.3. behoeft nog nadere toelichting.

Als de externe structuur in inputs en outputs wordt gesplitst<sup>1</sup> is het ook mogelijk  $E(\{\omega_0\})$  te splitsen:

$$E_i(\{\omega_0\}) = \{\omega | \omega \in E \wedge R\{\omega \leftrightarrow \omega_0\}\}$$

$$E_o(\{\omega_0\}) = \{\omega | \omega \in E \wedge R\{\omega \leftarrow \omega_0\}\}$$

Men kan  $E_i(\{\omega_0\})$  de inputomgeving en  $E_o(\{\omega_0\})$  de outputomgeving noemen.

Heel algemeen kan de omgeving van een systeem worden opgedeeld in inputomgeving en outputomgeving, vooropgesteld dat zo'n partitie ook voor de externe structuur mogelijk is (zie par. 5.1.4.).

Eenvoudig laat zich nu ook  $X_{E(\{\omega_0\})}$  in twee deelverzamelingen splitsen:

$X_{E_i(\{\omega_0\})}$  de verzameling van attributen van de inputomgeving:

$$X_{E_i(\{\omega_0\})} = \bigcup_{\omega \in E_i(\{\omega_0\})} X_\omega$$

$X_{E_o(\{\omega_0\})}$  de verzameling van attributen van de outputomgeving:

$$X_{E_o(\{\omega_0\})} = \bigcup_{\omega \in E_o(\{\omega_0\})} X_\omega$$

1. In par. 5.1.4. bleek dat dit niet steeds kan.

En daar  $E_{\{\omega_0\}} = E_{I\{\omega_0\}} \cup E_{O\{\omega_0\}}$  geldt:

$$X_{E\{\omega_0\}} = X_{E_{I\{\omega_0\}}} \cup X_{E_{O\{\omega_0\}}}$$

Op analoge wijze kan worden gedefinieerd:

$X_{I\{\omega_0\}}$  als de verzameling ingangsattributen

$X_{O\{\omega_0\}}$  als de verzameling uitgangsattributen.

Hierna corresponderen de volgende ruimtes (zie par. 5.1.1.):

$$\Gamma_{IE} = \Gamma(X_{E_{I\{\omega_0\}}})$$

$$\Gamma_{OE} = \Gamma(X_{E_{O\{\omega_0\}}})$$

$$\Gamma_{I\{\omega_0\}} = \Gamma(X_{I\{\omega_0\}})$$

$$\Gamma_{O\{\omega_0\}} = \Gamma(X_{O\{\omega_0\}})$$

Het gedrag wordt dan gerepresenteerd door de elementen

$$\mathbf{x}_E(t) \in \Gamma_{IE}$$

$$\mathbf{x}_{\{\omega_0\}}(t) \in \Gamma_{I\{\omega_0\}}$$

$$\mathbf{y}_E(t) \in \Gamma_{OE}$$

$$\mathbf{y}_{\{\omega_0\}}(t) \in \Gamma_{O\{\omega_0\}}$$

De externe structuur laat zich nu als volgt representeren.

$$E_{\{\omega_0\}}\{\omega_0\} = I^* \cup O^*$$

met

$$I^* = \{\mathbf{X}_I(t) = X_{I\{\omega_0\}}(t)\} \text{ voor alle } t \in T$$

$$O^* = \{\mathbf{Y}_E(t) = Y_{E\{\omega_0\}}(t)\} \text{ voor alle } t \in T.$$

Op deze wijze is de waarde der attributen van de ingangsomgeving gedurende de gehele tijdstippenverzameling gelijk aan de waarde der ingangsattributen. Dit geldt mutatis mutandis eveneens voor de waarde der attributen van de uitgangsomgeving en de uitgangsattributen. Daarom kan deze omslachtige beschrijving worden vervangen door die passend bij figuur 5.3.

De discussie mondt daarin uit, dat bij een black-box twee disjuncte attributenverzamelingen bestaan: Een verzameling ingangsattributen  $X_{I\{\omega_0\}}$  en een verzameling uitgangsattributen  $X_{O\{\omega_0\}}$ .

Het gedrag van  $\{\omega_0\}$  wordt beschreven in de vorm van relaties tussen deze beide attributenverzamelingen op basis van par. 5.1.2.

Om een omslachtige notatie te vermijden worden enkele nieuwe symbolen ingevoerd.

Noem:

$\Gamma(X)$  de bij  $X_{I\{\omega_0\}}$  behorende ruimte

$\Gamma(Y)$  de bij  $X_{O\{\omega_0\}}$  behorende ruimte

$T$  de tijdstippenverzameling

$$\mathbf{x}_T : T \rightarrow \Gamma(X)$$

$$\mathbf{y}_T : T \rightarrow \Gamma(Y)$$

$D(\mathbf{x}_T) = D(T, \Gamma(X))$  de verzameling mogelijke inputbanen

$D(\mathbf{y}_T) = D(T, \Gamma(Y))$  de verzameling mogelijke outputbanen

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}_T(t)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{y}_T(t)$$

Het gedrag van de black-box gedurende  $T$  wordt beschreven door een binaire relatie  $f$ :

$$f \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$$

Deze geeft aan welke ingangs- en uitgangstrajektoren bijeen horen.

#### *Principe van de onbepaaldheid van de structuur*

Zo wordt het uitwendig gedrag van een black-box gedurende de tijdstippenverzameling  $T$  beschreven door  $f \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$ . Dit uitwendig gedrag kan door meerdere interne structuren worden veroorzaakt. Dit principe van de onbepaaldheid van de structuur (Mesarovic, 1960), wezenlijk voor de ontwerpfunctie, betekent dus dat op grond van waarnemingen van het uitwendig gedrag niet tot een bepaalde interne structuur kan worden besloten.

#### 5.2.2. *Deterministisch, statisch, anticiperend*

Door een geschikte keuze van  $D(\mathbf{x}_T)$  kan  $f$  zo worden gemaakt dat deze overal gedefinieerd is. Evenwel is  $f$  i.h.a. geen afbeelding.

#### *Definitie 5.35: deterministisch, stochastisch*

Zij  $f \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$  de gedragsbeschrijving van een systeem  $S$  gedurende de tijdstippenverzameling  $T$ . Indien  $f$  een afbeelding is heet  $S$  deterministisch,  $S$  is stochastisch indien  $f$  geen afbeelding is. In dat geval wordt het gedrag beschreven door een kansdichtheidsfunctie.

Er zal terwille van de eenvoud vooral over deterministische systemen worden gesproken. De generalisatie naar stochastische systemen ligt voor de hand.

#### *Definitie 5.36: dynamisch, statisch*

Als  $\mathbf{x}(t)$  en  $\mathbf{y}(t)$  gedurende  $T$  konstant zijn heet het systeem statisch. Veranderen  $\mathbf{x}(t)$  en/of  $\mathbf{y}(t)$  gedurende  $T$  dan heet het systeem dynamisch.

Het ligt voor de hand voor statische systemen de tijdsvariabele  $t$  weg te laten. Men spreekt daarom ook wel van statisch systeem indien de tijdsvariabele  $t$  niet in de beschrijving is opgenomen.

Tot zover is slechts in het algemeen gesproken over een systeembeschrijving:

$$f \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$$

Het is nodig van deze algemene beschrijving een aantal beschrijvingen af te leiden. Daarbij zal worden gekozen voor  $T = (-\infty, +\infty)$ .

*Definitie 5.37*

Zij:  $f \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$ .

Dan is:

$$f^* \subset D(\mathbf{x}_{(-\infty, +\infty)}) \times D(\mathbf{y}(t))$$

en:

$$f_t \subset D(\mathbf{x}_{(-\infty, t]}) \times D(\mathbf{y}(t))$$

waarin:

$$f_t^* = \{ \langle \mathbf{x}_T, \mathbf{y}_T(t) \rangle \mid \langle \mathbf{x}_T, \mathbf{y}_T \rangle \in f \}$$

$$f_t = \{ \langle \mathbf{x}_T |_{(-\infty, t]}, \mathbf{y}_T(t) \rangle \mid \langle \mathbf{x}_T, \mathbf{y}_T \rangle \in f \}$$

Veronderstel nu dat het systeem  $S$  beschreven door  $f$  deterministisch is. Dit impliceert dat  $f$  een afbeelding is zodat  $f^*$  eveneens een afbeelding is. De overgang van  $f$  naar  $f^*$  kan immers worden gezien als een afbeelding van  $D(\mathbf{y}_T)$  op  $D(\mathbf{y}(t))$ . Dit betekent dat de uitgang op tijdstip  $t$  eenduidig wordt bepaald door de ingang gedurende het gehele tijdsbestek (verleden, heden en toekomst). Dit is op zichzelf niet bijzonder. Indien kennis omtrent  $\mathbf{x}_{(-\infty, +\infty)}$  niet alleen voldoende, doch ook nodig is om  $\mathbf{y}(t)$  eenduidig vast te leggen, spreekt men over anticiperende systemen.

*Definitie 5.38: anticiperend*

Zij  $S$  een systeem gedurende  $T$  beschreven door:

$$f: D(\mathbf{x}_T) \rightarrow D(\mathbf{y}_T)$$

dan is  $S$  niet-anticiperend<sup>1</sup> indien voor alle  $\mathbf{x}_T$  geldt dat:

$$\{ \mathbf{y}(t) \mid \langle \mathbf{x}_{(-\infty, +\infty)}, \mathbf{y}(t) \rangle \in f^* \} =$$

$$\{ \mathbf{y}(t) \mid \langle \mathbf{x}_{(-\infty, t]}, \mathbf{y}(t) \rangle \in f_t \}$$

waarin natuurlijk:

$$\mathbf{x}_{(-\infty, \infty)} = \mathbf{x}_T; \mathbf{y}(t) = \mathbf{y}_T(t)$$

$$\mathbf{x}_{(-\infty, t]} = \mathbf{x}_T |_{(-\infty, t]}$$

*Kommentaar*

Voor deterministische systemen is deze definitie bevredigend. Voor stochastische systemen zou niet alleen moeten gelden dat de verzamelingen overeenstemmen, doch tevens dat de kansdichtheidsfuncties overeenkomen. Voor deterministische systemen volgt uit de definitie dat  $f_t$  een afbeelding is.

Anticiperende systemen zijn dus systemen waarbij de uitgang mede door

1. Men kan dit nog preciezer uitdrukken door te spreken over niet anticiperend op  $t \in T$ . Indien het systeem niet anticiperend is op elke  $t \in T$  dan zou men het gedurende  $T$  niet anticiperend kunnen noemen.

toekomstige input wordt bepaald. Dit soort systemen is fysiek niet realiseerbaar.

In de meeste literatuur wordt er stilzwijgend vanuit gegaan dat uitsluitend niet anticiperende systemen worden beschouwd. In dat geval kan men zonder bezwaar een beschrijving van de vorm:

$$f_t \in D(x_{(-\infty, t]} \times D(y(t)))$$

als meest algemene beschrijving hanteren.

In het vervolg zal eveneens van deze veronderstelling worden uitgegaan.

Men dient er zich echter van bewust te zijn dat dit neerkomt op een meestal onuitgesproken hypothese omtrent concrete of empirische systemen, nl.:

$$\forall S (S \in \mathcal{K} \Rightarrow S \text{ is niet anticiperend})$$

Het is een dergelijke hypothese die, meestal onuitgesproken, een der meest fundamentele uitgangspunten van de empirische wetenschap vormt.

Niettemin is het interessant te bedenken dat de nadere uitwerking van een systeemleer voor niet-anticiperende systemen in zeker opzicht leidt tot belemmeringen de eraan ten grondslag liggende hypothese inderdaad empirisch te toetsen.

Gaan we immers uit van een gedragsbeschrijving van de vorm

$$f_t \in D(x_{(-\infty, t]} \times D(y(t)))$$

bij de bestudering van als systeem op te vatten fenomenen dan zijn twee situaties mogelijk:

1.  $f_t$  is een afbeelding.
2.  $f_t$  is geen afbeelding.

De situatie ad. 2 kan veroorzaakt worden doordat het systeem anticiperend en deterministisch is, doordat het systeem stochastisch is en anticiperend en doordat het systeem stochastisch is en niet-anticiperend. Wordt er echter (axiomatisch) van uitgegaan dat  $S$  niet-anticiperend is dan is de conclusie duidelijk:  $S$  is stochastisch.

Het is daarom niet verwonderlijk dat men de begrippen stochastisch versus deterministisch ook wel anders definieert:

#### Definitie 5.39

Zij  $S$  een systeem beschreven door:

$$f_t \in D(x_{(-\infty, t]} \times D(y(t)))$$

Dan heet  $S$  deterministisch als  $f_t$  een afbeelding is. Is  $f_t$  daarentegen geen afbeelding dan heet  $S$  stochastisch.

Het is duidelijk dat deze definitie, indien ze ook op anticiperende systemen wordt toegepast leidt tot de konklusie dat anticiperende systemen stochastisch zijn. Men voelt wel aan dat definitie 5.39 beter aansluit bij de praktijk. Het is immers zo dat men op tijdstip  $t$ , het heden, met betrekking tot een zeker concreet systeem de toekomst niet kent. M.a.w. zelfs indien het systeem anticiperend is, moet men volstaan met een beschrijving van de vorm  $f_t$  en bijgevolg moet het, ook als het deterministisch en anticiperend is, worden behandeld alsof het stochastisch is. Men voelt wel dat door deze handelwijze de toetsbaarheid van de hypothese omtrent het niet-anticiperend zijn van concrete systemen in gevaar komt.

### 5.2.3. Het geheugenbegrip

Voor de invoering van het begrip geheugen, wordt uitgegaan van een systeem-beschrijving van de vorm:

$$f_t : D(\mathbf{x}_{(-\infty, t]}) \rightarrow D(\mathbf{y}(t))$$

waarbij op voorhand ervan wordt uitgegaan dat het systeem niet anticiperend is in de zin van definitie 5.38.

Bovendien zal van het deterministische geval worden uitgegaan. Generalisatie naar stochastische systemen ligt voor de hand doch wordt niet besproken.

Noem:

$$f_0 : D(\mathbf{x}(t)) \rightarrow D(\mathbf{y}(t))$$

zodanig dat:

$$f_0 = \{ \langle \mathbf{x}(t), \mathbf{y}(t) \rangle \mid \langle \mathbf{x}_{(-\infty, t]}, \mathbf{y}(t) \rangle \in f_t \}$$

#### Definitie 5.40: geheugen

Een deterministisch niet anticiperend systeem  $S$  heeft een geheugen indien  $f_0$  geen afbeelding is.

Dit is een begrijpelijke afspraak. Indien immers  $f_0$  een afbeelding is wordt de output op  $t$  eenduidig bepaald door de input op hetzelfde moment. Ook intuïtief zou men dan spreken van een geheugenloos systeem. Is daarentegen  $f_0$  geen afbeelding dan is kennelijk meer informatie omtrent  $\mathbf{x}_{(-\infty, t]}$  nodig om eenduidig  $\mathbf{y}(t)$  te bepalen.

De lengte van het geheugen wordt op voor de hand liggende wijze gedefinieerd als de lengte van de tijdsperiode vanaf een zeker moment  $t^*$  tot heden

zo dat elimineren van kennis omtrent de input vóór  $t^*$  wél en ná  $t^*$  niet zonder bezwaar mogelijk is. Leidt daartoe  $f_{t_0, t}$  af uit  $f_t$  als volgt:

$$f_{t_0, t} \subset D(x_{[t_0, t]}) \times D(y(t))$$

zodanig dat:

$$f_{t_0, t} = \{ \langle x_{[t_0, t]}, y(t) \rangle \mid \langle x_{(-\infty, t]}, y(t) \rangle \in f_t \}$$

Het is duidelijk dat voor deterministische (en niet anticiperende) systemen  $f_{t_0, t}$  een afbeelding is voor  $t_0 = -\infty$ . Laat men  $t_0$  naderen naar  $t$  dan kan een  $t^*$  worden gepasseerd zodat daarvoorbij  $f_{t_0, t}$  geen afbeelding meer is. De tijd tussen  $t^*$  en  $t$  is de geheugenlengte van het systeem.

#### Definitie 5.41: geheugenlengte

Zij  $S$  een deterministisch en niet anticiperend systeem beschreven door  $f_t$  dan is de geheugenlengte gedefinieerd als  $L = t - t^*$

waarin  $t^* = \sup \{ t_1 \mid f_{t_1, t} \text{ is een afbeelding} \}$

(sup = supremum: kleinste bovengrens)

De generalisatie naar stochastische systemen ligt voor de hand, maar wordt hier niet besproken.

Het is mogelijk deze definitie preciezer te formuleren. Men moet dan bedenken dat  $f_t$  afgeleid is uit  $f$ . Er bestaat voor elke  $t \in T$  een  $f_t$ . De verzameling van die  $f_t$ 's heet  $\mathcal{F}_f$ :

$$\mathcal{F}_f = \{ f_t \mid t \in T \}$$

Wordt nu definitie 5.41 gehanteerd dan zou men moeten spreken van de geheugenlengte  $L(t)$  van  $S$  op  $t \in T$ . In principe zou deze kunnen variëren zodat  $L(t)$  gedurende  $T$  geen konstante functie is.

Alternatief zou men ook kunnen stellen dat de geheugenlengte gelijk is aan de maximale geheugenlengte voor  $f_t \in \mathcal{F}_f$ . We laten het bij deze aantekeningen en zullen, inderdaad slordiger<sup>1</sup>, uitgaan van definitie 5.41.

#### 5.2.4. Het toestandsbegrip

In de voorgaande paragraaf is het begrip geheugen ingevoerd. Daarbij is duidelijk geworden dat een zekere:

$$f_{t_0, t} \subset D(x_{[t_0, t]}) \times D(y(t))$$

die kon worden afgeleid van:

$$f_t : D(x_{(-\infty, t]}) \rightarrow D(y(t))$$

nog steeds alle relevante informatie nodig om  $y(t)$  eenduidig te bepalen bevat zolang maar  $t - t_0 \geq L$  (geheugenlengte). D.w.z. als  $t - t_0 \geq L$  is  $f_{t_0, t}$  een afbeelding en als  $t - t_0 < L$  is  $f_{t_0, t}$  geen afbeelding.

1. Voor systemen met stationaire structuur maakt het niets uit.

*Definitie 5.42: toestand*

Stel dat een deterministisch, niet anticiperend systeem met geheugen  $S$  wordt beschreven en laat  $t_0 \in T$  z6 zijn dat:

$$f_{t_0, t} = D(x_{[t_0, t]}) \times D(y(t))$$

geen afbeelding is.

Voer in een verzameling  $\Sigma$  en een afbeelding  $h_0$  van  $f_t$  in  $\Sigma$ :

$$h_0 : f_t \rightarrow \Sigma$$

zodanig dat:

$$h_0(\langle x_{1(-\infty, t]}, y_1(t) \rangle) \neq h_0(\langle x_{2(-\infty, t]}, y_2(t) \rangle)$$

indien:

$$y_1(t) \neq y_2(t) \wedge x_{1(-\infty, t]}|_{[t_0, t]} = x_{2(-\infty, t]}|_{[t_0, t]}$$

De verzameling  $\Sigma$  heet toestandsverzameling of toestandsruimte en haar elementen heten toestanden.

In het vervolg wordt  $\Sigma$  genoteerd als  $D(s(t_0))$ .

Hierin heet  $s(t_0)$  de toestand van  $S$  op  $t_0$ .

*Kommentaar*

Nu is  $\Sigma$  afhankelijk van  $t_0$  en  $t$  ingevoerd. Men kan bewijzen dat het mogelijk is een  $\Sigma$  te vinden, die voor alle  $t_0$  en  $t$  konstant is. Degenen die daarin geïnteresseerd zijn worden verwezen naar de mathematische systeemtheorie i.h.b. het onderwerp realisatietheorie.

Met behulp van het in definitie 5.42 ingevoerde toestandsbegrip kan nu een afbeelding  $h$  worden gevormd:

$$h : D(s(t_0)) \times D(x_{[t_0, t]}) \rightarrow D(y(t))$$

als volgt:

$$h = \{ \langle s(t_0), x_{[t_0, t]}, y(t) \rangle \mid \langle x_{(-\infty, t]}, y(t) \rangle \in f_t \wedge h_0(\langle x_{(-\infty, t]}, y(t) \rangle) = s(t_0) \}$$

Dat  $h$  een afbeelding is valt in te zien daar immers in definitie 5.42 de  $s(t_0)$ 's juist zo zijn gekozen dat bij verschillende  $y(t)$ 's uit  $f_{t_0, t}(x_{[t_0, t]})$  verschillende  $s(t_0)$ 's behoren.

In  $f_{t_0, t}$  was niet genoeg informatie voorhanden om bij gegeven input de output eenduidig te bepalen. In de functie  $h$  is dat informatiekort opgevangen door invoering van de toestand. Deze toestand bevat voldoende informatie uit het verleden om tezamen met kennis van de input en de functie  $h$  eenduidig de output te kunnen bepalen. Het toestandsbegrip wordt dan ook wel op deze wijze ingevoerd. Men stelt dan:  $s(t_0)$  kwalificeert als toestand indien met kennis van  $s(t_0)$  tezamen met de input en de vergelijking de output kan worden bepaald.



De toestand heeft in veel gevallen een inzichtelijke fysische interpretatie. Ze komt overeen met energiereservoirs in fysische systemen, banksaldi, voorraadhoogten e.d. Tenslotte wordt opgemerkt dat er voor een bepaald systeem in het algemeen niet één toestandvariabele bestaat. Zo heeft een toestandsvektor voor een fysisch systeem met twee energiereservoirs twee componenten, een voor elk energiereservoir. Als men deze als basisvectoren opvat vormt elke lineaire combinatie daarvan eveneens een toestandsvektor.

Gebruik makende van het toestandsbegrip wordt vaak het gedrag van een systeem beschreven door de toestandsbeschrijving. Eén vergelijking, de toestandsvergelijking geeft aan hoe de nieuwe toestand afhangt van de oude toestand en de input. De tweede, de outputvergelijking, geeft aan hoe de output afhangt van toestand, en input op hetzelfde moment. Het is mogelijk de toestandsbeschrijving af te leiden van de input-output beschrijving.<sup>1</sup> Dat is echter nogal omslachtig. Er wordt daarom volstaan met op te merken dat zo'n toestandsbeschrijving de volgende vorm heeft:

$$\mathbf{s}(t) = f(\mathbf{s}(t_0), \mathbf{x}_{[t_0, t]}, t)$$

$$\mathbf{y}(t) = g(\mathbf{s}(t), \mathbf{x}(t), t)$$

Opgemerkt wordt dat de toestandsvektor meer kenmerkend is voor een systeem dan de output.

Vaak komt men de toestandsvergelijkingen in de volgende vorm tegen:

$$\mathbf{s}(t + \Delta t) = f(\mathbf{s}(t), \mathbf{x}(t), t) \quad \text{toestandsvergelijking}$$

$$\mathbf{y}(t) = g(\mathbf{s}(t), \mathbf{x}(t), t) \quad \text{outputvergelijking}$$

### 5.2.5. Stationair versus niet-stationair

De definitie van het begrip stationair is gebaseerd op de meest algemene beschrijving van het gedrag van een deterministische black-box gedurende  $T$ , zodat:

$$f = D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$$

overgaat in:

$$f: D(\mathbf{x}_T) \rightarrow D(\mathbf{y}_T)$$

Zij voorts  $\mathcal{F}_t = \{f_t | t \in T\}$  (zie par. 5.2.3.).

Stel dat de geheugenlengte van elke  $f_t \in \mathcal{F}_T$  gelijk is aan  $L$ .

Dit impliceert dat zonder verlies van relevante informatie beschrijvingen van

1. Zie bv. Zadeh en Desoer (1963). In de mathematische systeemtheorie handelt de zgn. realisatietheorie over de vertaling van input-output beschrijvingen in toestandsbeschrijvingen.

de vorm  $f_{t-L,t}$  kunnen worden gehanteerd. Voor elke  $f_t \in \mathcal{F}_f$  is er een  $f_{t-L,t}$ . De verzameling hiervan heet  $\mathcal{F}_{fL}$ .

$$\mathcal{F}_{fL} = \{f_{t-L,t} | f_t \in \mathcal{F}_f\}$$

Laat  $t_2 - t_1 = \tau$  zijn.

*Definitie 5.43: tijdsverschuiving*

Noem:

$$\mathbf{x}_{1[t_1-L, t_1]} \doteq \mathbf{x}_{2[t_2-L, t_2]}$$

indien  $\mathbf{x}_1(t) = \mathbf{x}_2(t + \tau)$  voor alle  $t \in [t_1 - L, t_1]$ .

We noemen  $\mathbf{x}_{1[t_1-L, t_1]}$  gelijk aan  $\mathbf{x}_{2[t_2-L, t_2]}$  behoudens tijdverschuiving.

Op analoge wijze kan worden gedefinieerd wat bedoeld wordt met:

$$\langle \mathbf{x}_{1[t_1-L, t_1]}, \mathbf{y}(t_1) \rangle \doteq \langle \mathbf{x}_{2[t_2-L, t_2]}, \mathbf{y}(t_2) \rangle.$$

Het ligt nu voor de hand te definiëren dat  $f_{t_1-L, t_1} \doteq f_{t_2-L, t_2}$  indien de elementen gelijk zijn behoudens tijdsverschuiving. Men kan nu spreken over stationariteit indien voor elke  $f_{t_1-L, t_1}, f_{t_2-L, t_2} \in \mathcal{F}_{fL}$  geldt dat

$$f_{t_1-L, t_1} \doteq f_{t_2-L, t_2}.$$

*Definitie 5.44: stationaire structuur*

Zij  $S$  een deterministisch systeem beschreven gedurende  $T$  dan heeft  $S$  een stationaire structuur indien  $S$  een konstante geheugenlengte  $L$  heeft en indien voor alle  $t_1, t_2 \in T$  geldt dat  $f_{t_1-L, t_1}$  gelijk is aan  $f_{t_2-L, t_2}$  behoudens tijdsverschuiving.

Voor black-boxes geldt daarmee dat de structuur stationair heet zolang uitwendig geen gedragsverandering merkbaar is.

Belangrijke voorbeelden van niet-stationaire structuur zijn o.m. veroudering, slijtage, groei en leren. Men moet overigens bedenken dat, zoals alle ingevoerde begrippen, stationariteit betrekking heeft op het model dat van een concreet systeem is gemaakt. Zo kan slijtage als toestandsvariabele worden gedefinieerd waardoor het systeem stationair wordt.

### 5.2.6. Lineaire en niet-lineaire systemen

Zij  $S$  een deterministische toestandsbepaalde black-box met stationaire structuur gedurende  $T$  beschreven door

$$f_{t_0, t} : [D(s(t_0)) \times D(\mathbf{x}(t_0, t))] \rightarrow D(\mathbf{y}(t_0, t))$$

Het begrip lineariteit is gedefinieerd voor die gevallen waarin  $D(s(t_0))$ ,  $D(x_{[t_0, t]})$  en  $D(y_{[t_0, t]})$  lineaire vektorruimten zijn.

We zullen nu allereerst de belangrijke begrippen additiviteit en homogeniteit invoeren (Zadeh en Desoer, 1963).

Aangezien is aangenomen dat  $D(s(t_0))$  een lineaire ruimte is, bevat  $D(s(t_0))$  een element  $\mathbf{0}$ . Noem dit de nul-toestand. De responsie van  $S$  uitgaande van  $s(t_0) = \mathbf{0}$  (zero-state response) op de input  $x_{[t_0, t]}$  is nu gedefinieerd als de output  $y_{[t_0, t]}$  behorende bij  $s(t_0) = \mathbf{0}$  en  $x_{[t_0, t]}$ .

#### Definitie 5.45: homogeniteit

Zij  $y_{[t_0, t]}$  de nul-toestand responsie op  $x_{[t_0, t]}$

$S$  is homogeen indien de nultoestand responsie op  $k x_{[t_0, t]}$  gelijk is aan  $k y_{[t_0, t]}$  voor elke  $k$  uit de verzameling scalars  $\mathcal{K}$  en elke  $x_{[t_0, t]} \in D(x_{[t_0, t]})$ .

Dit kan nauwkeuriger worden weergegeven als wordt ingevoerd:

$$f_{t_0, t} : D(x_{[t_0, t]}) \rightarrow D(y_{[t_0, t]})$$

$$f_{t_0, t} = \{ \langle x_{[t_0, t]}, y_{[t_0, t]} \rangle \mid \langle s(t_0), x_{[t_0, t]}, y_{[t_0, t]} \rangle \in f_{t_0, t} \wedge s(t_0) = \mathbf{0} \}$$

Dan kan de definitie luiden:

#### Definitie 5.46: homogeniteit

$\forall k \forall x_{[t_0, t]} (k \in \mathcal{K} \wedge x_{[t_0, t]} \in D(x_{[t_0, t]}) \Rightarrow f_{t_0, t}(k x_{[t_0, t]}) = k f_{t_0, t}(x_{[t_0, t]})$   
 $\Leftrightarrow S$  is homogeen.

Met behulp van de nultoestand responsie  $f_{t_0, t}$  kan het begrip additiviteit eenvoudig worden vastgelegd.

#### Definitie 5.47: additiviteit

$\forall x_{1[t_0, t]} \forall x_{2[t_0, t]} (x_{1[t_0, t]}, x_{2[t_0, t]} \in D(x_{[t_0, t]}) \Rightarrow$   
 $f_{t_0, t}(x_{1[t_0, t]} + x_{2[t_0, t]}) = f_{t_0, t}(x_{1[t_0, t]}) + f_{t_0, t}(x_{2[t_0, t]})$   
 $\Leftrightarrow S$  is additief.

#### Kommentaar

Indien het formalisme even wordt vergeten, kunnen de begrippen homogeen en additief ook wel wat slordiger en wellicht toch inzichtelijker worden geformuleerd. Bij een homogeen systeem met een leeg geheugen verandert de output met dezelfde faktor  $k$  waarmee men de input vergroot of verkleint. Evenzo is bij een additief systeem met een leeg geheugen de responsie op de som van twee inputs gelijk aan de som van de responsies op de afzonderlijke inputs.

Een systeem is lineair indien het additief en homogeen is.

Er schuilen hier nog wel enige adders onder het gras. Deze zijn effectief te bestrijden. Dat gaat echter ten koste van nog een aantal definities. Zadeh en Desoer (1963) noemen systemen die additief en homogeen zijn nultoestand lineair (zero-state linear). Men zij dus op zijn hoede indien  $s(t_0) \neq 0$ .

Lineaire systemen hebben plezierige eigenschappen. Met name kan bij de bestudering ervan gebruik worden gemaakt van het superpositiebeginsel. In woorden luidt dit:

De responsie op de som van twee inputs is gelijk aan de som van de responsies op de afzonderlijke inputs.

Het is in feite gebaseerd op definitie 5.47.

### 5.2.7. *Inschakelverschijnselen en stationair gedrag*

De begrippen inschakelverschijnsel en stationair gedrag zullen niet formeel worden ingevoerd.

Zij  $S_t$  een black-box beschreven door:

$$f_{t_0, t} : [D(s(t_0)) \times D(x_{[t_0, t]})] \rightarrow D(y(t))$$

Veronderstel bovendien dat de geheugenlengte  $L$  van  $S_t$  eindig is of als dit theoretisch niet zo is dat praktisch mag worden aangenomen dat de invloed van  $s(t_0)$  op het gedrag steeds geringer wordt. Kies voor  $x_{[t_0, t]}$  een periodiek signaal. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan een konstant of sinusvormig signaal. Er is sprake van een zich herhalend patroon in het inputsignaal.

We verwachten nu dat na zeker tijdsverloop ook  $y(t)$  een zekere regelmaat gaat vertonen. Men spreekt dan van stationair gedrag. Het gedrag voor dat 'zeker tijdstip' wordt met de term inschakelverschijnsel aangeduid. De hierbij behorende periode heet inschakelperiode of ook wel overgangperiode. Het begrip stationair gedrag moet goed worden onderscheiden van het begrip stationaire structuur (zie definitie 5.44).

### 5.2.8. *Beïnvloeding en storing*

Voor al die gevallen waarin we op een systeem invloed willen uitoefenen is de beschrijving met behulp van de binaire relatie

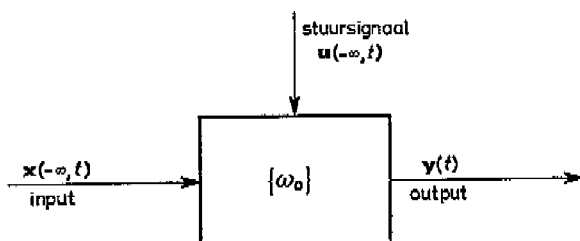
$$f_t \subset D(x_{(-\infty, t]}) \times D(y(t))$$

niet handig. De input  $x_{(-\infty, t]}$  wordt daarom gesplitst in twee stukken. En wel:

Het manipuleerbare deel:  $u_{(-\infty, t]}$

Het niet manipuleerbare deel:  $x_{(-\infty, t]}$

Schematisch ziet een black-box er dan als volgt uit (fig. 5.4.).



Figuur 5.4. Een black-box met stuurmogelijkheden.

De vektor  $u(t)$  wordt aangeduid als 'control-signal' of 'forcing-function'. We zullen spreken over decisievector, beslissingsfunctie of stuur signaal. De vektor  $x(t)$ , die per definitie niet rechtstreeks beïnvloedbaar is, wordt de stoorvector of het stoorsignaal genoemd. De toestandsvergelijkingen krijgen dan de volgende vorm:

$$s(t) = f_t(s(t_0), u_{[t_0, t]}, x_{[t_0, t]})$$

$$y(t) = g_t(s(t), u(t), x(t))$$

Door een verstandige keuze van  $u(t)$  op elk moment kan men nu trachten het gedrag van  $S$  in een of andere gewenste richting te beïnvloeden.

### 5.2.9. Beheersbaarheid en waarneembaarheid

In de systeemleer wordt gebruik gemaakt van de aan de moderne regeltechniek ontleende concepten beheersbaarheid (regelbaarheid, controllability) en waarneembaarheid (observability).

Deze begrippen zijn gedefinieerd voor toestandsbepaalde deterministische black-boxes onder de aanname dat er geen storing is.

#### Definitie 5.48: regelbaar

Zij  $S$  zo'n black-box beschreven door:

$$s(t) = f_t(s(t_0), u_{[t_0, t]}, x_{[t_0, t]})$$

$$y(t) = g_t(s(t), u(t), x(t)).$$

Men noemt  $S$  volledig regelbaar indien er voor elke twee elementen  $s_1(t_1)$

en  $s_2(t_2)$  uit  $D(s(t_0))$  een stuursignaal  $u_{[t_0, t_1]}$  bestaat zodanig dat:

$$s_2(t_2) = f_{t_2}(s_1(t_1), u_{[t_0, t_1]}, 0).$$

In woorden;

Een systeem is beheersbaar indien er voor elk paar toestanden een stuur-sig-naal bestaat waarmee men het systeem van de ene in de andere toestand kan brengen onder de voorwaarde dat er geen storing optreedt.

#### *Definitie 5.49: waarneembaar*

Men noemt  $S$  volledig waarneembaar indien uit waarnemingen van  $y(t)$  de toestand  $s(t)$  volledig kan worden bepaald.

Een formele definitie wordt hier niet gegeven.

Het is duidelijk dat de waarneembaarheid samenhangt met  $g_1$ .

Later zal op de concepten beheersbaarheid en waarneembaarheid worden teruggekomen (par. 5.3.3.). Dan zullen relatieve concepten worden inge-voerd die beter op de praktijk zijn toegesneden.

### 5.3. DOELKONCEPTEN

#### 5.3.1. Inleiding

In veel systeemdefinities is het concept doel of doelgerichtheid in enigerlei vorm opgenomen.

Dit is niet verwonderlijk. In twee belangrijke gebieden van toepassing is deze nauwe verwantschap tussen systeem en doel begrijpelijk.

De technische literatuur handelt voornamelijk over artefacten, technische konstrukties, technische systemen die met een heel bepaalde bedoeling (functie) zijn ontworpen en gerealiseerd. Het gaat in de technische literatuur dus over systemen waaraan door de ontwerper een doel is toegekend.

In wetenschappen als biologie en psychologie bestudeert men geen artefacten doch 'natural systems' die blijkbaar eigenschappen vertonen die men met de term doelgericht zou kunnen aanduiden. Het komt mij voor dat het om verschillende redenen niet wenselijk is een doelconcept in de definitie van het begrip systeem op te nemen.

Het kan immers wenselijk zijn bepaalde fenomenen te bestuderen als systeem, zonder dat het nodig of zelfs mogelijk is er een doel aan toe te kennen. Zo kan bijvoorbeeld een interessante vraag luiden: Wat is het doel van dat systeem? Een dergelijke vraag kan niet worden besproken indien een systeem per definitie een doel heeft.

Bovendien is voor sommige fenomenen, bijvoorbeeld organisaties, het aanwezig zijn van vele, soms tegenstrijdige, doelstellingen zo niet bewijsbaar dan toch als hypothetisch uitgangspunt vaak vruchtbaar.

Men moet problemen als het organisatiedoel niet ontoegankelijk maken door een doelconcept in de definitie van systeem op te nemen.

In de nu volgende paragrafen zullen we een aantal nauw samenhangende concepten zoals doel, functie, regelen en informatie bespreken. Enkele doelconcepten zullen daarom worden geïntroduceerd.

### 5.3.2. Het doel van een systeem

Zoals in de inleiding van deze paragraaf aannemelijk is gemaakt, is het niet zinvol het doelbegrip in de systeemdefinitie op te nemen. Het doelbegrip kan echter bij systeemstudies niet worden gemist. We introduceren het daarom afzonderlijk en wel voor een bijzonder type systeem: de black-box. Een black-box wordt als systeem gekarakteriseerd door een vierling

$$\langle \{\omega_0\}, E(\{\omega_0\}), \mathcal{R}_{X_{\omega_0}}, \mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})\{\omega_0\}} \rangle$$

terwijl de beschrijving van het gedrag gedurende een tijdstippenverzameling  $T$  wordt gegeven door:

$$f \subseteq D(x_T) \times D(y_T)$$

Intuïtief heeft het doel van een systeem iets te maken met het gewenste gedrag. Anders gezegd, met de wenselijkheid van bepaalde input-output paren  $\langle x_T, y_T \rangle \in f$ , of samenvattend, met een ordening van  $f$  naar wenselijkheid. Nu is het mogelijk dat, tengevolge van een verkeerd ontwerp of slijtage, een bepaald gedrag weliswaar gewenst is, doch niet of niet meer realiseerbaar blijktens  $f$ . Daarom gaat de voorkeur uit naar de definitie van het doel als een ordening van  $D(x_T) \times D(y_T)$ .

#### Definitie 5.50: doel van een systeem

Zij  $S$  een black-box beschreven door:

$$f \subseteq D(x_T) \times D(y_T)$$

Noem:

$$\Omega = D(x_T) \times D(y_T)$$

Dan is: Een kwasi-ordening:<sup>1</sup>

$$\mathcal{V} \subseteq \Omega^2 \text{ een onvolledig doel van } S.$$

1. Een kwasi ordening is een reflexieve en transitieve binaire relatie.

Een zwakke ordening:<sup>1</sup>

$$\mathcal{V} \subset \Omega^2 \text{ een (volledig) doel van } S.$$

Een kwasi ordening geeft (voor zover deze niet compleet is) slechts voor een deel van de paren  $\langle \langle x_{1T}, y_{1T} \rangle, \langle x_{2T}, y_{2T} \rangle \rangle \in \Omega^2$  aan welk van de twee bij het meest gewenste gedrag behoort.

De informatie is dus niet volledig.

Hoevel dit in de praktijk natuurlijk voorkomt, reden waarom het begrip onvolledig doel is ingevoerd, zullen we het vervolg van de beschouwing houden voor volledige doelen.

Men dient daarbij te bedenken dat in de praktijk maatregelen toch genomen worden ondanks een kwasi ordening. Dit impliceert dat er operationeel met een zwakke ordening wordt gewerkt.

In par. 5.2.8, werd de input van een systeem in wel en niet beïnvloedbare componenten gesplitst. Dat betekent dat we te maken krijgen met een gedragsbeschrijving van de vorm:

$$f \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T).$$

Indien:

$$\Omega = D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T)$$

dan kan definitie 5.50 worden toegepast. In feite komt dit neer op het beschouwen van het bijzondere geval dat  $D(x_T)$ , zoals die voorkomt in definitie 5.50, een kartesisch produkt is.

Om het concept doelstelling in verband te brengen met besturing zullen we een black-box  $S$  in beschouwing nemen beschreven door:

$$f \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T)$$

en met doelstelling (zwakke ordening):

$$\mathcal{V} \subset (D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T))^2$$

In zeker opzicht kan men de binaire relatie  $f$  zien als constraint met betrekking tot  $\mathcal{V}$ . M.a.w. het gaat erom een zekere doelstelling  $\mathcal{V}$  te bereiken met een gegeven black-box. Hieruit spreekt duidelijk de betekenis van het ontwerp. Men zou dan ook een door een systeem te vervullen functie, een speciaal soort doel kunnen noemen.

*Definitie 5.51: functie*

Noem:

$$\Omega = D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T)$$

2. Een zwakke ordening is een complete ordening.



Een functie (niet in de wiskundige zin) van een black-box beschreven door:

$$f \subset \Omega$$

is een binaire relatie:

$$f^* \subset \Omega$$

De binaire relatie (meestal een functie in de wiskundige zin)  $f^*$  geeft de functionele specificaties voor het systeemontwerp.

In dit geval wordt  $\Omega$  verdeeld in twee klassen, de gewenste  $f^*$  en de niet gewenste  $\Omega \setminus f^*$ .

Konstrueer nu een  $W \subset \Omega^2$  als volgt:

$$W = \Omega^2 \setminus \{ \langle a, b \rangle \mid a \in f^* \wedge b \in \Omega \setminus f^* \}$$

dan is  $W \subset \Omega^2$  een zwakke ordening van  $W$ . Immers  $W$  is reflexief, transitief en compleet. Daarbij kan  $\langle a, b \rangle \in W$  worden geïnterpreteerd als  $a$  wordt niet geprefereerd boven  $b$ . Aangezien  $W$  een zwakke ordening is kan  $W$  een volledig doel worden genoemd op grond van definitie 5.50.

Hiermee is aangetoond dat een functie  $f^*$  (in de zin van def. 5.51) als een specifiek soort doelstelling kan worden begrepen.

Voor een bestaand systeem beschreven door  $f$  kan de vraag worden gesteld of aan de functionele specificaties  $f^*$  is voldaan. Deze vraag komt overeen met de vraag of  $f^*$  realiseerbaar is.

We beperken ons nu tot bestaande (al of niet ontworpen) systemen waaraan een doel is toegekend. Dus:

$$\text{Black-box } S = \langle \{\omega_0\}, E(\{\omega_0\}), \mathcal{R}_{x \omega_0}, \mathcal{R}_{E(\{\omega_0\})(\omega_0)} \rangle$$

Beschreven door:

$$f \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T) = \Omega$$

met doel:

$$\mathcal{V} \subset \Omega^2.$$

De beperking betekent dat de elementen uit  $\mathcal{V}$  die niet behoren tot  $f^2$  buiten beschouwing blijven.

We beperken  $\mathcal{V}$  tot het ervan middels  $f$  realiseerbare gedeelte

$$\mathcal{V} \mathcal{R} = \mathcal{V} \cap f^2$$

die een zwakke ordening is van  $f$ .

*Definitie 5.52: realiseerbaar doel*

Zij  $S$  een black-box beschreven door:

$$f \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T) = \Omega$$

met doelstelling:

$$\mathcal{V} \subset \Omega^2.$$

Dan is  $\mathcal{VR} = \mathcal{V} \cap f^2$  het realiseerbare doel. Indien  $\mathcal{VR} = \mathcal{V}$  dan noemen we het systeem goed ontworpen m.b.t. de doelstelling  $\mathcal{V}$ .

Veelal wordt de doelstelling van een systeem niet gegeven door middel van een zwakke ordening doch via een nuts-functie.

*Definitie 5.53: doelfunctie*

Zij  $S$  een black-box beschreven door:

$$f \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T) = \Omega$$

met realiseerbare doelstelling:

$$\mathcal{VR} \subset f^2$$

zodanig dat er een functie  $V$  bestaat:

$$V: f \rightarrow R_e$$

met:

$$\forall a, b \in f (V(a) \geq V(b) \Leftrightarrow \langle a, b \rangle \in \mathcal{VR} \Leftrightarrow a \geq b)$$

dan heet  $V$  een doelfunctie voor  $S$  met betrekking tot  $\mathcal{VR}$ .

Een optimale regelactie  $u_T \in D(u)$  kan nu als volgt worden gedefinieerd.

*Definitie 5.54: optimale regelactie*

Zij  $S$  een black-box met realiseerbare doelstelling  $\mathcal{VR}$  en daarbij behorende doelfunctie  $V$  dan is  $u_T^* \in D(u_T)$  een optimale regelactie als  $u_T^*$  de functie  $V$  maximaliseert.

Aangezien  $V = V(x_T, u_T, y_T)$ , waarbij  $x_T$  niet rechtstreeks beïnvloedbaar is, moet worden gesproken van een optimale regelactie bij die specifieke gegeven  $x_T$  met betrekking tot  $f$  en  $\mathcal{VR}$ .

Ons rest nog te bespreken dat veelal de doelstelling van een systeem uitsluitend wordt gedefinieerd m.b.t. de output. De doelstelling is daarentegen betrokken op output én input. Het blijkt mogelijk een nieuwe output te definiëren zodat de doelstelling alleen betrokken is op de nieuwe output.

Uitgangspunt is wederom een black-box met  $f$  en  $\mathcal{VR}$ :

$$f \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T)$$

$$\mathcal{VR} \subset f^2$$

Definieer nu:

$$g \subset D(x_T) \times D(u_T) \times D(x_T) \times D(u_T) \times D(y_T)$$

met:

$$\langle x_T, u_T, x_T, u_T, y_T \rangle \in g \Leftrightarrow \langle x_T, u_T, y_T \rangle \in f$$

Daarom ook:

1.  $a \geq b \Leftrightarrow b$  wordt niet geprefereerd boven  $a$ .

$$g \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{u}_T) \times f$$

Definieer voorts:

$$h : f \rightarrow D(\mathbf{z}_T)$$

zodanig dat voor alle  $\mathbf{x}_{1T}, \mathbf{x}_{2T}, \mathbf{u}_{1T}, \mathbf{u}_{2T}, \mathbf{y}_{1T}, \mathbf{y}_{2T}$  geldt dat:

$$(h(\mathbf{x}_{1T}, \mathbf{u}_{1T}, \mathbf{y}_{1T}) = h(\mathbf{x}_{2T}, \mathbf{u}_{2T}, \mathbf{y}_{2T})) \Leftrightarrow (\langle \mathbf{x}_{1T}, \mathbf{u}_{1T}, \mathbf{y}_{1T} \rangle \approx \langle \mathbf{x}_{2T}, \mathbf{u}_{2T}, \mathbf{y}_{2T} \rangle \wedge \mathbf{y}_{1T} = \mathbf{y}_{2T})$$

waarin:

$$\langle \mathbf{x}_{1T}, \mathbf{u}_{1T}, \mathbf{y}_{1T} \rangle \approx \langle \mathbf{x}_{2T}, \mathbf{u}_{2T}, \mathbf{y}_{2T} \rangle$$

betekent dat beide drielingen tot dezelfde ekwivalentieklasse van  $f$  gegeneerd door  $\mathcal{V}\mathcal{R}$  behoren.

Uitgaande van een black-box met:

$$f \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{u}_T) \times D(\mathbf{y}_T)$$

en

$$\mathcal{V}\mathcal{R} \subset f^2$$

hebben we verkregen een black-box met:

$$h_0g \subset D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{u}_T) \times D(\mathbf{z}_T)$$

en

$$\mathcal{V}_{h_0g} \subset (D(\mathbf{z}_T))^2.$$

Dit betekent dat de beperking van het doelconcept tot de output geen essentiële beperking is. Elke black-box met doelstelling kan immers worden vertaald in een black-box met een doelstelling die alleen betrekking heeft op de output.

Tot slot van deze paragraaf nog een opmerking. Het doelconcept is ingevoerd voor black boxes. De generalisatie naar andere systemen ligt voor de hand. We zullen deze niet bespreken. Het lijkt voldoende op te merken dat daarbij, in plaats van een zwakke ordening van  $f$ , moet worden uitgegaan van een zwakke ordening van het kartesisch produkt van alle, ook interne, inputs en outputs.

Om de, in praktische situaties relevante, tijdsfactor te introduceren zal het begrip operationeel doel worden ingevoerd.

### *Het operationele doel*

In de voorgaande paragraaf is de doelstelling geïntroduceerd als een zwakke ordening  $\mathcal{V} \subset (D(\mathbf{x}_T) \times D(\mathbf{u}_T) \times D(\mathbf{y}_T))^2$ .

De dimensie tijd vervulde bij de beschouwingen een ondergeschikte rol. Met name bij de besturing van systemen in werkelijkheid speelt de tijd echter een wezenlijke rol. Op tijdstip  $t \in T$  gaat het er niet om een geschikte  $\mathbf{u} = \mathbf{u}_{(-\infty, +\infty)}$  te kiezen doch een geschikte  $\mathbf{u}_{[t, +\infty]}$ . Daarmee gaat samen dat de

doelstelling ten behoeve van de besturing relevant is voorzover het gaat om de toekomst. Daarom leiden we het operationele doel  $\mathcal{V}_i(\mathbf{u}_{(-\infty, t)})$  af uit het realiseerbare doel  $\mathcal{V}\mathcal{R}$ .

Daartoe moet men bedenken dat elke  $\mathbf{u}_T \in D(\mathbf{u}_T)$  kan worden ontbonden in twee gedeelten en wel het deel vóór  $t \in T$  en het deel daarna,  $t$  zelf inbegrepen.

En wel:

$$\mathbf{u}_{(-\infty, t)} = \mathbf{u}_T|_{(-\infty, t)} \text{ en } \mathbf{u}_{[t, +\infty)} = \mathbf{u}|_{[t, +\infty)}$$

Vóór tijdstip  $t \in T$  is een bepaald element  $\langle \mathbf{x}_T, \mathbf{u}_T, \mathbf{y}_T \rangle|_{(-\infty, t)}$  opgetreden.

We vormen nu:

$f_{[t, +\infty)}(\langle \mathbf{x}_T, \mathbf{u}_T, \mathbf{y}_T \rangle|_{(-\infty, t)})$  als volgt:

$$f_{[t, +\infty)} \subset D(\mathbf{x}_{[t, +\infty)}) \times D(\mathbf{u}_{[t, +\infty)}) \times D(\mathbf{y}_{[t, +\infty)})$$

met:

$$f_{[t, +\infty)} = \{ \langle \mathbf{x}_T, \tilde{\mathbf{u}}_T, \tilde{\mathbf{y}}_T \rangle|_{[t, +\infty)} | \langle \mathbf{x}_T, \tilde{\mathbf{u}}_T, \tilde{\mathbf{y}}_T \rangle \in f \wedge \langle \mathbf{x}_T, \tilde{\mathbf{u}}_T, \tilde{\mathbf{y}}_T \rangle|_{(-\infty, t)} = \langle \mathbf{x}_T, \mathbf{u}_T, \mathbf{y}_T \rangle|_{(-\infty, t)} \}$$

$f_{[t, +\infty)}$  bevat dus alle, op grond van de voorgeschiedenis en bij de gegeven  $f$ , nog realiseerbare voortzettingen van die banen  $\langle \mathbf{x}_T, \mathbf{u}_T, \mathbf{y}_T \rangle|_{(-\infty, t)}$ .

Een omslachtige discussie vermijgend stellen we dat de realiseerbare doelstelling van de door  $f$  beschreven black-box  $\mathcal{V}\mathcal{R} \subset f^2$  een operationele doelstelling  $\mathcal{V}_i(\mathbf{u}_{(-\infty, t)})$  induceert voor elke mogelijke  $\mathbf{u}_{(-\infty, t)}$  en elke  $t \in T$ . Daarvoor geldt:

$$\mathcal{V}_i(\mathbf{u}_{(-\infty, t)}) \subset (f_{[t, +\infty)})^2.$$

Ongeacht of de keuze van  $\mathbf{u}_{(-\infty, t)}$  geschikt was moet nu door keuze van  $\mathbf{u}_{[t, +\infty)}$  worden getracht de beste nog bereikbare situatie inderdaad te bereiken.

### 5.3.3. Bestuurbaarheid en waarneembaarheid opnieuw beschouwd

In par. 5.2.9. is de in de literatuur meestal voorkomende definitie van de begrippen waarneembaarheid en beheersbaarheid gepresenteerd. Daarbij merkten we reeds op dat later relatieve concepten zouden worden ingevoerd. In het kort noemden we een systeem beheersbaar indien er voor elk paar toestanden uit de toestandsruimte een stuursignaal bestond zodanig dat het systeem daarmee van de ene in de andere toestand gebracht kon worden onder de konditie dat er geen verstoring optrad.

Indien evenwel aan het systeem een doel is toegekend, hetgeen vanzelf spreekt als over beheersing wordt gesproken, is van groter belang het antwoord op de vraag in hoeverre die doelstelling met dat systeem bereikt kan worden ondanks versturende ingangssignalen.

Het is duidelijk dat de doelstelling ook kan worden geschreven als een zwakke ordening van  $D(s_T)$ , de verzameling mogelijke toestandsbanen. Nu wordt, althans voor deterministische systemen,  $s_T$  eenduidig bepaald door  $x_T$  en  $u_T$ . Men zou het systeem nu beheersbaar kunnen noemen met betrekking tot de doelstelling indien voor elke  $x_T \in D(x_T)$ ,  $u_T$  zo gekozen kan worden dat de bij  $x_T$  en  $u_T$  behorende  $s_T$  deel uitmaakt van de ekwivalentieklasse der meest gewenste  $s_T$ 's.

Een analoge redenering kan worden opgezet uitgaande van het operationele doel. Dit relatieve beheersbaarheidsconcept zal niet worden geformaliseerd. In hoofdstuk 7 zal blijken dat de relatieve beheersbaarheid in het besturingsparadigma een grote rol speelt.

De waarneembaarheid van een systeem, de mate waarin uit de output de toestand eenduidig kan worden afgeleid, kan ook relatief t.o.v. een zekere doelstelling worden bepaald. Ook zo'n relatief waarneembaarheidsconcept zullen we niet formaliseren. Het gaat om de mogelijkheid om vanuit de output alle bij de gegeven doelstelling relevante informatie omtrent de toestand af te leiden.

De term relevant slaat in deze context op twee aspecten. Allereerst wordt die informatie relevant genoemd die nodig en voldoende is om tussen verschillend gewaardeerde toestandsbanen te onderscheiden. In de tweede plaats is die informatie relevant die nodig is om een goede beslissing over het te kiezen stuursignaal mogelijk te maken.

#### 5.3.4. Over besturen

In de voorgaande paragrafen is het doelbegrip aan de orde gesteld. Daarbij kwam het hierop neer dat de grondslag voor het handelen (de keuze van een stuursignaal) op tijdstip  $t$  was opgeslagen in het operationele doel en het effect van het handelen was opgeslagen in  $f_{[t, +\infty)}$ . Zonder dat expliciet te maken zijn deze kwesties, maar ook de concepten beheersbaarheid en waarneembaarheid, besproken als aspecten van het vraagstuk van de potentiële bestuurbaarheid van een systeem door een voortreffelijk besturend mechanisme. Besproken is zo wat er door perfecte besturing maximaal bereikbaar is. Het is duidelijk dat het uiteindelijke resultaat van besturende activiteit enerzijds samenhangt met de zojuist aangeduide bestuurbaarheid van het systeem, doch anderzijds met het besturend vermogen van het besturende systeem. Kortweg zouden we van een effectieve regelaar kunnen spreken

indien die regelaar 'eruit haalt wat erin zit'. Gebeurt dat bovendien met minimale middelen dan noemen we hem ook efficiënt.

Hocwel met zekere nadruk is onderscheiden tussen kwaliteiten van het te besturen systeem en kwaliteiten van het voor een bepaald systeem met zekere doelstelling ontworpen besturend systeem, moeten we ons, ter bespreking van de vraag welke eigenschappen een effectieve en efficiënte regelaar heeft, beperken tot die systemen die bij de gegeven doelstelling goed zijn ontworpen en zowel relatief beheersbaar als relatief waarneembaar zijn (zie par. 5.3.3.). Zonder dat expliciet te hebben nagegaan vermoed ik overigens dat deze beperking voor de operationele kant van de zaak niet wezenlijk is. De discussie zou vermoedelijk niet veel anders lopen indien werd uitgegaan van realiseerbare doelstellingen.

In de economische literatuur is het concept planning-horizon geïntroduceerd. Daarmee wordt aangegeven dat bij het nemen van beslissingen een zekere toekomstige periode wordt overzien. Men kan daaraan twee aspecten onderscheiden: de planning-horizon als de lengte van de feitelijk in beschouwing genomen toekomstige periode maar ook de planning-horizon als de lengte van de toekomstige periode die in de beschouwing moet worden genomen, teneinde alle consequenties te kunnen overzien.

De hierin liggende suggestie, dat een effectieve en efficiënte regelaar mede wordt gekenmerkt door een noodzakelijke en voldoende planning-horizon is daarom zeker van betekenis.

Impliciet wordt er in het bovenstaande vanuit gegaan dat een regelaar of beslissingscel (Hanken en Reuver, 1973) een model hanteert bij de keuze van een geschikt stuursignaal.

Om dit te illustreren zullen we uitgaan van een eenvoudig geval.

Stel dat een black-box  $\{\omega_0\}$  wordt beschreven door:

$$f: D(x) \times D(u) \rightarrow D(z)$$

met een doelstelling  $G \subset D(z)$ .  $G$  bevat de verzameling gewenste uitkomsten.

Om te verzekeren dat steeds  $z \in G$  moet de regelaar ervoor zorgen dat steeds  $\langle x, u \rangle \in f^{-1}(G)$ . Hierin is:

$$f^{-1}(G) = \{\langle x, u \rangle | \exists z(\langle x, u, z \rangle \in f \wedge z \in G)\}$$

De verzameling  $f^{-1}(G)$  kan men de verzameling goede  $\langle x, u \rangle$  paren noemen. Het is evident dat:

$$f^{-1}(G) \subset D(x) \times D(u)$$

Er moet derhalve een relatie bestaan tussen de niet-beïnvloedbare input  $x$  en het stuursignaal  $u$ . De regelaar moet voor elke  $x$  een  $u \in D(u)$  zodanig

kiezen dat  $\langle \mathbf{x}, \mathbf{u} \rangle \in f^{-1}(G)$ . Indien  $\{\omega_0\}$  beheersbaar is relatief t.o.v.  $G$  dan is dit steeds mogelijk omdat dan:

$$\{\mathbf{x} | \exists \mathbf{u} (\langle \mathbf{x}, \mathbf{u} \rangle \in f^{-1}(G))\} = D(\mathbf{x})$$

Daaruit volgt dat  $f^{-1}(G)$  overal gedefinieerd, doch niet noodzakelijk eewaardig is. In het algemeen heeft de bestuurder dus voor elke  $\mathbf{x} \in D(\mathbf{x})$  de keuze tussen meerdere, even effectieve, stuursignalen. Hij kan dan naar willekeur een van deze stuursignalen kiezen. Op deze wijze ontstaat een functie  $h$ :

$$h : D(\mathbf{x}) \rightarrow D(\mathbf{u})$$

met:

$$h \subset f^{-1}(G)$$

Deze functie representeert wat Conant en Ashby (1970) de eenvoudigste optimale regelaar noemen.

Drie opmerkingen zijn relevant.

Allereerst wordt opgemerkt dat de regelaar een model van het bestuurd systeem bevat daar  $h$  informatie bevat over  $f$ .

Voorts geldt dat deze informatie beperkt is tot die informatie welke relevant is bij de gekozen doelstelling.

De beroemde wet van de vereiste variëteit (Law of the requisite variety, Ashby, 1961) is impliciet aanwezig. Het aantal vereiste elementen in  $D(\mathbf{u})$  hangt immers af van  $f$  en  $G$ .

Conant (1969) toonde aan dat er een nauw verband bestaat tussen de kwaliteit van een regelorgaan en diens capaciteit als informatiekanaal van  $\mathbf{x}$  naar  $\mathbf{u}$ .

## 5.4. METHODISCHE EN METHODOLOGISCHE ELEMENTEN

### 5.4.1. Modelkonstruktie

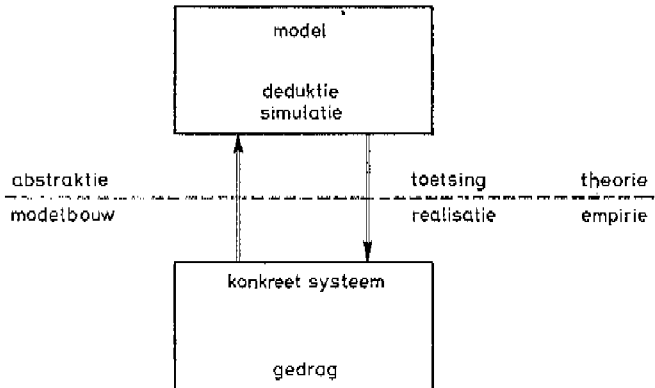
Nadat is geformuleerd wat onder een model wordt verstaan, rijst de vraag hoe een goed model kan worden gekonstrueerd. Dat hiervoor geen eenvoudig recept bestaat moge onder meer blijken uit een artikel van Morris: 'On the art of modelling' (Morris, 1967).

In dit hoofdstuk zullen enkele overwegingen en concepten worden gepresenteerd die wellicht hulp kunnen bieden bij de modelkonstruktie. De gekompliceerde relatie die bestaat tussen theorie en empirie (zie hoofdstuk 3) komt hierbij onder een andere gedaante weer naar voren. Het konstrueren van een model geschiedt steeds vanuit een bepaald gezichtspunt. Dit gezichtspunt hangt nauw samen met het doel waarmede het model wordt vervaar-

digd. Het functioneert bij de konstruktie van modellen als selektor en interpretator van verschijnselen en aspecten daarvan.

### Modelcyclus

Een schematisch overzicht van enkele belangrijke activiteiten bij het konstrueren van abstracte modellen van konkrete systemen geeft de zogenaamde modelcyclus (Hanken en Reuver, 1973).



Figuur 5.5. De modelcyclus.

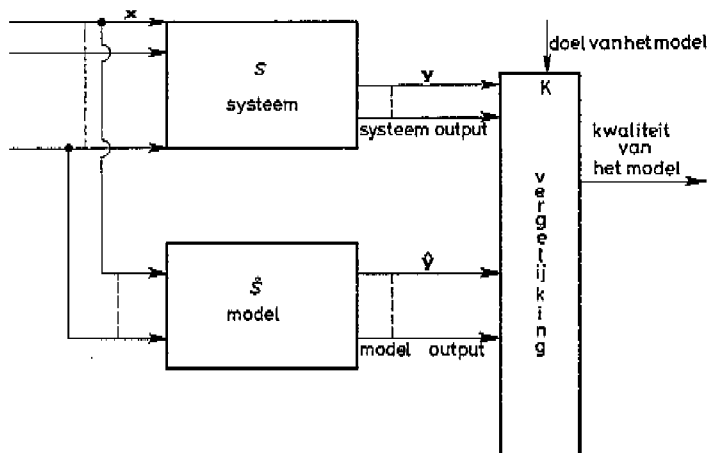
### 5.4.2. Over het doel en de kwaliteit van een model

Het is plausibel dat de kwaliteit van een model samenhangt met het doel waarmee dat model is ontworpen. Schematisch kunnen we een en ander als volgt op pagina 139 voorstellen.

Veronderstel, om de gedachten te bepalen, dat  $S$  een konkreet dynamisch systeem is. Het model  $\hat{S}$  is een stelsel differentiaal vergelijkingen.  $\hat{S}$  is een homomorfe afbeelding van  $S$ . In dit geval komt het homomorf afbeelden hierop neer dat slechts bepaalde inputs en outputs in de beschouwing worden betrokken. Dit is onvermijdelijk.

De vraag welke inputs en outputs relevant zijn, valt uiteen in twee deelvragen. De eerste vraag is direkt afgeleid van het doel van het model en kan worden omschreven als: tussen welke in- en outputs wensen we het verband te bestuderen. Men kan deze vraag nog anders formuleren en wel:





Figuur 5.6. Kwaliteit van een model.

Welke aspecten van het gedrag van  $S$  wensen we met behulp van  $\hat{S}$  te voorspellen? Het is mogelijk dat het voor een adequate voorspelling nodig is nog andere inputs in de beschouwing te betrekken. Deze inputs hebben wat men zou kunnen noemen een afgeleide of indirecte relevantie. Dit is de tweede deelvraag.

Een voorbeeld om dit te verduidelijken. Men is geïnteresseerd in het verband tussen beloning en satisfactie van een werknemer. Men kan nu als input- respectievelijk output van primaire relevantie beloning en satisfactie zien. Wil men echter een adequate voorspelling doen van de satisfactie dan lijkt het zinvol meerdere inputs in de beschouwing te betrekken zoals bijvoorbeeld de waardering die van collega's wordt ervaren. Deze waardering zou dan kunnen worden opgevat als een input met indirecte relevantie.

Het doel van het model  $\hat{S}$  omschrijven we als het doen van voorspellingen t.a.v. bepaalde welomschreven aspecten van het gedrag van  $S$  waarbij een criterium is gedefinieerd over de afwijkingen tussen het gedrag van  $S$  en het gedrag van  $\hat{S}$ . De kwaliteit van het model wordt gerelateerd aan de kwaliteit van de voorspellingen. Deze laatste wordt op zijn beurt bepaald op basis van het gedefinieerde criterium. In figuur 5.6. is getracht dit in beeld te brengen. Hierbij vervult de black-box  $K$  de evaluerende functie. Deze houdt een vergelijking in van de output van  $S$  en de output van  $\hat{S}$  bij het gegeven criterium. Het zal duidelijk zijn dat bij deze zienswijze eigenlijk niet kan worden gesproken van relevante en niet relevante inputs. Men kan beter spreken over

een ordening van inputs naar relevantie. Deze ordening moet worden gebaseerd op de mate waarin de inputs, bij het gegeven criterium, bijdragen tot de voorspelling. Een voorbeeld van een methode om dit te doen is na te gaan welk deel van de variantie door de betreffende input (variabele) wordt verklaard.

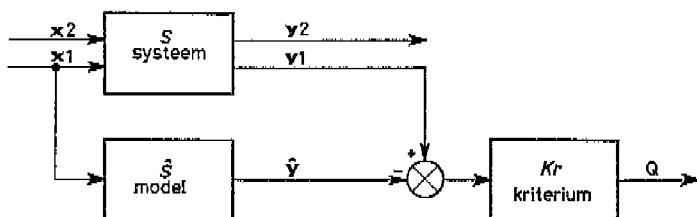
Het is plausibel dat de keuze van de inputs en outputs (met name de inputs met sekundaire relevantie) mede wordt gebaseerd op de soms primitieve soms intuïtieve of niet expliciete theorie die de onderzoeker hanteert. Voorschriften of recepten voor de keuze van de in- en outputs zijn niet of moeilijk te geven.

Een voorbeeld moge een en ander verduidelijken. Stel  $S \in K$  met een oneindig aantal inputs en outputs. De inputvektor  $x$  valt uiteen in twee componenten  $x_1$  en  $x_2$  waarbij  $x_1$  de in beschouwing genomen inputs zijn. Op analoge wijze valt de output-vektor  $y$  uiteen in twee componenten nl.  $y_1$  (het 'relevante' deel) en  $y_2$  (het buiten beschouwing gelaten deel). Stel dat het gedrag van  $S$  geheel<sup>1</sup> wordt beschreven met:  $y = f(x)$ .

We zijn geïnteresseerd in  $y_1$ , konstrueren een model  $\hat{S}$  en nemen daarbij  $x_1$  in beschouwing. Als  $x_1$  en  $y_1$  eindig veel componenten bevatten laten we, aangezien  $x$  en  $y$  oneindig veel componenten bevatten, oneindig veel inputs en outputs buiten beschouwing.  $\hat{S}$  wordt dus beschreven als  $\hat{y} = f(x_1)$  waarbij  $\hat{y}$  de voorspelling is van  $y_1$ .

We kiezen een kwadratisch criterium voor de kwaliteit van  $\hat{S}$ . De kwaliteit  $Q$  van het model is dan als volgt gedefinieerd:<sup>2</sup>

$$Q = E\{(y_1 - \hat{y})^T (y_1 - \hat{y})\}$$



Figuur 5.7.

1. Als  $S \in K$  kan dit niet. We gaan aan dit probleem hier voorbij.
2.  $E$  is de operator voor de mathematische verwachting.  $a^T$  is een rijvektor en  $a$  is een kolomvektor.

De uitdrukking voor  $Q$  kan anders worden geschreven:

$$Q = E[(y_1 - f(x_1))^T (y_1 - f(x_1))]$$

Twee factoren hebben invloed op  $Q$ :

- de keuze van de functie  $f$
- de keuze van de input  $x_1$

Men moet derhalve bij een te geringe overeenkomst tussen model en systeem behalve aan ten onrechte weggelaten inputs evencens denken aan de mogelijkheid dat dezelfde  $x_1$  met een andere  $f$  betere resultaten geeft. Met name denken we daarbij aan de talloze in gebruik zijnde lineaire modellen (bv. correlatierekening e.a.). Wellicht is een niet-lineair model in sommige gevallen beter geschikt. We benadrukken, wellicht ten overvloede, nogmaals dat de keuze van de in beschouwing te nemen inputs en outputs mede wordt gebaseerd op een expliciete of impliciete theorie. Men veronderstelt nl. onder meer dat allerlei niet in beschouwing genomen factoren geen of weinig invloed hebben (verwaarloosbaar zijn). Een analoge opmerking kan worden gemaakt voor de keuze van de functie  $f$  of klassen van functies. Bij de lineaire regressie postuleert men bijvoorbeeld een klasse functies als volgt:

$$\hat{y} = c_0 + c^T x$$

met  $c^T = (c_1, \dots, c_n)$

$$x^T = (x_1, \dots, x_n)$$

en  $(c_0, c_1, \dots, c_n) \in \mathcal{R}^{n+1}$

Men zoekt dan dat element  $(c_0^*, \dots, c_n^*)$  uit  $\mathcal{R}^{n+1}$  waarmee het criterium minimaal wordt i.e.:

$$E[y - \hat{y}]^2 = \min.$$

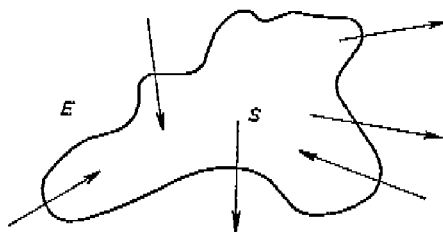
### 5.4.3. Het reticulatieproces

Bij een systeemtheoretische benadering van een fenomeen in de wereld ( $S \in K$ ) zal noodzakelijkerwijze  $S$  moeten worden aangeduid. Dit houdt in dat de verzamelingen, waarmee  $S$  wordt beschreven, worden vastgelegd:

$$S = \langle W, E, \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$$

De meest grove benadering is het systeem  $S$  te beschouwen als black-box. Figuur 5.8. geeft dit schematisch weer.

Is men evenwel geïnteresseerd in de interne structuur van  $S$  dan beschouwt men  $S$  meer gedetailleerd. Men legt  $S$  in samenstellende delen uiteen en onderzoekt de relaties daartussen. Deze samenstellende delen echter, en dat



Figuur 5.8.

is wezenlijk, worden weer als black-box beschouwd. Dit proces van het steeds gedetailleerder beschouwen van  $S$  wordt reticulatie genoemd. Het niveau van gedetailleerdheid heet oplossingsniveau (resolution level) of aggregatie niveau (Klir en Valach, 1967). Het is zowel principieel onmogelijk als niet wenselijk dit proces oneindig door te zetten (Mesarovic, 1960). Op basis van deze discussie kan aan het begrip object een nadere inhoud worden gegeven door objecten te beschouwen als die subsystemen die worden opgevat als black-box.

Een tweede belangwekkend punt is de vraag welke objecten tot de omgeving en welke tot de objectenverzameling  $W$  van  $S$  worden gerekend.

Deze scheiding tussen systeem en omgeving is eveneens in principe willekeurig (Hall and Fagen, 1956). Dat neemt niet weg dat, gezien het doel waarmee een bepaald model wordt gekonstrueerd, de definitie van  $W$  en  $E$  vruchtbaar en minder vruchtbaar kan worden gekozen.

Met betrekking tot de modelbouw kunnen de volgende fasen worden onderkend:

1. het doel van het model formuleren
2. (primitieve) theorie expliciteren
3. aanduiden van  $E$  en  $W$
4. selectie van in- en outputs ( $\mathcal{R}_{E(W)W}$ ) en interne structuur ( $\mathcal{R}_W$ )
5. waarnemen, meten
6. kwaliteitsbepaling van het model.

Bij deze fasen is er natuurlijk sprake van terugkoppelingen. Deze zijn voor de eenvoud weggelaten.

Een ander aspect is het ontwerpen (of herontwerpen) van systemen. Men kan in dit verband enkele fasen (bv. een implementatiefase) invoegen.

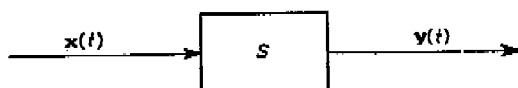
Dat de systeemdefinitie (het vastleggen van  $\langle W, E, \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$ ) van eminent belang is, blijkt hieruit dat bij vele praktijkonderzoekingen als gevolg van het niet vastleggen van een systeemdefinitie het onderzoek, gezien het doel daarvan, zich richt op het verkeerde systeem.

#### 5.4.4. De identificatie

Na het vastleggen van de systeemdefinitie i.e.  $\langle W, E, \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$  moet vervolgens uitgaande van het doel van het te konstrueren model worden vastgesteld of het systeem moet worden beschouwd als dynamisch of statisch, deterministisch of stochastisch, lineair of niet lineair etc.

Dit kan nuttig zijn bij het zoeken van een geschikt (abstra)kt model. Ook de bekende systeembicarchie van Boulding (1956) kan hier in heuristische zin een functie vervullen.

De systeemidentificatie is een term die wordt gebruikt bij de bestudering van black-boxes. Een korte omschrijving van de term zou kunnen luiden: de identificatie van een systeem (black-box) is het vaststellen van de mathematische relatie die een beschrijving geeft van een protocol van inputs en outputs (zie fig. 5.9.).



Figuur 5.9.

We bestuderen  $S$  voor  $t = 0, 1, 2, \dots$ .  $S$  wordt dus als een discreet dynamisch systeem beschouwd.

De waarnemingsresultaten (het protocol) luiden:

$t$	$x(t)$	$y(t)$
0	4	24
1	2	16
2	7	4
3	1	49
4	3	1
5	9	9
6	8	81

Vooronderstellingen:

$S$  heeft een stationaire structuur

$S$  is een deterministisch, discreet systeem

$S$  heeft een geheugen

We gaan nu op zoek naar een mathematisch systeem wat dezelfde karak-

teristieken heeft. De algemene vergelijkingen van zo'n systeem luiden in de toestandsbeschrijving:

$$\mathbf{s}(t) = f(\mathbf{s}(t-1), x(t))$$

$$y(t) = g(\mathbf{s}(t), x(t))$$

of in de input-output beschrijving:

$$y(t) = h(x(t), x(t-1), \dots, x(t-n))$$

Wordt bovendien  $S$  lineair verondersteld dan is:

$$\hat{y}(t) = c_0 + \sum_{i=t-n}^t c_i x(i)$$

Dit leidt niet tot een adequaat model ( $y(t) \neq \hat{y}(t)$ )

Men kan ook aannemen dat  $S$  niet lineair is. Door inspectie van het protocol zien we dan dat:

$$y(t) = (x(t-1))^2$$

In de toestandsbeschrijving krijgen we:

$$\mathbf{s}(t) = A \mathbf{s}(t-1) + B \mathbf{u}(t)$$

$$y(t) = [C \mathbf{s}(t)]^2$$

waarin:

$$\mathbf{s}(t) = \begin{pmatrix} x(t-1) \\ x(t) \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ x(t) \end{pmatrix} \quad C = (1 \quad 0)$$

Bij de modelkonstruktie wordt dus, uitgaande van het doel van het model en datgene wat reeds omtrent het systeem bekend is, een klasse van abstracte systemen aangeduid. In het voorbeeld de klasse van alle mathematische systemen met de eigenschappen:

- stationaire structuur
- diskreet en dynamisch
- deterministisch
- met geheugen
- toestandsbepaald
- lineair.

Een identifikatietechniek zoekt nu een zo goed mogelijk passend (bij het gegeven kwaliteitskriterium) systeem uit de aldus ontstane klasse. Als we met het zo gevonden resultaat niet tevreden zijn, kan in een andere klasse worden gezocht. In het voorbeeld in de klasse van de niet-lineaire systemen met overigens dezelfde eigenschappen. Zo kan men bijvoorbeeld stellen dat

een adequate beschrijving van een of andere black-box van de volgende vorm is:

$$\ddot{y}(t) + a\dot{y}(t) + by(t) = cx(t) + ax(t)$$

De identifikatie bestaat nu in het schatten van de parameters  $a$ ,  $b$ ,  $c$  en  $d$  zodanig dat zo goed mogelijk aan het kwaliteitskriterium wordt voldaan. Deze bijzondere vorm van identifikatie wordt parameterschatting genoemd. In de regeltechniek bestaan hiervoor verschillende methoden. We gaan er hier niet op in.

### 5.5. DE HEURISTISCHE FUNKTIE VAN DE SYSTEEMLEER

In de inleiding werden als kenmerken van de systeembeweging het streven naar een gemeenschappelijke taal, eenheid in de methode en eenheid van uitgangspunt genoemd. In de voorgaande hoofdstukken is een terminologie geïntroduceerd waarvan het gebruik niet tot een specifieke discipline beperkt is doch integendeel de pretentie heeft overal toepasbaar te zijn. De herformulering van disciplinaire vragen en inzichten in de systeemtaal, die geleidelijk aan plaats heeft, zal leren in hoeverre deze pretentie pretentius moet worden genoemd. Daarbij moet op twee belangwekkende kenmerken van zo'n vertaalproces worden gewezen. In hoofdstuk 3 bespraken we het vraagstuk van integratie van disciplines en, in samenhang daarmee, de methodologische status van de systeemleer. De beschouwingen leidden tot het inzicht dat zo'n vertaalproces in principe de betekenis van de te vertalen theorie kan wijzigen. Een terminologie is meer dan een handige afspraak over benamingen. In methodologisch opzicht is de scheiding tussen benaming en benoemde als twee onafhankelijk variabelen aanvechtbaar.

Tezelfdertijd evenwel ligt hier ook een groot gevaar. Het wégvvertalen van bepaalde essentiële vragen en inzichten moet worden voorkomen. Het gaat hier a.h.w. over theoretisch pluralisme op meso-niveau.

De verzameling ontwikkelde concepten kan nu in empirische disciplines worden gebruikt voor beschrijving en formulering van theorieën. Verwonderlijk is nu dat bij de vorming van hypothesen aan bepaalde concepten de voorkeur wordt gegeven terwijl de terminologie zelf neutraal is. Zo zal een onderzoeker eerder geneigd zijn te stellen dat het systeem open is dan gesloten. Zijn voorkeur gaat uit naar dynamisch boven statisch en adaptief boven stationaire structuur.

Nu kan men bij elk paar van begrippen, waarbij het een de negatie is van het ander, een der twee als het meest algemene begrip aanduiden. Zo is een

gesloten systeem de 'limiet' van een open systeem en een deterministisch systeem een bijzonder geval van een stochastisch systeem.

Het meest ingewikkelde systeem dat de systeemterminologie oplevert, is een open systeem met de volgende kenmerken:

- niet-stationaire structuur (adaptief)
- met geheugen
- stochastisch
- dynamisch
- met doeltoekenning
- niet lineair.

Dit systeem dient als master model. Ingewikkelder dan zo kan de wereld niet zijn omdat de terminologie niet in staat stelt er iets ingewikkelders in te zien. Eenvoudiger systemen kunnen worden opgevat als bijzondere gevallen van dit master model.

De theoretische systeemleer bestudeert alle mogelijke abstracte systemen en brengt ons tot inzichten waarvan de kwalitatieve aspecten de grootste betekenis hebben.

Het lijkt heden ten dage onzin om er vanuit te gaan dat een organisatie een gesloten systeem is omdat de theorie over gesloten systemen ons leert dat gesloten systemen niet dát gedrag kunnen vertonen dat nu juist in het kader van de organisatiekunde van centrale betekenis is.

Op deze wijze kan de abstracte theorie zonder empirische inhoud een belangrijk hulpmiddel bieden bij de vorming van hypothesen. We zullen later zien dat van deze mogelijkheid gebruik kan worden gemaakt (hoofdstuk 7).



## HOOFDSTUK 6 *de organisatiekunde;* *enkele kanttekeningen*

### 6.1. OVER DE BRUIKBAARHEID VAN DE ORGANISATIEKUNDE

Het behoeft nauwelijks betoog dat de organisatiekunde gekenmerkt wordt door een sterke gerichtheid op toepassingen. In hoofdstuk 3 (par. 3.4.) werd, op basis van een betoog van Heiskanen, beargumenteerd dat dit tot een stagnatie in de theorievorming kan leiden.

Men kan vaststellen dat een verzameling toepasbare regels voor organisatieontwerp die wetenschappelijk bezien aan de eisen voldoet, in de organisatiekunde nagenoeg ontbreekt. Voorwaarde voor zo'n stelsel richtlijnen, voor een praxecologie, is echter het bestaan van voldoende uitgebouwde beschrijvingswijzen, beschrijvingen en empirische theorieën m.b.t. organisaties (zie par. 2.4.). Ook in dit opzicht laat de organisatiekunde te wensen over. Het is dan ook niet verwonderlijk dat een wetenschappelijk verantwoorde praxecologie nagenoeg ontbreekt.

Er is in de organisatiekunde geen overheersend paradigma en onvoldoende aandacht voor de methodologie. Ziedaar een beknopte schets van de hedendaagse stand van zaken in de organisatiekunde. Deze, wellicht te sterk geaccentueerde beschrijving lijkt te kulmineren in de konklusie dat de organisatiekunde van vandaag geen hulp kan bieden bij het praktisch organisatorisch handelen. Dit is juist voorzover men doelt op een praxecologie. Die is er niet of nauwelijks. Onjuist is de konklusie echter omdat de theorie funktioneert in de denkprocessen van de praktijkman die voor een organisatievraagstuk is gesteld. De these over de geringe praktische bruikbaarheid van de organisatiekunde wordt dus bevestigd doch tegelijkertijd gerelativeerd. We brengen de uitspraak 'science is organized common sense' van Nagel in herinnering. Gesteld voor een praktisch organisatievraagstuk vormt de praktijkman praktische richtlijnen door de tekorten van de 'organized com-

mon sense' aan te vullen met 'ordinary common sense'.

Hieruit trek ik twee konklusies:

1. De organisatiekunde heeft tot taak de ordinary common sense beetje bij beetje om te zetten in organized common sense.

Als dan ook een wetenschappelijk onderzoek tot bevestiging leidt van common sense uitspraken moet men daarover niet verbaasd en, nog minder, teleurgesteld zijn. De opmerking dat de wetenschap dan niets oplevert is bepaald onjuist. In elk geval is het goed nogmaals te benadrukken dat er naast verschillen, tussen common sense en wetenschap, ook in de organisatiekunde, veel punten van overeenstemming zijn (zie ook par. 3.2.).

2. De beoordeling van de praktische waarde van een theorie is, zeker in de organisatiekunde, slechts zinvol mogelijk indien de theorie wordt gezien in relatie met een toepasser.

Ik meen dat veronachtzaming van deze uitgangspunten tot veel onnodige polemiek aanleiding heeft gegeven. Zo is er veel kritiek uitgeoefend op de zgn. organisatieprincipes van de klassieke organisatieleer waarbij niet wordt onderscheiden tussen methodologische kritiek enerzijds en pragmatische kritiek anderzijds. Methodologische kritiek abstraheert terecht van alles wat niet expliciet is vermeld. Zij beperkt zich tot de organized common sense. Het is duidelijk dat de praktische waarde van de praxeologische elementen van de klassieke organisatieleer gering is. Pragmatische kritiek behoort zich evenwel niet te beperken tot de organized common sense. Zij behoort de toepasser in de beschouwing te betrekken.

Enkele voorbeelden ter verduidelijking. Men heeft Taylor wel verweten dat hij abstraheerde van de sociaal-psychologische aspecten. Vanuit methodologisch gezichtspunt is deze opmerking juist. En indien men bedenkt dat wetenschap zonder abstraktie onmogelijk is kan dit slechts beduiden, dat men de sociaal-psychologische aspecten van zo grote invloed acht, dat een theorie welke hiervan abstraheert slechts zeer beperkte waarde kan hebben. Het is echter naïef om te menen dat Taylor bij zijn praktisch organisatorisch handelen uitging van het ietwat mechanistische mensbeeld waarmee zijn theorie was opgebouwd. Het blijkt ook uit zijn werk dat hij zich zeer welbewust was van het feit dat relevante aspecten door hem werden verwaarloosd.

Een tweede voorbeeld wordt gevormd door de tegenstrijdigheid van sommige

principes. Zo zou moeten worden gestreefd naar een minimaal aantal echelons doch tevens naar een beperking van het aantal ondergeschikten. Tegenover het principe van eenheid van bevel, lijkt dan een tegenstrijdigheid aanwezig. Immers, hoe minder ondergeschikten per chef, hoe meer echelons. Kritiek op zulk soort tegenstrijdigheden is ten onrechte. Er kan snel mee worden afgerekend door te wijzen op al die situaties waar gesproken kan worden over optimaliseren. Daar gaat het immers om het onderling afwegen van deels tegenstrijdige criteria. Nu levert de theorie ons hiertoe geen balans. De praktische waarde van de theorie is dus gering. Een toepasser balanceert niettemin. De waarde van de theorie ligt nu hierin besloten dat zij hem de relevante criteria levert. Zij biedt inzicht in de relevante factoren en hun onderlinge samenhang.

Op grond van de voorgaande discussie lijkt het wenselijk te onderscheiden tussen de praxeologische elementen van de *organized common sense*, en de ondersteunende betekenis van de theorie voor de beoefenaar van de organisatiekunde in de praktijk. In het vervolg zal worden gesproken over de praxeologische, respectievelijk de pragmatische<sup>1</sup> waarde van de organisatiekunde. Veel van de twijfel over het praktische nut van de organisatiekunde richt zich op haar praxeologische waarde (zie bv. Grochla, 1969a, Wild, 1967b, Koontz, 1961). Het beeld dat ontstaat is mede daardoor echter onnodig somber. Een analyse van de pragmatische waarde van de organisatiekunde moet buiten het bestek van deze studie vallen omdat een methodologisch onderzoek hiervoor ontoereikend is. Niettemin zullen we de pragmatische waarde in het oog houden omdat daar, naar mijn mening, de grootste winst te boeken is.

## 6.2. BESCHOUWINGEN OVER ENKELE OVERZICHTEN

Zonder twijfel behoort het artikel 'The management theory jungle' van Koontz (1961) tot een van de meest geciteerde in het vakgebied. Zo men al mocht vermoeden dat hieruit een gedeelde zorg over de stand van zaken binnen de organisatiekunde spreekt, tot aanzienlijke verbetering heeft die bezorgdheid niet geleid. Ook het optimisme van Frederick (1963): 'Within perhaps five years - certainly not more than ten years hence - a general theory of management will be evolved, stated and generally accepted in management circles'

1. Niet te verwarren met het begrip *pragmatic value* zoals Heiskanen dat hanteert (zie par. 3.4.).

wordt gelogenstraft. In een voortreffelijk overzichtsartikel stelt Grochla (1969a): 'Der gegenwärtige Erkenntnisstand der Organisationstheorie wird von Wissenschaft und Praxis als weitgehend unbefriedigend angesehen'. Bestaat derhalve ook vandaag twijfel aan wetenschappelijke en praktische waarde van de organisatiekunde dan is hiermee niet gezegd dat het laatste decennium geen enkele vooruitgang is geboekt.

Met name zijn een groot aantal overzichten van het vak gepubliceerd, is in enkele daarvan aandacht geschonken aan de methodologische aspecten en is een relatief nieuwe stroming ontstaan waarin wordt getracht zowel descriptieve als prescriptieve uitspraken te doen op het vlak van de relaties tussen organisatiestructuur en technologie als ook tussen organisatiestructuur en omgeving. Men spreekt hier wel van de zgn. 'contingency theory of organizations' en ook wel over 'organizational ecology'. Deze stroming kan in verband worden gebracht met een systeemtheoretische beschouwingwijze. We zullen hierop in het volgende hoofdstuk terugkomen.

Van een toegenomen integratie van het vakgebied is echter slechts in beperkte mate sprake. De enkele tientallen overzichtsartikelen spreken in dit opzicht boekdelen.

Koontz signaleerde in 1961 een 'management theory jungle'. Nu, een tiental jaren later, zou kunnen worden gesproken over een 'management theory review jungle'. Ik heb niet de pretentie deze meta-jungle te sanceren. Dat kan geen eenmanswerk zijn. Het is echter mogelijk en nodig dat een team van auteurs een overzicht scheidt dat recht doet aan het gehele gebied in een geschrift van acceptabele omvang.

We moeten ons hier echter beperken tot enkele overzichten (zie ook Keuning, 1973).

### *Heiskanen*

Impliciet verschaft Ilka Heiskanen (1967) twee indelingen van benaderingen in de organisatiekunde.

Een ervan is gebaseerd op de strategie van de theorievorming en een tweede op de mate van toepassingsgerichtheid.

Heiskanen onderscheidt t.a.v. de theorievorming drie strategieën en wel de microreductie, de macroreductie en de contextuele strategie. In par. 3.4. zijn de inzichten van Heiskanen op het punt van de relatieve merites van elk dezer strategieën besproken. We zullen die uiteenzettingen hier niet herhalen.

De tweede indeling is gebaseerd op verschillende opvattingen die bestaan met betrekking tot de verhouding tussen theorie en toepassing. Op een dimensie waarin de band tussen theorie en toepassing in sterkte toeneemt onderscheidt Heiskanen vier opvattingen.

1. Wetenschap omwille van de wetenschap.

In deze opvatting is de band tussen theorie en toepassing geheel afwezig. De wetenschapsbeoefenaar heeft slechts tot taak bij te dragen tot de theorievorming. Om toepassingen behoeft hij zich niet te bekommeren. Toepassing is een buitenwetenschappelijke bezigheid.

2. Ondersteunende empirische wetenschap.

Hoewel de wetenschappelijke theorie niet het antwoord geeft op vragen als: 'Wat te doen om een zeker doel te bereiken?', heeft ze een zekere bijsturende waarde 'if e.g. type A groups achieve there goals if conditions B hold, and group a belongs to type A, so for goal achievement it should correct its conditions to approximate B' (Heiskanen, 1967).

3. Empirische wetenschap als basis.

Langs stabiele regels zijn uit de theorie deelpraxeologicën afleidbaar voor deelgebieden van het praktisch handelen.

4. Niet-empirische wetenschap als basis.

Het is mogelijk geheel los van de empirie regels te ontwikkelen voor de juiste toepassing van informatic, voor rationeel handelen.

Deze vierde stellingname die zich concentreert rond vragen als 'Wat is bij gegeven informatic de beste rationele beslissing?', ligt, aldus Heiskanen, ten grondslag aan bijvoorbeeld de speltheorie en de statistische beslissingstheorie. Hij laat deze klasse verder buiten beschouwing omdat het hier niet gaat om empirische theorievorming. In een voetnoot signaleert hij niettemin dat er interpretaties van deze normatieve theorieën mogelijk zijn waardoor zij ook in het kader van de descriptieve theorie van betekenis zijn. Ik meen dat deze interpretaties zinnig zijn om twee redenen: zij verkleinen de afstand tussen descriptie en prescriptie terwijl zij bovendien vruchtbaar kunnen zijn voor de theorievorming.

De eerste van de zojuist genoemde opvattingen schrijft Heiskanen aan Max Weber toe. De tweede opvatting ligt ten grondslag aan functionalistische benaderingen als van Parsons en Etzioni. De derde opvatting illustreert hij door een analyse van het werk van Simon.

Auteurs als Fayol, Taylor, Follett, Mooney, Gulick and Urwick worden door Heiskanen niet besproken. Hij merkt slechts op dat, voorzover hun

werk descriptieve elementen bevat, daarop zijn kritische analyse van de rationalistische benadering (Simon) van toepassing is.

Samenvattend kan het volgende worden opgemerkt:

1. Heiskanen beschouwt bewust de meer normatieve benaderingen in het vakgebied niet.
2. Hij betoogt dat het overgrote deel van het vakgebied is behept met 'application assumptions' die de theorievorming belemmeren.
3. De contextuele strategie biedt de beste kansen. We zullen in het volgende hoofdstuk zien dat de systeemleer op natuurlijke wijze mogelijkheden hiervoor biedt.
4. De descriptie-versus-prescriptie dimensie is voor een methodologische beschouwing van belang.

### *Mouzelis*

Mouzelis (1967) geeft naar mijn smaak in lecsbaar bestek een van de beste overzichten van de organisatiekunde. Hij geeft een indeling in drie hoofdgroepen met een verdere onderverdeling welke historisch is getint.

In de eerste hoofdgroep: *The study of Bureaucracy*, worden auteurs als Weber, Marx en Merton besproken. In de hedendaagse theorie speelt het concept van de bureaucratie een belangrijke rol als leverancier van begrippen voor de descriptie en de analyse. Weber hanteerde het ideaaltypen van de bureaucratie als een hulpmiddel voor de bestudering van maatschappelijke ontwikkelingen. Zijn focus was niet zozeer het intern functioneren van een organisatie als wel de invloed van grote organisaties op politieke structuren. Naast deze brandpuntsverschuiving is ook de empirische kant van het onderzoek in deze traditie versterkt. Het is duidelijk dat het concept van de bureaucratie hierdoor moest veranderen. Immers, in oorsprong was de bureaucratie niet bedoeld als empirisch model.

In dit verband wijst Mouzelis op de funktionalistische benadering waaraan hij de namen van Gouldner, Blau en Selznick verbindt. Het is interessant op te merken dat onder het hoofd *Theories of Bureaucracy* door Heiskanen, funktionalistische benaderingen nu juist, en met opzet, niet worden vermeld. Heiskanen schrijft immers aan funktionalistische benaderingen, in tegenstelling tot de bureaucratische richting, 'application' assumptions toe. In de tweede hoofdgroep, de 'Managerial Tradition', geeft Mouzelis daarna een betrekkelijk uitgebreid doch klassiek overzicht van de chronologische ontwikkeling sinds Taylor en Fayol, via de Human Relations periode, naar Simon.

Tenslotte wijst Mouzelis in een derde hoofdgroep, *Converging Trends*, op een aantal benaderingen die in zeker opzicht tegemoet komen aan, tegen eerder besproken werk, ingebrachte bezwaren. Niettemin zijn binnen dat proces van theoretische konvergentie de bijdragen te onderscheiden naar zwaartepunt op een dimensie harmonie versus konflikt. In de woorden van Mouzelis: '... some writers put more emphasis on the system and integrative aspects of the organization while others emphasize more its aspects of conflict and division'. (Mouzelis, 1967). Het is niet verwonderlijk dat Mouzelis, overtuigd van het nut van een '... closer contact of organisation students with developments in general sociological theory', in deze laatste hoofdgroep wijst op auteurs als Parsons en Crozier.

Tot slot lichten we enkele punten uit het betoog die ons van belang lijken.

1. Hoewel, als overzicht breder van opzet dan het in de vorige paragraaf besproken werk, zijn bepaalde gebieden buiten beschouwing gebleven. We denken vooral aan de micro-ekonomische, mathematische en regel-technische bijdragen.
2. Mouzelis verwacht heil van een sociologisch perspectief teneinde de z.i. ongewenste, sterk psychologische trekken, (micro-reduktie) te elimineren.
3. Bij het proces van konvergentie onderkent hij de accenten van harmonie enerzijds en konflikt anderzijds. Hij geeft geen duidelijke visie t.a.v. het al dan niet mogelijk en/of wenselijk zijn van een integratie van harmonie en konfliktmodellen.
4. In tegenstelling tot Heiskanen is Mouzelis niet somber gestemd omtrent de waarde van funktionalistische benaderingen. Hij stelt zelfs Parsons ten voorbeeld, zij het niet zonder kritische aantekeningen.
5. Zeer opvallend is de behandeling van Simon. Evenals Heiskanen is Mouzelis buitengewoon kritisch vanwege de psychological bias. Hij merkt daaromtrent op dat dit '... is one of the reasons why the attempt in Organisations to bring together the 'scattered and diverse body of writings about organisations into a coherent whole' has not been very succesful' (Mouzelis, 1967).

### *Silverman*

In een stimulerende analyse van de sociaal-wetenschappelijke organisatiekunde onderscheidt Silverman (1970) het funktionalistische systeemdenken enerzijds en de aktiebenadering anderzijds. Het is interessant de kenmerken van beide benaderingen kort de revue te laten passeren met name omdat Silverman zich tamelijk kritisch ten opzichte van de systeembenadering op-

stelt zoals blijkt uit het volgende citaat: '... some of the main assumptions underlying the view of organisations as systems. These are that organisations are composed of a set of interdependent parts; organisations have needs for survival; and organisations, as systems, behave and take actions.'

Binnen dit kader van de (funktionalistische) systeembenadering bespreekt Silverman:

- De besluitvormingstheorie, getypeerd door Simon.
- Het structureel-funktionalisme, waartoe hij auteurs als Merton, Selznick, Parsons en Katz en Kahn rekent.
- De organisatiepsychologie met de Human-relations, Homans en Zalesnik (social man).  
Likert, McGregor en Argyris (self actualising man); en Schein en Bennis (complex man).
- Technologie en organisatie met onderzoekers als W.F. Whyte, L. Sayles. Hieronder valt ook de sociotechnische systeemtheorie met Woodward, Trist, Burns en Stalker, en Miller en Rice. Naast de algemene bezwaren tegen de systeembenadering kleven aan de socio-technische systeemtheorie aldus Silverman nog de volgende feiten:
  - een onvoldoende onderscheid tussen prescriptie en descriptie.
  - een 'commitment' met de opdrachtgever. Het Tavistock Institute dat veel socio-technische systeemtheorie heeft geproduceerd functioneert tevens als adviesbureau. Hiermede hangt samen dat de nadruk valt op 'social rather than sociological problems' alsook op economische organisaties.
  - de onbevredigende oplossing van het vraagstuk van de involvering van organisatieleden.
  - de eenzijdig economische visie op de omgeving.

De algemene bezwaren van Silverman kunnen wellicht als volgt worden samengevat. Het funktionalistische systeemdenken legt de nadruk op onpersoonlijke processen van het systeem onder gelijktijdige verwaarlozing van de interpersoonlijke processen. Zij beschouwt de organisatie als persoon maar verwaarloost de personen die er deel van uitmaken. Zij gaat uit van een noodzakelijke aanpassing aan de omgeving en veronachtzaamt daarmee de individuele rationaliteit. Kortom: de organisatie is geen organisme en kan ook niet als zodanig worden begrepen.

Het aktiemodel wordt, begrijpelijkerwijze contrasterend geschilderd in een



aantal uitgangstellingen. Hierin wordt geponoerd dat er een principieel verschil is tussen natuurwetenschap en sociale wetenschap, en dat positivistische verklaringen ontoelaatbaar zijn, daar zij er vanuit gaan, dat aktie wordt bepaald door externe en beperkende sociale en niet-sociale krachten. In enkele van de uitgangstellingen van het aktiemodel wordt de centrale rol van de subjektieve betekenis van verschijnselen voor het verkrijgen van inzicht in de oorzaken van gedrag uiteengezet. De sociale realiteit is niet objektief definieerbaar, doch wordt gedefinieerd door de subjektieve betekenissen. Aangezien hierin de motor van gedrag ligt kan menselijk gedrag slechts verklaard worden door de betekenis, die elke aktor toekent aan de hem omringende verschijnselen, inklusief de gedragingen van andere aktoren, in de beschouwing te betrekken.

De aktie-benadering moet, aldus Silverman, niet worden gezien als een verzameling theorieën doch veeleer als een analyse-methode. Mede daardoor kan men moeilijk een aktietraditie aanwijzen.

Er zijn een aantal aspekten en elementen van de klassifikatie van Silverman die ons zijn opgevallen:

- Allereerst weerspiegelt de tweedeling een oud vraagstuk in de sociologie nl. dat van de verklaring van de sociale orde. De twee ideaal-typische oplossingen voor dit probleem, holisme en atomisme (Cohn, 1967), korresponderen met macro- respectievelijk microreduktie.
- Aan de toepassingsgerichte, managementtheorie (bv. Fayol, Urwick) wordt geen aandacht geschonken. Silverman geeft voornamelijk een bespreking van de sociaalwetenschappelijke bijdragen tot de organisatiekunde.
- Er wordt een tegenstelling gesuggereerd tussen een systeembenadering en een aktiebenadering. In hoofdstuk 7 zal blijken dat dit voor de hier voorgestane systeemleer niet het geval is.
- Wederom speelt de dimensie prescriptie-versus-descriptie een rol.
- Bij de kritiek op de systeembenadering heeft Silverman structureel functionalistische en daarmee samenhangende stromingen op het oog. De uitgangspunten van de aktietheoretische benadering lopen met zijn kritische opmerkingen parallel. Nu is het niet zo dat uitgangspunten van een theorie, die kritisch ten opzichte van een andere theorie zijn geschetst, op zichzelf dienen als adstruktie van de waarde van die theorie, behoudens de waarde die, konform Feyrabends gedachten omtrent het theoretische pluralisme, aan alternatieve theorieën in methodologisch opzicht toekomt. De wetenschappelijke waarde van een alternatieve theorie kan slechts

worden beoordeeld aan de hand van de kwaliteit en het geldigheidsgebied van de voorspellingen die met die theorie mogelijk zijn. Als Silverman dus betoogt dat de aktietheorie anders is wil dat naar mijn mening niet zeggen dat ze beter is.

In het bijzonder in de sociale wetenschappen worden theorieën niet alleen langs wetenschappelijke wegen getoetst. Indien de theoretische conceptie te zeer afwijkt van de psychologische conceptie (perceptie) van een verschijnsel, zal dit een zekere weerstand tegen de theorie oproepen. Indien bv. een psychologische theorie zou uitgaan van de premisse dat individueel gedrag moet worden begrepen vanuit extreem egoïstische motieven, hetgeen tot adkwate verklaring van alle feitenmateriaal zou leiden, dan kan de theorie worden verweten dat ze niet realistisch is. Er bestaan immers altruïstische motieven zoals iedereen uit eigen ervaring (inclusief introspektie) weet. Als bezwaar tegen de theorie wordt dan aangevoerd dat er een gebrek aan overeenstemming met common sense, of erger met vooroordelen, is. Het is duidelijk dat een dergelijke vorm van kritiek wetenschappelijk geen hout snijdt. Dat het constateren van een dergelijk gebrek aan overeenstemming een krachtige stimulans kan vormen om naarstig naar wetenschappelijke bezwaren en alternatieve theorieën te zoeken doet daaraan niets af.

Op een bezwaar van aktietheoretici tegen het (funktionalistische) systeemdenken gaan we nog even in. De aktietheorie verwijt de systeemtheorie dat deze individuele eigenschappen toekent aan boven individuele entiteiten. Zo heeft een organisatie geen doelstellingen in tegenstelling tot haar leden. Een organisatie streeft niet, haar leden daarentegen wel.

Dat is eenvoudig in te zien, omdat immers een organisatie geen individu is. In deze kritiek worden twee buiten-wetenschappelijke concepties vergeleken. Ik meen dat het vruchtbaarder is aan te nemen dat het niet uitgesloten is dat hetzelfde model op verschillende niveaus van aggregatie van toepassing kan worden gebracht. De stelling lijkt verdedigbaar dat de verklarende hypothesen in de aktietheorie verwant zijn met die in de funktionalistische systeemtheorie, zij het dat ze op verschillende aggregatieniveaus betrekking hebben. Axiomatisering van beide theorieën zou wel eens kunnen leiden tot grote onderlinge overeenstemming. Als dat zo is, en dat zou mij niet verbazen, is er slechts een verschil in aggregatieniveau met de daarbij behorende verschillen in operationalisaties. In hoofdstuk 7 wordt op de tegenstelling tussen aktietheorie en (funktionalistische) systeemtheorie nader teruggekomen.

Hoewel niet karakteristiek voor functionele systeembenaderingen wordt daarbij veelal onvoldoende zorgvuldig geformuleerd en gedefinieerd. Zo is veelal niet duidelijk of adaptatie een definiërende eigenschap is van open systemen dan wel een toetsbare en/of getoetste hypothese (bv. Miller en Rice, 1967). Dit is, althans voor een deel, het gevolg van het gebruik maken van de analogie met een organisme, niet slechts om er hypothesen aan te ontlelen, doch ook om er bewijskracht aan te ontlelen.

Heiskanen, Mouzelis en Silverman bezien het vakgebied vanuit een sociaal-wetenschappelijke optiek. Het is daarom niet verwonderlijk dat economische bijdragen tot de organisatiekunde niet of nauwelijks aan bod komen. Deze lacune wordt opgevuld door een overzicht van de econoom McGuire.

#### *McGuire en Marschak*

McGuire (1964) onderkent twee hoofdgroepen van concepten van de onderneming: holistische concepten en gedragswetenschappelijke concepten. Op de gedragswetenschappelijke concepten behoeft hier niet te worden ingegaan omdat de daar besproken benaderingen reeds genoegzaam in de eerder besproken overzichten aan de orde zijn gekomen. Voor de holistische concepties is dit niet het geval. Holistische concepten kenmerken zich, aldus McGuire, daardoor dat de nadruk valt op het gedrag van het geheel.

Als holistisch kenmerkt McGuire:

- het economisch concept.

Hierin wordt de onderneming beschouwd als een entrepreneur die in een onpersoonlijke markt rationele beslissingen neemt over prijzen en hoeveelheden.

- de speltheoretische concepten.

In deze concepten wordt de onderneming beschouwd als een speler in de zin van de speltheorie. De onderneming, als speler, neemt beslissingen tegenover opponerende dan wel koöperatieve medespelers op basis van vooraf bepaalde spelregels.

- cybernetische concepties.

In deze concepties wordt de onderneming beschouwd als een teruggekoppeld systeem.

Marschak's overzicht (1965) geeft nog een interessant nieuw gezichtspunt betreffende economische bijdragen aan de organisatiekunde. Waren McGuire's holistische concepten gericht op de organisatie als geheel, ook

ekonomische modellen van het intern gebeuren in de organisatie zijn het vermelden waard. Marschak spreekt hier over het beschouwen van de organisatie als een miniatuur-ekonomie. Ook Bössmann (1967) en Leibenstein (1960) wijzen op de parallellen tussen (micro)ekonomie en organisatie. De zgn. Teamtheorie vormt in dit opzicht het belangrijkste koncept. Een team is een kollektie leden waarvan de individuele leden koöperatief samenwerken om uit de relaties met de omgeving de grootste opbrengst te behalen. De omgeving van een team is niet beïnvloedbaar. Bij het nemen van hun rationele beslissingen beschikken de teamleden niet over dezelfde informatie. Een van de vraagstukken is nu dat van de optimale informatiestructuur en de beslissingsregels waarbij ook de kosten daarvan in beschouwing worden genomen.

#### *Andere overzichten*

Bij het zoeken naar overzichten van de organisatiekunde blijkt dat daaraan geen gebrek bestaat. Er bestaan overzichten van de ontwikkeling in een historisch raam (bv. Scott, 1961; Lehmann, Janowski, Perridan en Krakat in; Grochla, 1969b, die een historische beschouwing geven in een aantal taalgebieden).

Een ander indelingskriterium is gebaseerd op de disciplinaire achtergrond van de verschillende bijdragen (bv. Koontz, 1961; Pugh, 1966). Tenslotte wijzen we op indelingen die zijn gebaseerd op de methodologische status van de bijdragen (bv. Grochla, 1969a; Hicks en Goronzy, 1967) of op de vooronderstellingen over menselijk gedrag die eraan ten grondslag liggen (bv. Lichtman en Hunt, 1971; Gibson, 1966). Hieruit moge blijken dat we in het voorgaande slechts een beperkte keuze hebben gedaan. Niettemin is met deze keuze het grootste deel van de organisatiekunde aangestipt als daarbij tenminste wordt afgezien van recente ontwikkelingen zoals material management, ondernemingsplanning en ook de zgn. kontingentietheorieën. Deze laatste zullen later nog aan de orde komen.

#### *Samenvattend overzicht*

We zullen proberen een kort overzicht van benaderingen in de organisatiekunde te geven, door gebruik te maken van het feit dat de eerder aangestipte indelingen elkaar op sommige punten aanvullen. Tevens zullen daarbij enkele opmerkingen worden gemaakt over specifieke systeemtheoretische en methodische uitgangspunten die voor een benadering kenmerkend zijn. Het is duidelijk dat zo'n kort overzicht noch genuanceerd, noch uitputtend, noch gedetailleerd kan zijn. We hebben overwogen of, gezien de discussie in voor-

gaande hoofdstukken, een indeling naar disciplinaire herkomst niet geschikt zou zijn. Aangezien echter, gelukkig, de recentere benaderingen niet allemaal zo eenvoudig met een disciplinair label zijn te kenmerken is dat niet het geval. We geven de voorkeur aan een indeling die het karakter heeft van het aangeven van een aantal klusters in de organisatiekunde. De twaalf klusters worden niet in een volstrekt willekeurige volgorde besproken. Ze zijn enigszins geordend naar de tijd waarin ze geplaatst moeten worden. Daarbij moet echter worden bedacht dat dit niet inhoudt dat er sprake is van afgesloten ontwikkelingen.

We onderscheiden de volgende 12 klusters:

1. Wetenschappelijke bedrijfsvoering
2. Klassieke organisatieleer
3. Bureaucratische benaderingen
4. Struktureel functionalistische benaderingen
5. Groepsdynamische benaderingen
6. Human relations
7. Besluitvormingsrichting
8. Organisatie als micro-ekonomie
9. Economisch holistische benaderingen
10. Aktiebenaderingen
11. Bijdragen vanuit de OR en regeltechniek
12. Kontingentieorieën

#### *Wetenschappelijke bedrijfsvoering*

Deze stroming, waaraan de naam van haar grondlegger Taylor kan worden verbonden, concentreert zich rond tijdstudies, verbetering van arbeidsmethoden en loonstelsels. Taylor zelf had daarnaast grote aandacht voor organisatievraagstukken rondom de werkplaats. Botter (1974) spreekt hier over de werkplaatstechnische richting. In deze richting is, aldus Botter, door volgelingen van Taylor aan laatstgenoemde organisatieaspecten minder aandacht besteed. De wetenschappelijke bedrijfsvoering concentreerde zich op het deelsysteem van de uitvoerende processen. Aan de omgeving werd geen of nagenoeg geen aandacht besteed. Vooral in de ontwikkeling van het scientific management na Taylor werd het individu begrepen als machine die tot hogere produktie kan worden opgevoerd door tijdnormen en loonstelsels. Men moet bedenken dat het scientific management van grote betekenis is geweest o.m. door de grondlegging van tijd- en methodestudies die, weliswaar in mindere mate voor beloningsdoeleinden, nog van groot

belang zijn (bv. voor plannings- en kalkulatiedoelinden). Taylors functionele besturing van de uitvoerende arbeid kan als vroege voorloper van matrix-organisaties worden gezien.

#### *Klassieke organisatieleer*

Tot deze richting zijn bijdragen geleverd door onder meer Fayol, Urwick en Koontz. De klassieke organisatieleer handelt, aldus Scott (1961), over de anatomie van de formele organisatie. Het model is dat van een deterministisch en statisch systeem waarbij voor omgevingsvraagstukken nauwelijks plaats was. De elementen van het systeem werden slechts beschouwd in zoverre zij organisatorische taken uitvoerden. Er was sprake van een centrale hiërarchische besturing vooral m.b.t. de doelstellingsbepaling die gedacht werd aan de top van de pyramide. Er werd gezocht naar uniforme, overal toepasbare, structureringsregels voor het ontwerp van een rationele, effectieve en efficiënte organisatie (bv. span of control, eenheid van leiding). Fayol's indeling van de hoofdfuncties van de onderneming heeft ook vandaag nog betekenis zij het dat in de hedendaagse literatuur een grotere nadruk op externe betrekkingen ligt. Moderne ontwikkelingen als ondernemingsplanning vinden in de klassieke organisatieleer mede hun oorsprong.

#### *Bureaucratische benaderingen*

In deze groep betreft het bijdragen van sociologische zijde. De grondlegger, Max Weber, is reeds in par. 4.3.3. aan de orde geweest zodat we daarop hier niet diep behoeven in te gaan. In de zuivere bureaucratie is voor een omgeving geen plaats. Voorzover deze in de bureaucratie zou kunnen doordringen via de ambtenaren werd deze afgeschermd door de ambtenaren een zodanige positie te geven dat ze als mechanistisch en onpersoonlijk konden worden beschouwd. Het model is in essentie statisch en deterministisch. De besturing geschiedt centraal in elk geval voorzover het de doelbepaling betreft. Door latere onderzoekers is gewezen op wat nu bekend staat als negatieve aspecten van de bureaucratie. We wezen er reeds op dat Webers volgelingen (bv. Merton, Selznick) een essentieel ander bureaucratiekoncept hanteerden dan Weber. Anders dan hij willen de post-Weberianen (Mouzelis, 1967) het bureaucratiekoncept empirische inhoud geven. Dit andere bureaukconcept, de bureaucratie als realistisch model van grote organisaties heeft daarmee zijn ideaal-typische karakter verloren. De bureaucratie wordt functioneel benaderd. De idee van aanpassing aan de omgeving doet zijn intrede in het bureaucratiekoncept.

Systeemtheoretisch gezien krijgt het model een meer dynamisch en open karakter.

*Struktureel functionalistische benaderingen*

Talcott Parsons is de belangrijkste vertegenwoordiger en grondlegger van deze stroming. We hebben in par. 4.3.3. hierbij reeds stilgestaan. Daarom wordt hier volstaan met op te merken dat deze stroming ook wel wordt ondergebracht bij de voorgaande. Beide hebben macroreductionistische trekken.

*Groepsdynamische benaderingen*

Hieronder verstaan we die benaderingen waarbij niet zozeer de organisatie als geheel, doch de groep in de organisatie, in het centrum van de belangstelling staat. Homans is hiervan een belangrijk representant. We verwijzen verder naar par. 4.3.3. waar nader op Homans is ingegaan.

*Human Relations*

Beïnvloed door de groepsdynamica is deze school te zien als pendant van het scientific management. In oorsprong bestond voor de omgeving van de organisatie geringe aandacht. De primaire aandacht ging uit naar de groep en niet zozeer naar de organisatie als geheel. Onderscheidend van het scientific management is de conceptie van het individu als groepslid met behoeften aan erkenning en ontplooiing. Ten opzichte van de groepsdynamische benaderingen onderscheiden de Human Relations zich door het expliciete pogen de hiaten van het klassieke model op te vullen. Naast de formele organisatie werd zo bv. de informele organisatie geïntroduceerd. Klassieke organisatieprincipes werden aangevuld met richtlijnen van sociaal wetenschappelijke herkomst. Hieruit spreekt ook het tamelijk sterk toegepaste karakter.

*Besluitvormingsrichting*

Systeemtheoretisch is een interessant aspect van deze richting, waarvan Simon de belangrijkste representant vormt, de centrale plaats die besluitvormingsprocessen innemen. Dit besturingsaspect van de organisatie krijgt hier een meer decentraal en sociaal-wetenschappelijk karakter. Besturing is hierin niet meer de exclusieve bezigheid van een topleiding, doch is over de hele organisatie verdeeld. Het organisatiedoel wordt in deze richting een vraagstuk. Hoewel het model een meer dynamisch karakter draagt is het in bepaalde opzichten toch beperkt. De omgeving van de organisatie heeft in het model slechts betekenis via de individuen, vooral met betrekking tot hun beslissing om al dan niet te participeren. De begrensde capaciteit van informatieverwerking voor een individu krijgt gestalte in Simons conceptie van

het zoeken naar bevredigende, in plaats van optimale, oplossingen. Heiskanen en Mouzelis schrijven deze richting een microreduktionistisch karakter toe.

#### *Organisatie als micro-ekonomie*

Speltheorie en teamtheorie, toegepast op het aggregatieniveau van het individu, vormen hiervan twee voorbeelden. In deze interpretatie zijn de modellen gesloten systemen, de structuur is stationair en doelen zijn konstant. Ook het model van de organisatie als een decentraal geleide ekonomie is hier interessant.

#### *Ekonomisch holistische benaderingen*

De organisatie als ondernemer, als speler en als produktiefunctie hebben gemeen dat ze de organisaties als black-box opvatten. In de eerste twee valt de nadruk op rationele beslissingen. De organisatie als produktiefunctie beschouwt slechts de ekonomische produktie.

#### *Aktiebenaderingen*

We verwijzen naar de bespreking van Silvermans indeling eerder in dit hoofdstuk. De aktietheorie is micro-reduktionistisch.

#### *Bijdragen vanuit OR en regeltechniek*

Terwille van de volledigheid zij hier verwezen naar eenvoudige cybernetische concepten (de organisatie als teruggekoppelde black-box), naar mathematische organisatie modellen zoals bv. Mésarovic's 'multi-level multi-goal system' alsook naar toepassing van OR modellen op specifieke vraagstukken, zoals de toewijzing van taken aan funktionarissen.

#### *Kontingentietheorieën*

Onder deze noemer vatten we die benaderingen samen waarbij het gaat om de eigenschappen van organisatie in afhankelijkheid van de technologie en/of de omgeving van de organisatie (zie hoofdstuk 7).

### 6.3. METHODOLOGISCHE KANTTEKENINGEN

We wezen er reeds op dat de kritiek op de organisatiekunde, voor wat betreft haar praktische waarde, vooral gericht is op de praxeologie. Ten aanzien van het pragmatische aspekt, de mate waarin kennis van de organisatie-



kunde impliciet of expliciet van nut is bij het oplossen van een praktisch vraagstuk, zijn we relatief optimistisch. Bij de nu volgende opmerkingen ligt het accent echter op methodologische tekortkomingen en op de praxeologie. Daarbij wordt er vanuit gegaan, dat een vergroting van de praxeologische waarde leidt tot een vergroting van de pragmatische waarde. Hoofdstuk 3 droeg aanknopingspunten aan voor het formuleren van richtlijnen van methodologische aard die kunnen leiden tot theorieën die zowel wetenschappelijk als praxeologisch van waarde zijn. Ze hebben betrekking op:

1. De taal.
2. De stadia van theorievorming.
3. De strategie van theorievorming.
4. De integratie van disciplines.
5. De relatie met de toepassing.

### 6.3.1. *De taal*

In par. 3.2.5. stelden we aan terminologieën de eisen van coherentie, consistentie, precisie en vruchtbaarheid. Bovendien werd vereist, dat een terminologie voldoende vrijheidsgraden bezit. Formalisering vormt een belangrijke methode om te bereiken dat aan deze eisen wordt voldaan.

Nu kan men deze criteria toepassen op elk van de afzonderlijke disciplines zoals organisatiepsychologie, organisatiesociologie en technische organisatieleer, maar ook op een interdiscipline in wording. Dat laatste is natuurlijk slechts zinvol indien men zich positief opstelt ten aanzien van de organisatiekunde als interdisciplinaire wetenschap in wording.

In meerdere of mindere mate geldt voor elk van de deeldisciplines van de multidisciplinaire organisatiekunde dat er geringe samenhang is tussen de gehanteerde begrippen, dat ze weinig precies zijn, dat er van consistentie niet zo duidelijk sprake is. Als men de organisatiekunde begrijpt als een interdiscipline in wording worden de bezwaren aanzienlijk groter. Men moet dan eisen dat eenzelfde begrippenapparaat in alle deeldisciplines wordt gebruikt. De deeldisciplines verliezen daarmee in belangrijke mate hun eigen karakter. Het konstateren van methodologische tekortkomingen op het gebied van de terminologie heeft voornamelijk tot doel plausibel te maken dat de relatief onbevredigende situatie van het vakgebied mede daardoor wordt veroor-

zaakt. Aanknopingspunten voor verbetering zijn dan impliciet gegeven door de methodologische kritiek.

De terminologie van de systeemleer moet voldoen aan eisen van coherentie, consistentie, precisie en vruchtbaarheid. Ter wille van de integratie van de organisatiekunde verdient het aanbeveling van die terminologie gebruik te maken.

Voor de praktijk van organisatieonderzoek en theorievorming betekent dit, dat de daarbij gehanteerde begrippen interpretaties van systeembegrippen moeten zijn. Indien een begrip geen pendant heeft in de systeemterminologie kan dit aanleiding zijn tot uitbreiding van de systeemterminologie. Daarom verdient het aanbeveling zo'n begrip allereerst te definiëren binnen een systeemtheoretisch kader. Eerst daarna kan men het de gewenste interpretatie geven. Alternatieve definities van systeembegrippen voor een bepaald veld van toepassing moeten worden vermeden.

Men kan de aanbevelingen in drie punten samenvatten.

1. Bewaak de systeemterminologie ten aanzien van de genoemde criteria.
2. Streef ernaar, dat de terminologie van de organisatiekunde een interpretatie is van een systeemterminologie.
3. Bevorder de coherentie van beide terminologieën door een gecoördineerde ontwikkeling.

### 6.3.2. *De stadia van theorievorming*

Ook voor de organisatiekunde, beschouwd als interdisciplinaire wetenschap in wording, geldt dat er geen sprake is van één organisatietheorie doch van een groot aantal deeltheorieën voor bepaalde gebieden. Uiteraard geldt dit mutatis mutandis voor de praxeologie. Op zichzelf is dat geen ernstig bezwaar mits ook op dit punt een gecoördineerde ontwikkeling plaats heeft. Het is ook op dit stuk dat tekorten kunnen worden aangewezen.

We willen die tekorten liever in positieve zin als aanbevelingen formuleren. Daarbij wordt van twee stellingen uitgegaan:

1. Het is noch uit het oogpunt van theorievorming noch uit het oogpunt van de bruikbaarheid zinnig deeltheorieën en deelpraxeologieën te vermijden. Integendeel.
2. Het is gewenst dat de coherentie van het vak toeneemt.

Het zal duidelijk zijn dat de ontwikkeling van deeltheorieën en deelpraxeologieën daarom gekoördineerd moet plaats hebben. Ter bevordering van deze coördinatie wordt het volgende aanbevolen.

1. Kies niet voor elke deeltheorie of deelpraxeologie een eigen terminologie. Volsta met de organisatie-terminologie die ontstaat door interpretatie van systeembegrippen (zie par. 6.3.1.).
2. Zie het beschouwde vraagstuk als afgeleid van de specifieke vraagstelling van de interdiscipline in wording (zie par. 6.3.5.).

### 6.3.3. *De strategie van de theorievorming*

Slechts in beperkte mate wordt in de organisatiekundige theorievorming de contextuele strategie van theorievorming aangetroffen. In systeemtermen uitgedrukt betekent dit dat de black-boxen van het empirische systeem in veel gevallen op hetzelfde aggregatieniveau betrekking hebben.

Zo gaat het bijvoorbeeld over relaties tussen individuen (alle objecten op microniveau) of over relaties tussen groepen (alle objecten op het aggregatieniveau van de groep).

Althans conceptueel vinden we aanzetten tot een contextuele aanpak in die theorieën, die begrippen hanteren die relatief neutraal zijn t.o.v. het aggregatieniveau. Zo kan bijvoorbeeld het begrip rolzender in korrespondentie worden gebracht met een persoon of een groep. Ook Parsons gebruikt aggregatieniveau-onafhankelijke begrippen.

Theorievorming staat of valt met het stellen van goede vragen. Geeft de contextuele strategie een zekere garantie tegen tautologieën, er is meer nodig. Met name zal zonder een eigen vraagstelling, theoretisch gezichtspunt, kenobject, een theorie nauwelijks kunnen ontstaan. Wil men daarenboven nog streven naar een interdiscipline dan geldt voorts dat de vraagstellingen van de deeldisciplines in nauw verband moeten staan met de vraagstelling van de interdiscipline.

Het zal duidelijk zijn dat, in onze opinie, deze vraagstelling een systeemtheoretische vraagstelling moet zijn. In het bijzonder schijnt een besturingsparadigma, zoals dat zich in de systeemleer laat beschrijven, voor veel deeldisciplines een interessante interpretatie toe te laten. Mede omdat besturen in ruime zin in feite de kern uitmaakt van de organisatiekunde lijkt een in

organisatiekundige richting geïnterpreteerd besturingsparadigma vruchtbaar.

#### 6.3.4. *De integratie van disciplines*

In de voorgaande paragrafen is reeds tot uitdrukking gebracht dat integratie van de deeldisciplines tot een interdiscipline positief wordt gewaardeerd. Twee belangrijke voorwaarden zijn reeds genoemd, te weten de taal en het theoretisch gezichtspunt. Het is overbodig om de rol van de systeemleer hier uiteen te zetten.

#### 6.3.5. *De relatie met de toepassing*

In hoofdstuk 3 draaide het voor een groot deel om een aantal misvattingen rond het thema theorie en praktijk. Daar is getracht aan te geven dat deze misvattingen de ontwikkeling van bruikbare, praktisch nuttige theorieën eerder in de weg stonden dan stimuleerden. Men kan deze misvattingen schetsmatig typeren door middel van een aantal aanbevelingen die erop stoelen. Wij noemen er enkele:

Ga uit van praktische problemen, gebruik de taal van de praktijkman. Geen geleerde woorden. Uit de oplossing van praktische vraagstukken groeit de theorie vanzelf.

Deze misverstanden vertonen een zekere verwantschap met de naïef inductivistische stellingname in de wetenschapsleer. Ook in de wetenschapsleer is de gedachte verlaten dat een goede empirische theorie wel ontstaat als maar flink wat feiten worden verzameld (zie hoofdstuk 3). Het verwerpen van deze aanbevelingen op gronden van hun belemmerende werking en het doen van andere aanbevelingen die de afstand tussen praktijk en theorie schijnen te vergroten verplicht tot een nadere schets van de wijze waarop toch een innige band met de praktijk kan bestaan.

We zullen niet uitweiden over de konfrontatie tussen wetenschapsman en praktijk omdat, zoals wij eerder opmerkten, in feite elk individu zowel theoreticus als practicus is en we ons bovendien in hoofdzaak tot de methodologische aspecten willen beperken.

In par. 6.3.3. werd voorgesteld om als paradigma voor een gekoördineerde,

op integratie gerichte theorieontwikkeling van de organisatiekunde, het besturingsparadigma te kiezen. Indien het nu zo is dat dit paradigma een nauwe samenhang vertoont met praktische vraagstukken van organisatie dan vergroot dit de kans op praktisch bruikbare resultaten van de theorie. Onze opvattingen in dit verband laten zich samenvatten in de these dat de kern van de meeste praktijkvragen inderdaad besturingsvraagstukken zijn. Deze stelling laat zich niet bewijzen. Zij kan hoogstens aannemelijk worden gemaakt door middel van voorbeelden. In het volgende hoofdstuk zal hierop worden teruggekomen.

Ook praktijkonderzoekingen kunnen tot de theorie bijdragen indien aan een aantal kondities is voldaan. De methodologische kondities, geformuleerd in par. 6.3.1. t/m 6.3.4., moeten ook bij praktijkonderzoekingen niet worden veronachtzaamd. Dit scheidt vanzelfsprekend vertaalconproblemen voor de onderzoeker. Als hij echter wil bijdragen tot de theorievorming zal hij bereid moeten zijn deze extra complicatie voor lief te nemen. Bovendien moet het praktijkvraagstuk kunnen worden geïnterpreteerd in termen van het besturingsparadigma en ook vanuit dat gezichtspunt worden onderzocht. De mate waarin dit lukt bepaalt in hoge mate de bijdrage tot de theorie en dient tevens als toetssteen voor de stelling dat besturing de kern van de meeste praktijkvraagstukken vormt.

#### 6.4. SAMENVATTING

Hoewel veelal twijfel wordt geuit met betrekking tot het praktische nut van de organisatiekunde moet niet worden vergeten dat de relatieve afwezigheid van voorschriften omtrent het praktisch handelen niet betekent dat de theorie het praktisch handelen niet kan ondersteunen. Ook deze studie beperkt zich voornamelijk tot de praxeologische waarde van de organisatiekunde. Het is echter goed te bedenken dat de pragmatische waarde van de theorie groter is dan de praxeologische waarde.

Het geven van een goed overzicht van de organisatiekunde is een onmogelijke opgave. In par. 6.2. werden enkele overzichten besproken die enige indruk geven van het vakgebied.

Tenslotte formuleerden we in par. 6.3. een aantal aanbevelingen ten behoeve van een interdisciplinaire theorievorming. Ze kunnen worden samengevat in de stelling dat het uitgangspunt voor empirisch en theoretisch onderzoek de, organisatiekundig geïnterpreteerde, terminologie en paradigmata van de

systemleer moet zijn. Het besturingsparadigma speelt in dit kader een essentiële rol.

Omdat de meeste praktische organisatievraagstukken als vraagstukken van besturing kunnen worden opgevat houdt het gebruik van het besturingsparadigma bij de theorieontwikkeling slechts een schijnbare verzwakking van de relatie tussen theorie en praktijk in.

Hoewel er geen bewijskracht aan kan worden ontleend is het nuttig erop te wijzen dat bij vele empirische disciplines vooruitgang met een schijnbare vergroting van de afstand met de realiteit gepaard gaat.

## HOOFDSTUK 7 *stysteemtheoretische bijdragen*

### 7.1. INLEIDING

Het kernthema van deze studie, de vraag naar de bijdrage van de systeemleer tot een meer integrale benadering van organisaties, is in de voorgaande hoofdstukken naar de achtergrond verschoven. We willen het thans weer in het middelpunt van de belangstelling plaatsen.

De organisatiepraktijk leert dat veelal meerdere wetenschappelijke disciplines te hulp worden geroepen voor de oplossing van praktijkvraagstukken. De als relevant erkende aspecten behoren tot het empirisch veld van meerdere disciplines. Een integrale benadering zou dan, zo bezien, een benadering zijn waarbij de onderscheiden aspecten op evenwichtige wijze tezamen beschouwd worden. Dit vereist integratie van de betreffende disciplines, hetzij in de impliciete, hetzij in de expliciete theorie van de practicus. Nu is er, zoals ik al eerder stelde (hoofdstuk 6), niet geheel terecht, twijfel aan het praktische nut van de organisatiekunde omdat zij zo weinig praxeologische elementen bevat. Een juister beeld van de bijdrage van de systeemleer tot een meer integrale benadering van organisatiekunde kan daarom worden verkregen door een onderscheid te maken naar de bijdragen tot de pragmatiek, de praxeologie, de methode en de theorie.

Tenslotte zouden we nog kunnen wijzen op de bijdrage tot het onderwijs. Hoewel het belang hiervan nauwelijks kan worden overschat, zal er geen afzonderlijke aandacht aan worden geschonken.

Onder de *bijdragen tot de pragmatiek* verstaan we de mate waarin ertoe bijgedragen wordt dat de impliciete theorie (de common-sense) van organisatiekundigen en daarmee hun benaderingen van het organisatieverschijnsel, meer integraal zijn.

De *bijdragen tot de praxeologie* zijn de bijdragen van de systeemleer tot de

praxeologie van de organisatiekunde, dus tot dát deel van de organisatiekunde hetgeen in de (causale) vorm maatregel-effect is gegoten.

Een *bijdrage tot de methode* wordt door de systeemleer geleverd indien daaruit inzichten, richtlijnen en criteria resulteren voor praktijkgericht onderzoek (probleem oplossen), alsook voor het wetenschappelijk onderzoek.

*Bijdragen tot de theorie* helpen de multidisciplinaire organisatiekunde in de richting van een interdiscipline. Van bijdragen is dan sprake indien de coherentie van het vak toeneemt en de theorie meer integraal wordt.

Het zal duidelijk zijn dat er een sterke afhankelijkheid bestaat tussen de genoemde punten. Zo zal een meer integrale theorie vermoedelijk de kans op een verbetering van de praxeologie vergroten. De gemaakte onderscheidingen zijn echter, ondanks die onderlinge afhankelijkheden nuttig, omdat ze ons in staat stellen te belichten dat de bijdrage van de systeemleer op heel verschillende wijzen plaatsheeft.

Vooraf met betrekking tot de bijdragen tot de theorie en de praxeologie is een besturingsparadigma van centrale betekenis.

Voorafgaand aan de behandeling van de onderscheiden bijdragen zal daarom allereerst een besturingsparadigma worden ontvouwd.

## 7.2. BESTURINGSPARADIGMA

In deze paragraaf zal een besturingsparadigma worden behandeld dat vooral in par. 7.4. en 7.6. een belangrijke plaats inneemt. De basis van dit paradigma is ontwikkeld in hoofdstuk 5 (i.h.b. par. 5.2. en 5.3.). Terwille van de duidelijkheid zal niettemin kort worden omschreven en met voorbeelden worden toegelicht wat met de symbolen en formules wordt bedoeld.

Het besturingsparadigma, zoals dat hier zal worden ontvouwd, is een visie op de empirie als een volstrekt rationeel gestructureerd systeem, gezien vanuit het gezichtspunt van het concrete systeem zelf. Deze laatste toevoeging is wezenlijk. Zij duidt bijvoorbeeld op de herleiding van irrationeel gedrag tot subjectief rationeel gedrag. Met behulp van dit rationaliteitsaxioma wordt irrationeel gedrag weggedefinieerd en vervangen door de vraag welk gezichtspunt bij een rationele verklaring van het gedrag past.

We zullen die visie uiteenzetten. Daartoe zullen we eerst enkele voorbeelden geven om het paradigma intuïtief te verduidelijken.



Iemand met een extreem grote angst voor het doen van examens zal op allerlei manieren aan examens trachten te ontkomen. In sommige gevallen kan dat zich uiten in fysieke klachten. Hij wordt ziek, verzint uitvluchten. Men kan dan opmerken dat dit gedrag irrationeel is. Immers, er gebeurt toch niets, er is toch niets bedreigends aan een examen. In het besturingsparadigma past zulk een interpretatie niet. Daar zou gezegd worden dat het irrelevant is of objectief een situatie bedreigend is, doch dat het gaat om de subjectieve bedreiging. Het is rationeel om die situaties te vermijden waarvan het individu méént dat ze bedreigend zijn.

Een bedrijf dat overmatig veel reclame maakt, handelt wellicht irrationeel gezien vanuit het gezichtspunt van een externe waarnemer die over een beter model van de markt van dat bedrijf beschikt, maar handelt rationeel gezien vanuit het model dat dat bedrijf zélf heeft van zijn markt.

Extreem linkse studenten handelen rationeel vanuit hun perceptie van de maatschappij waarin zij leven.

Deze voorbeelden illustreren het gebruik van het besturingsparadigma bij descriptieve theorievorming. Ook voor normatieve benaderingen kan het besturingsparadigma nuttig zijn. Dan echter zoekt men niet naar de rationaliteit gezien vanuit het gezichtspunt van het betrokken systeem (eventueel gezichtspunten van de betrokken systemen) doch men neemt een doelstelling als uitgangspunt voor het ontwerp. De te ontwerpen structuur zal dan rationeel t.a.v. die doelstelling moeten zijn. Hetzelfde paradigma kan dus zowel voor de prescriptie als voor de descriptie worden benut. De toenadering tussen beide die daarvan het gevolg is moet van belang worden geacht (zie par. 7.6.3.). We zullen dit besturingsparadigma nader uitwerken.

*Het besturingsparadigma wordt omschreven als een klasse abstracte systemen, elk bestaande uit een te besturen systeem, een omgeving en een besturend orgaan. Zij zijn volgens nader te expliciteren criteria, rationeel op elkaar betrokken. Daarbij geldt de these<sup>1</sup> dat deze klasse abstracte systemen voor elk interessant verschijnsel een systeem bevat dat als model van dat verschijnsel kan dienen.*

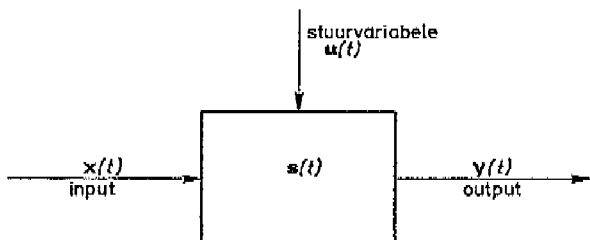
Nu moet worden opgemerkt dat dit besturingsparadigma in volle ontwikkeling is. Een afgeronde presentatie is nog niet mogelijk. Daarom kan in het bestek van deze studie niet meer worden gedaan dan het belichten van een aantal aspecten om aan het paradigma meer reliëf te geven.

1. Er zit natuurlijk een dubbele bodem in de these. Ze is in feite tautologisch.

## 7.2.1. Interne en externe besturing

Het onderscheid tussen interne en externe besturing kan aan de hand van een voorbeeld worden toegelicht. Als een individu streeft naar bereiking van zijn doelstelling kan hij dit niet alleen doen door zichzelf te besturen (interne besturing), doch ook door te proberen de individuen uit zijn omgeving te beïnvloeden (externe besturing). We kunnen deze noties abstrakter formuleren.

Veronderstel dat een black-box is geplaatst in een zekere omgeving



Figuur 7.1.

De toestand  $s(t)$  van de black-box vat de relevante voorgeschiedenis zó samen dat het gedrag kan worden beschreven door de volgende vergelijkingen:

$$s(t+1) = f(s(t), x(t), u(t)) \quad \text{toestandsvergelijking}^1$$

$$y(t) = s(t) \quad \text{uitgangsvergelijking}^1$$

We nemen aan dat het doel van de black-box kan worden gezien als een klasse  $G \subset D(s(t))$  van gewenste toestanden die niet triviaal is:

$$(G \neq D(s(t)) \wedge G \neq \emptyset).$$

Men kan als voorbeeld daaraan denken dat van alle mogelijke waarden van liquiditeit, solvabiliteit, kaspositie e.d. van een onderneming ( $D(s(t))$ ) slechts een deel  $G$  bevredigend wordt genoemd.

Er moet nu een drietal belangrijke vragen worden gesteld:

1. Wat zijn de bestuurbaarheidseigenschappen van het systeem en waardoor worden die beïnvloed?

1. De toestandsvergelijking geeft de nieuwe toestand als functie van de oude toestand, de input en het stuursignaal.

De uitgangsvergelijking geeft de output als functie van de toestand en de input op hetzelfde moment. Hier is dus een bijzonder geval gekozen (zie verder hoofdstuk 5 i.h.b. par. 5.2.).

2. Welke eigenschappen heeft een besturend orgaan dat onder de beperkingen ad 1. effectief is?
3. Wat is een efficiënt en effectief besturend orgaan?

In deze en volgende paragrafen zal op deze vragen worden ingegaan.

#### De bestuurbaarheid van het systeem

Met behulp van definitie 7.1 t/m 7.3 wordt verduidelijkt wat onder bestuurbaarheid moet worden verstaan.

#### Definitie 7.1.

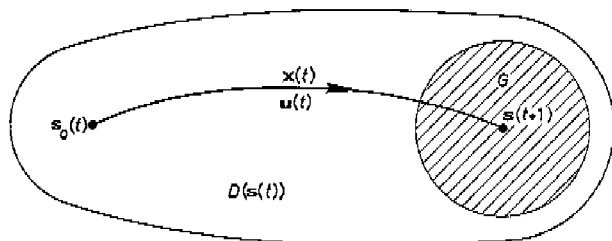
Zij:  $s_0(t) \in D(s(t))$

$G \subset D(s(t))$  niet triviaal

$X \subset D(x(t))$ .

Dan is  $S, [s_0(t), X, G]$  eenstapsbestuurbaar indien geldt:

$$\forall x(t) \exists u(t) [x(t) \in X \wedge u(t) \in D(u(t)) \Rightarrow s(t+1) = f(s_0(t), x(t), u(t)) \in G].$$



Figuur 7.2. Eenstapsbestuurbaar.

Daarmee wordt bedoeld dat, indien het systeem zich bevindt in toestand  $s_0(t)$  het, ongeacht welke input  $x(t)$  uit de klasse van inputs  $X$  zich voordoet, mogelijk is een zodanige maatregel  $u(t)$  te vinden dat het systeem zich op het volgende tijdstip in een gewenste toestand bevindt. Enkele generalisaties liggen voor de hand.

#### Definitie 7.2.

Zij:  $S_0 \subset D(s(t))$

$G \subset D(s(t))$

$X \subset D(x(t))$

Dan heet  $S, [S_0, X, G]$  eenstapsbestuurbaar indien  $S$ , voor elke  $s_0(t) \in S_0$ ,  $[s_0(t), X, G]$  eenstapsbestuurbaar is.

Hiermee wordt die situatie bedoeld dat, door keuze van een geschikte maat-

regel  $u(t)$ , in één stap een goede toestand kan worden bereikt mits de uitgangstoestand in  $S_0$  ligt en de verstoringen  $x(t)$  binnen  $X$  blijven.

Als  $S_0 = D(s(t))$  en  $X = D(x(t))$  dan hebben we te maken met de gunstige situatie dat altijd, ongeacht de verstoring en ongeacht de begintoestand, in één stap een gunstige toestand (een toestand in  $G$ ) kan worden bereikt.

Eenstapsbestuurbaarheid is natuurlijk een bijzonder geval.

*Definitie 7.3.*

Zij:  $s_0(t) \in D(s(t))$

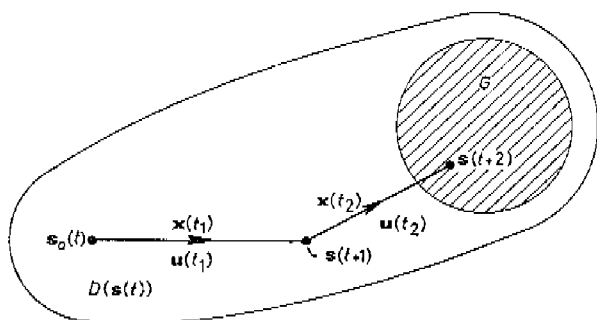
$G \in D(s(t))$

$X \in D(x(t))$

Dan heet  $S, [s_0(t), X, G]$  tweestapsbestuurbaar indien geldt dat  $S$  niet  $[s_0(t), X, G]$  eenstapsbestuurbaar is en:

$$\forall x(t_1) \forall x(t_2) \exists u(t_1) \exists u(t_2) [x(t_1) \in X \wedge x(t_2) \in X \wedge u(t_1) \in D(u(t)) \wedge u(t_2) \in D(u(t)) \wedge f(f(s_0(t), x(t_1), u(t_1)), x(t_2), u(t_2)) \in G]$$

Als deze definitie van toepassing is doet zich dus het geval voor dat vanuit begintoestand  $s_0(t)$  en verstoringen uit  $X$  weliswaar niet in één stap, maar dan toch in twee stappen een gewenste toestand kan worden bereikt.



Figuur 7.3. Tweestapsbestuurbaar.

In feite is hiermee nog niet een geheel bevredigende formalisatie van de intuïtieve idee van tweestapsbestuurbaarheid gevonden. In het algemeen immers zal niet elk paar  $\langle x(t_1), x(t_2) \rangle \in D(x(t)) \times D(x(t))$  in realiteit voorkomen vanwege het systeemkarakter van de omgeving ( $x(t_1)$  en  $x(t_2)$  zijn niet onafhankelijk). Wat geformaliseerd is, is de  $[s_0(t), X, G]$  tweestapsbestuurbaarheid in een omgeving zonder geheugen. Bovendien zijn er impliciet nog een aantal beperkingen ingevoerd omtrent de konstantheid van  $D(x(t))$ ,  $D(u(t))$  en  $f$ .

Niettemin hebben de definities een zekere waarde voor de explicatie van de term bestuurbaarheid. Ook zonder een geformaliseerde definitie zal duidelijk zijn wat we verstaan onder een systeem dat  $n$ -stapsbestuurbaar is. Namelijk die situatie dat in het ongunstigste geval met een goed gekozen stuursignaal in  $n$ -stappen een goede toestand (een toestand uit  $G$ ) kan worden bereikt. De idee van bestuurbaarheid is ook buiten de systeemleer, zij het soms onder andere namen, bekend.

Een arts die vaststelt dat een ziekte (ongewenste toestand) ongeneeslijk is, spreekt daarmee uit dat het systeem (de patient) niet bestuurbaar is. Het is immers niet mogelijk een therapie (stuursignaal) te vinden waardoor de ongewenste toestand (ziekte) overgaat in een gewenste toestand (gezondheid). De bewindvoerders van een bedrijf dat surseance van betaling heeft aangevraagd, gaan na of het bedrijf nog kan worden gered. Zij vragen zich af of er mogelijkheden (stuursignalen) zijn waardoor de liquiditeitsproblemen (ongewenste toestand) kunnen worden opgeheven (gewenste toestand).

Natuurlijk ligt in realistische gevallen de zaak heel wat ingewikkelder dan in de simpele modellen waarop de definities zijn gebaseerd. De voorbeelden mogen echter illustreren dat de notie van bestuurbaarheid van grote praktische betekenis is. We zullen de verleiding weerstaan uitspraken als: deze student haalt het nooit, het milieu is onherstelbaar verstoord enz. in termen van bestuurbaarheid te interpreteren. Daarbij valt dan te bedenken dat bestuurbaarheid niet zozeer een eigenschap is van een concreet systeem doch van een model dat daarvan is gekonstrueerd.

### *Besturingsmogelijkheden*

We gaan nu na, welke manipulaties in principe ter beschikking staan om de doelbereiking te bevorderen. Gerubriceerd naar interne- en externe besturing zijn dit:

#### *Interne besturing:*

1. Op basis van kennis van de toestand  $s(t)$ , de input  $(x(t))$ , de systeemstructuur  $f$  en de doelstelling  $G$  geschikte  $u(t)$ 's kiezen. Dit noemen we de interne besturing bij konstante  $f$  en  $G$  of interne routinesturing (IR).
2. Wijziging van de systeemstructuur  $f$ . Deze besturingsmogelijkheid zal interne adaptie of interne adaptieve sturing (IA) worden genoemd.
3. Wijziging van doelstelling  $G$  van het systeem. Hier wordt gesproken over interne strategische sturing of ook wel interne doelsturing (IS).

*Externe besturing:*

Hier wordt de omgeving eveneens als systeem opgevat. Vanuit de optiek van het bestuurd systeem kan dan worden getracht de omgeving te besturen op drie overeenkomstige niveaus:

4. Indirekt beïnvloeden van de input bij konstante  $f_E$  en  $G_E$  van de omgeving. Dit wordt externe routinesturing genoemd (ER).
5. Indirekt beïnvloeden van de omgevingsstructuur  $f_E$ . Dit wordt extern adaptieve besturing genoemd (EA).
6. Indirekt beïnvloeden van de omgevingsdoelstelling  $G_E$ . Deze besturingsmogelijkheid wordt extern strategische sturing genoemd (ES).

Nu is deze opsomming slechts schijnbaar uitputtend. Allereerst zijn ook combinaties mogelijk. Hierop wordt in de volgende paragraaf ingegaan. Meer principieel echter is de opsomming beperkt om de volgende twee redenen. In de eerste plaats is elke opsomming beperkt door de mogelijkheden die in het gekozen model aanwezig zijn. In de tweede plaats is er sprake van een indirecte omgevingsbeïnvloeding via de output van het bestuurd systeem. Als men deze in de beschouwing betreft kunnen extra manipulatie-mogelijkheden worden onderkend.

In de sociale realiteit kunnen interacties op de drie niveaus<sup>1</sup> ( $R$ ,  $A$ ,  $S$ ) worden waargenomen. Het volgende eenvoudige voorbeeld verduidelijkt dit. Individu  $A$  wil timmeren en ziet dat  $B$  over een hamer beschikt.

$A$  vraagt  $B$  de hamer (externe routinesturing);

$B$  zegt niet te weten wat een hamer is.

$A$  legt uit wat een hamer is (extern adaptief; leren);

$B$  is niet bereid de hamer af te staan.

$A$  tracht  $B$  te overtuigen dat hij hem toch behoort te helpen (extern strategisch).

Ook de reclame (externe sturing) van een bedrijf kan op strategisch niveau betrekking hebben. Toen het Angola-comité de import van koffie uit Angola door een bekend winkelbedrijf, wilde doen staken adverteerde dit bedrijf met slogans als 'vrije koperskeuze in een vrij land'.

### 7.2.2. Besturingskarakteristiek

Als we voorbijgaan aan de problemen die samenhangen met het onvermijde-

1. Vgl. Mesarovic's 'decision-layers' (Mesarovic c.a., 1970).

lijke verband tussen gekozen model en op basis daarvan gedefinieerde begrippen kan van de in par. 7.2.1. gemaakte onderscheidingen gebruik worden gemaakt. Daar werden de volgende hoofdtypen van besturing omschreven:

1. Externe Routine besturing (ER)
2. Externe Adaptieve besturing (EA)
3. Externe Strategische besturing (ES)
4. Interne Routine besturing (IR)
5. Interne Adaptieve besturing (IA)
6. Interne Strategische besturing (IS)

Het lijkt de moeite waard nader uiteen te rafelen welke principieel verschillende wijzen van besturing mogelijk zijn.

Symbolisch kan men de besturingsactiviteit van een systeem representeren door middel van een 6-ling  $\langle IR, IA, IS, ER, EA, ES \rangle$  waarbij, in principe, elk der componenten aan- of afwezig kan zijn. In totaal zijn er dan  $2^6 = 64$  mogelijkheden. De bij een systeem behorende 6-ling als omschreven noemen we de *besturingskarakteristiek*. Als de aanwezigheid van een besturingsactiviteit met 1, en de afwezigheid ervan met 0 wordt aangegeven dan kent een systeem met besturingskarakteristiek  $\langle 1, 0, 0, 1, 0, 0 \rangle$  dus slechts een interne en een externe routinebesturing. Vermoedelijk moeten sociale systemen worden beschouwd als zijnde van het type  $\langle 1, 1, 1, 1, 1, 1 \rangle$ .

Veel modellen echter zijn van het type  $\langle 1, 1, 0, 0, 0, 0 \rangle$  of  $\langle 1, 1, 1, 0, 0, 0 \rangle$ . Men zou van een passief karakter kunnen spreken.

Hoewel deze klassifikatie een zekere heuristische waarde heeft, is ze toch op enkele punten niet bevredigend:

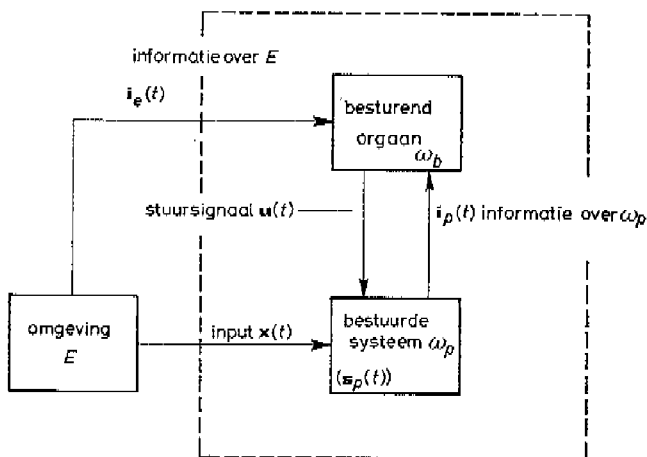
1. Inzicht moet worden verkregen in de effectieve en efficiënte besturingskarakteristiek relatief ten opzichte van het bestuurde systeem, de omgeving en de doelstelling.
2. Verband moet worden gezocht met de vereisten die aan besturende organen moeten worden gesteld.
3. De koördinatieproblematiek tussen de 6 vormen van besturing (IR, IA, IS, ER, EA, ES) moet worden bestudcerd.
4. De vraag is of een verdere opsplitsing op diverse aggregatieniveaus à la de klassifikatie van bijvoorbeeld Miller en Rice (1967) niet mogelijk en vruchtbaar is. Dan zou bijvoorbeeld over de IA sturing van de IA sturing kunnen worden gesproken.

5. Nagegaan moet worden wat er in het algemeen gezegd kan worden over de dekompositie van de interne en externe bestuurszaak naar verschillende aspecten, hetgeen leidt tot een verdere vergroting van de mogelijkheden.

Het is duidelijk dat de punten 4 en 5 snel leiden tot honderden mogelijkheden die vervolgens, indien men het ja-nee (of 1-0) criterium door meer genuanceerde en meer realistische vervangt, tot zeer vele kunnen worden uitgebreid. Op een aantal van deze punten wordt verderop dieper ingegaan.

### 7.2.3. Over bestuurslagen

In het voorgaande is een onderscheiding naar verschillende mogelijkheden van systeembesturing gemaakt. Het is plausibel dat deze onderscheidingen een zekere relevantie hebben voor de theorievorming omdat ze recht doen aan de gekompliceerdheid van de subjectieve interpretaties van verschijnselen in organisaties. Bovendien vertonen ze in meerdere of mindere mate verwantschap met indelingen in de ondernemingsplanning en met theoretische benaderingen die als kontingentietheorieën of ecologische benaderingen bekend staan (zie par. 6.2).



Figuur 7.4.



Hoewel, zoals we reeds opmerkten, elke definitie van besturingsmodaliteiten is gebaseerd op een model, lijkt het nuttig zo systematisch mogelijk een coherent stelsel van begrippen te ontwikkelen op basis van zo'n model. De noodzakelijke beperking moet dan maar voor lief worden genomen.

Op gevaar van inkonsistenties en cirkulaire definities beschouwen we allereerst een systeem met een ingangsomgeving ( $E$ ) met stationaire structuur en zonder uitgangsomgeving, bestaande uit een bestuurd systeem  $\omega_p$  en een besturend orgaan  $\omega_b$ .

We nemen aan dat  $\omega_p$  wordt beschreven door de toestandsvergelijking  $f$  en de uitgangsvergelijking  $g$ :

$$f: D(\mathbf{x}(t)) \times D(\mathbf{u}(t)) \times D(s_p(t)) \rightarrow D(s_p(t+1))$$

$$g: D(s_p(t)) \rightarrow D(i_p(t)).$$

Hierin is  $s_p(t)$  de toestand van  $\omega_p$ .

Veronderstel dat de doelstelling geformuleerd is als  $G \subset D(s_p(t))$ . Principieel doen zich nu de volgende mogelijkheden voor om de doelbereiking te verbeteren zoals reeds in par. 7.2.1. werd aangegeven.

1. Slim kiezen van het stuursignaal  $\mathbf{u}(t)$ .
2. Veranderen van de systeemstructuur  $f$ .
3. Veranderen van de doelstelling  $G$ .

We zullen deze drie mogelijkheden achtereenvolgens bespreken.

#### *Het slim kiezen van $\mathbf{u}(t)$ 's*

Indien het besturend orgaan (BO) een stationaire structuur heeft zijn de beslissingsregels konstant. Per definitie is gedragswijziging en daarmee gedragsverbetering dan onmogelijk.

Het BO zal een zekere effectiviteit en efficiency hebben, die konstant zijn. Men kan hierbij denken aan het mechanistisch, gedachtenloos toepassen van voorraadregels die eenmaal zijn opgesteld doch niet meer gewijzigd kunnen worden. Meer verband houdend met organisatiekundige verschijnselen kan deze situatie worden beschreven met termen als mechanistisch en bureaukratisch gedrag.

Duidelijk zal zijn, dat indien  $\omega_b$  (het BO) goed ontworpen is met betrekking tot de stationaire omgeving, de stationaire  $f$  en de konstante  $G$ , er geen problemen zijn. Er kan niets verbeterd worden maar dat hoeft ook niet.

Relatief interessanter wordt het indien de structuur van  $\omega_b$  niet onverander-

lijk is. Als  $\omega_b$  goed is ontworpen zal de structuur van  $\omega_b$ , in het rationele geval waarvan we uitgaan, niet veranderen (steeds bij konstante  $E, f$  en  $G$ ), omdat dat immers niet nodig is. Als echter het ontwerp niet geheel is geslaagd (inclusief implementatie) dan maakt de niet-stationariteit van  $\omega_b$  het mogelijk de effectiviteit en efficiency van  $\omega_b$  te verhogen. Als men er vanuit gaat dat elk ontwerp, ook het meest voortreffelijke, een partieel karakter draagt dan is het duidelijk dat zelfs bij konstante  $E, f$  en  $G$  flexibiliteit in  $\omega_b$  (d.i. potentiële niet-stationariteit) noodzakelijk is.

We richten ons nu op die aspecten van het niet-stationair zijn van  $\omega_b$ , die voor de besturing relevant zijn.

Bij konstante  $E, f$  en  $G$  zal de niet-stationariteit van tijdelijke aard zijn. Er zal m.a.w. sprake zijn van een inschakelperiode. Is immers, binnen de klasse van mogelijke structuren voor  $\omega_b$ , de optimale structuur gevonden, dan zal daarna van de mogelijkheid de structuur te veranderen geen gebruik meer worden gemaakt.

Gedurende die overgangperiode zijn dan met betrekking tot  $\omega_b$  twee soorten activiteiten aan de orde: het kiezen van  $\mathbf{u}(t)$ 's, én het verbeteren van de procedure om de  $\mathbf{u}(t)$ 's te kiezen.

We richten ons nu op de laatst genoemde activiteit. Verbetering van de procedure om  $\mathbf{u}(t)$ 's te kiezen is gericht op de verhoging van de effectiviteit en de efficiency van  $\omega_b$ .

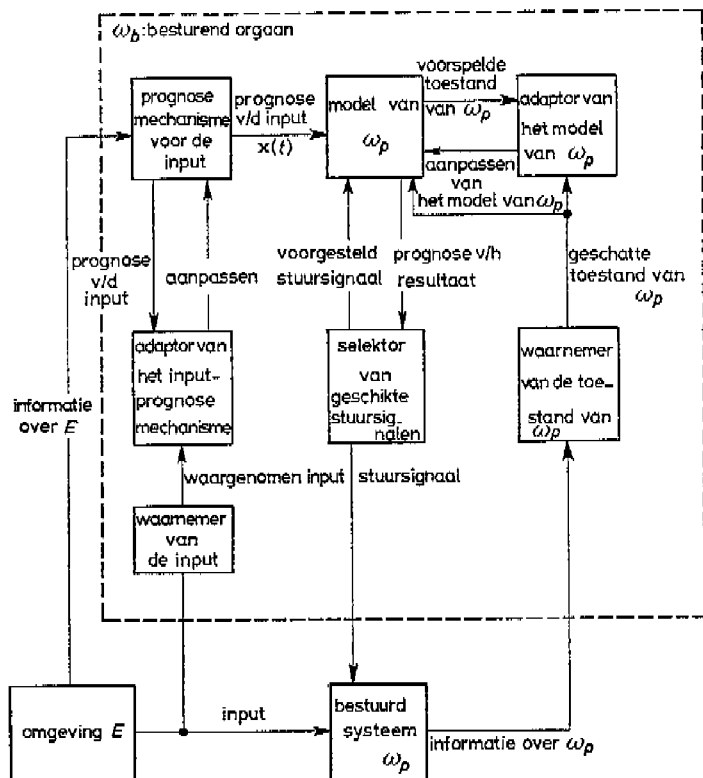
Allereerst de effectiviteit. Een effectief BO zal een  $\mathbf{u}(t)$  kiezen op basis van een prognose van het toekomstig gedrag van  $\omega_p$  voor elk der mogelijke elementen  $\mathbf{u}(t) \in D(\mathbf{u}(t))$ . Die prognose strekt zich uit over tenminste die periode waarover  $\mathbf{u}(t)$  nog van invloed is op de doelbereiking. Om de gedachten wat nader te bepalen kan worden gezegd, dat bij een  $n$ -staps bestuurbaarheid van  $\omega_p$  tenminste  $n$  stappen wordt vooruitgezien. Voor deze prognose zijn van belang:<sup>1</sup>

- informatie over het gedrag van  $\mathbf{x}(t)$  over die relevante toekomstige periode;
- een model van  $\omega_p$ ;
- informatie over de toestand van  $\omega_p(s_p(t))$ .

Dit leidt, bij de reticulatie van  $\omega_p$ , tot het onderkennen van een aantal functionele black-boxes volgens figuur 7.5.

In deze figuur gaat het slechts om de effectiviteit van de besturing. Hierin is de niet-stationariteit van de structuur van het BO tot uitdrukking gebracht in de niet-stationaire omgevingsprognose, de niet-stationaire waarneming

1. Zie par. 5.3.4.



Figuur 7.5. Een effectief besturend orgaan (een adaptor van de selektor is voor de eenvoud niet getekend).

van  $s(t)$  en het niet konstante model van  $\omega_p$ . Na het verstrijken van de overgangperiode zijn, nog steeds bij konstante  $f$ ,  $E$  en  $G$ , deze aanpassingsmechanismen overbodig geworden. Terwille van een intuïtieve interpretatie kan dit worden vertaald in termen als: de reorganisatie heeft zijn beslag gekregen, de OR man kan heengaan en iedereen weet wat van zijn omgeving kan worden verwacht. Binnen de mogelijkheden is de onzekerheid over het toekomstig gedrag geminimaliseerd. De effectieve regelaar prediceert de input  $x(t)$ , neemt de toestand  $s(t)$  waar en zoekt telkenmale een geschikte  $u(t)$ . Nu is het redelijk aan te nemen dat dit tijd kost. De effectieve regelaar

zal in de prédecisiefase tot een besluit moeten komen. De traagheid van  $\omega_p$  en  $E$  legt beperkingen op aan de tijd die beschikbaar is voor informatieverzameling, verwerking en keuzeproces. Dit houdt in dat de aanpassing doorzet totdat, weer binnen de mogelijkheden, de benodigde tijd de beschikbare niet meer overschrijdt.

We komen hier op een interessant aspekt. Een wellicht groot deel van de tijd gaat heen met het keuzeproces (in engere zin.) Bij een konstante  $f$ ,  $E$  en  $G$  (daar gaan we immers nog steeds van uit) kan een versnelling van dit keuzeproces worden bereikt door het 'opslaan' van die kombinaties van input, toestand en stuursignaal die hun effectiviteit reeds hebben bewezen. De effectieve regelaar zal dus, bij discrepantie tussen beschikbare en benodigde beslissingstijd voor een klasse bekende inputs en toestanden de beslissing standaardiseren. Het is daarom redelijk te veronderstellen, dat een effectieve regelaar voor een klasse van inputs en toestanden, de interactie tussen de selector en het model van  $\omega_p$  vervangt door een tabel. Deze tabel,<sup>1</sup> een impliciet model van  $\omega_p$ , geeft voor elke toestand en input het geschikte stuursignaal. Zo ontstaat dan een onderscheiding tussen routine, en non-routine besturing (Kragt e.a., 1973). Als input en toestand reeds eerder zijn voorgevallen is het een routinekwestie en geeft de tabel uitkomst over de juiste stuurmaatregel. In het andere geval komt er het keuzeproces aan te pas.

Na de periode van aanpassing van  $\omega_b$  zal een effectieve regelaar op basis van een stationair prognose-mechanisme en een stationair waarnemings-mechanisme voor een deelklasse van inputs en toestanden een routinebesturing hanteren en voor een ander deel een non-routine besturing. Non-routine besturing kan weliswaar effectief zijn doch is, in verband met de kosten van informatieverwerking, niet efficiënt. Een effectieve en efficiënte regelaar zal daarom nog verdere aanpassing behoeven. Hoewel het voor de effectiviteit niet nodig is, zal de efficiency ermee gebaat zijn als alle non-routine besturing verdwijnt. Bovendien zijn ook de prognose en de waarneming weliswaar effectief doch niet zeker ook efficiënt. Zijn ook deze aanpassingen verricht, dan is per definitie de overgangperiode (in schakel verschijnend) van een optimaal BO (binnen de klasse van mogelijke structuren van  $\omega_b$ ) voorbij.

Uit deze beschouwing moge blijken dat zelfs in het uitermate onrealistische en simpele geval van een konstante  $E$ ,  $f$  en  $G$  buitengewoon gekompliceerde mechanismen moeten worden verwacht indien wordt uitgegaan van de rationaliteit van de systeembesturing.

1. Vgl. par. 5.3.4. de functie  $f^{-1}(G)$ .

Enkele suggesties die uit deze beschouwing volgen zijn de volgende. Indien er sprake is van een stationaire  $E$ ,  $f$  en konstante  $G$  zal:

1. na verloop van tijd de structuur van het BO niet meer veranderen;
2. na verloop van tijd het BO slechts uit drie black-boxes bestaan te weten de observatie van input en toestand en de afbeelding daarvan op  $D(u(t))$ ;
3. na verloop van tijd, ook bij stochastische (doch stationaire)  $E$  en  $\omega_b$ ,  $\omega_b$  deterministisch zijn;
4. er ook sprake kunnen zijn van een niet-stationaire structuur van  $\omega_b$ , en wel gedurende de overgangperiode.

Enkele organisatiekundige hypothesen die hieruit volgen, indien aan het rationaliteitsaxioma is voldaan, zijn:

Indien er sprake is van een konstante  $E$ ,  $f$  en  $G$  zal:

1. de automatiseringsgraad van de besturing van de productieprocessen toenemen;
2. de aanwezigheid van functionarissen belast met adaptieve taken afnemen;
3. het bureaucratisch karakter van de organisatie toenemen;
4. het opleidingsniveau van de werknemers dalen;
5. in afnemende mate een beroep worden gedaan op adviesbureaus.

De inzichten op zichzelf zijn niet bijzonder schokkend alhoewel het, gezien het verband tussen theorie en common-sense, toch interessant is dat ze uit theoretische beschouwingen naar voren kunnen worden gebracht. Interessanter is echter dat de hypothesen, doordat ze van hetzelfde (eenvoudige) model afkomstig zijn, de samenhang tussen een aantal verspreide verschijnselen postuleren.

Men kan deze beschouwingen samenvatten door te stellen, dat een systeem met stationaire structuur in een stationaire, niet beïnvloedbare omgeving bij konstante doelstelling een besturingskarakteristiek  $\langle IR, IA, 0, 0, 0, 0 \rangle$  heeft gedurende de overgangperiode. Daarbij moet dan nog worden opgemerkt dat IA uitsluitend betrekking heeft op de adaptie van de structuur van het BO.

Na verloop van tijd krijgt het systeem een besturingskarakteristiek  $\langle IR, 0, 0, 0, 0, 0 \rangle$ . Althans, indien en voorzover van de rationaliteitspremissie wordt uitgegaan.

Zes opmerkingen zijn nog van belang. Allereerst volgt uit de voorgaande beschouwingen, dat daarop gebaseerde hypothesen ook de overgangperiode

moeten incalculeren. Zo is het immers niet zeker dat bij stationaire omgevingen mechanistische structuursvormen moeten worden verwacht, omdat niet zeker steeds de overgangperiode voorbij zal zijn. Bovendien moet zorgvuldig worden nagegaan of aan de premissen (konstante  $L$ ,  $f$  en  $G$ ) is voldaan.

Ten tweede moet worden bedacht dat we in feite niet zozeer te maken hebben met de stationariteit op zichzelf, doch veelmeer met de stationariteit zoals waargenomen door het systeem.

Ten derde wordt bij een rationeel BO de planningshorizon niet alleen bepaald door de periode waarover een beslissing nog van invloed is, doch ook door de grenzen gesteld aan de voorspelbaarheid.

Ten vierde moet worden bedacht dat het probleem van de dekompositie van omgeving en systeem in relatief autonome delen nader moet worden geanalyseerd.

Ten vijfde is het van belang te memoreren dat de beschouwingen van Conant en Ashby relevante inzichten opleveren omtrent de eigenschappen van een rationeel BO onder de geformuleerde stationariteitskondities (Conant en Ashby, 1970).

Tenslotte moet nog een ander aspect van niet-stationaire structuur van het BO onder de aandacht worden gebracht, naast de niet-stationariteit, die gerelateerd is aan leer- en adaptatiemechanismen. Dit betreft de verschijnselen die te maken hebben met ongewenste structuurverandering, b.v. door slijtage, degeneratie en veroudering.

Indien deze verschijnselen zich voordoen moeten de adaptieve mechanismen ten behoeve van het BO ook ná de overgangperiode in werking blijven.

#### *Het veranderen van de systeemstructuur $f$*

In het voorgaande is ingegaan op het optimale besturend orgaan onder de kondities van een stationaire en niet-beïnvloedbare omgeving, een stationaire structuur van het bestuurd systeem (eveneens niet beïnvloedbaar) en een konstante doelstelling. We richten ons nu op de mogelijkheid tot verbetering van de doelbereiking door wijziging van  $f$  (de structuur van  $\omega_p$ ).

De behoefte aan wijziging van  $f$  kan bestaan in een aantal verschillende gevallen.

1. Men is niet tevreden over de bestuurbaarheid van het bestuurd systeem. Dit wil zeggen dat met de optimale bestuurder op het routine niveau de doelstelling niet of onvoldoende kan worden bereikt.
2. Weliswaar kan de doelstelling worden bereikt zonder wijziging van de

structuur van  $\omega_p$  doch een structuurwijziging maakt een even effectieve doch efficiënte regelaar mogelijk.

3. Er kan sprake zijn van ongewenste structuurveranderingen in  $\omega_p$  die men niet kan of wil opvangen door adaptie van de routinebesturing.

Welke principiële mogelijkheden er zijn voor wijziging van de systeemstructuur  $f$  trachten we, op systematische wijze, te onderzoeken aan de hand van de toestandsvergelijking:

$$f: D(\mathbf{x}(t)) \times D(\mathbf{s}(t)) \times D(\mathbf{u}(t)) \rightarrow D(\mathbf{s}(t+1))$$

Om een goede analyse van de principiële mogelijkheden te verkrijgen wordt er aan herinnerd dat  $\mathbf{x}(t)$ ,  $\mathbf{s}(t)$  en  $\mathbf{u}(t)$  i.h.a. vektoren zijn en voorts dat  $f$  stochastisch en deterministisch kan zijn.

De mogelijkheden zijn nu:

1.  $D(\mathbf{x}(t))$ ,  $D(\mathbf{s}(t))$  en  $D(\mathbf{u}(t))$  onveranderlijk.  
Dan kan  $f$  worden veranderd binnen de klasse  $F$  waarbij:  
$$F = \{f \mid f: D(\mathbf{x}(t)) \times D(\mathbf{s}(t)) \times D(\mathbf{u}(t)) \rightarrow D(\mathbf{s}(t+1))\}$$
  
We noemen dit wijziging van de interne structuur.
2.  $D(\mathbf{x}(t))$  veranderen bij onveranderlijke componenten van  $\mathbf{x}(t)$ . Hierbij zou men kunnen spreken over wijziging van het ingangsfILTER.
3.  $D(\mathbf{x}(t))$  veranderen door verandering van de set componenten van  $\mathbf{x}(t)$ . We spreken over wijziging van de inputselectie. Ten principale is dit natuurlijk een bijzonder geval van ingangsfILTERwijziging. De punten 2 en 3 kunnen als wijziging van de externe structuur worden geïnterpreteerd.
4.  $D(\mathbf{u}(t))$  veranderen. In principe bestaan hier natuurlijk evenals bij  $D(\mathbf{x}(t))$  twee mogelijkheden. Beide mogelijkheden zullen we aanduiden met de term stuuradaptie.
5.  $D(\mathbf{s}(t))$  veranderen. Beide mogelijkheden noemen we geheugenadaptie.

Evenals bij de optimale bestuurder wordt hier onderscheid gemaakt tussen de effectiviteit en de efficiency van de adaptieve besturing van  $\omega_p$ . Noemen we de black-box die zorg draagt voor de aanpassing van  $\omega_p$ , de  $\omega_p$ -adaptor, dan heet een  $\omega_p$ -adaptor effectief indien deze de bestuurbaarheid waarborgt. Met de efficiency is het wat ingewikkelder gesteld.

Met name omdat dezelfde bestuurbaarheid van  $\omega_p$  kan leiden tot efficiencyverschillen tussen effectieve routinebestuurders, kan niet worden volstaan met de  $\omega_p$ -adaptor efficiënt te noemen als hij  $\omega_p$  met minimale kosten bestuurbaar houdt. In de efficiency van de  $\omega_p$ -adaptor moeten zowel de kosten van de  $\omega_p$ -adaptor, als de invloed op de kosten van de routinebestuurder tot uitdrukking komen. Daarom zal de  $\omega_p$ -adaptor efficiënt worden genoemd

als de som van de kosten van de  $\omega_p$ -adaptor, vermeerderd met de minimaal dan nog bereikbare kosten van de routinebestuurder, minimaal is. Terwille van de duidelijkheid zij nog opgemerkt dat het begrip kosten ruim wordt geïnterpreteerd. Het duidt slechts op enigerlei efficiëncymaatstaf.

Op soortgelijke wijze als bij de routinebestuurder kan voor de  $\omega_p$ -adaptor worden getracht eigenschappen van de efficiënte en effectieve  $\omega_p$ -adaptor te formuleren. Een  $\omega_p$ -adaptor is immers een besturend orgaan. We zullen dat illustreren aan de hand van de interne structuurwijziging. In dit kader kiest de  $\omega_p$ -adaptor een element  $f \in F$ . Bij de stationaire structuur hadden we te maken met een afbeelding

$$f: D(\mathbf{x}(t)) \times D(\mathbf{s}(t)) \times D(\mathbf{u}(t)) \rightarrow D(\mathbf{s}(t+1))$$

Hier met een klasse van afbeeldingen  $F$ . Men kan met behulp van deze klasse weer een afbeelding konstrueren door het invoeren van een nieuwe parameter, zeg  $\mathbf{u}_A(t)$ .

Kies daartoe  $h: F \rightarrow D(\mathbf{u}_A(t))$  eeneenduidig en 'op'. M.a.w. bij iedere  $f \in F$  behoort precies één  $\mathbf{u}_A(t) \in D(\mathbf{u}_A(t))$  en omgekeerd.

We definiëren nu een afbeelding  $f_A$ :

$$f_A: D(\mathbf{x}(t)) \times D(\mathbf{s}(t)) \times D(\mathbf{u}(t)) \times D(\mathbf{u}_A(t)) \rightarrow D(\mathbf{s}(t+1))$$

zodanig dat:

$$\langle \mathbf{x}(t), \mathbf{s}(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{u}_A(t), \mathbf{s}(t+1) \rangle \in f_A \Leftrightarrow \exists f \in F (\mathbf{u}_A(t) = h(f) \wedge \langle \mathbf{x}(t), \mathbf{s}(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{s}(t) \rangle \in f)$$

De overwegingen omtrent een effectief en efficiënt besturend orgaan zijn daarmede mutatis mutandis eveneens op de optimale  $\omega_p$ -adaptor van toepassing. Er is dus sprake van een model dat ten grondslag ligt aan de adaptieve besturing, van informaticaverwerking etc. De vraag is echter, welke eigenschappen dat model ten behoeve van de keuze van een geschikte  $f \in F$  moet bezitten.

Een effectieve  $\omega_p$ -adaptor behoeft slechts, binnen de mogelijkheden, een zodanige  $f \in F$  te kiezen dat  $\omega_p$  bestuurbaar is.

We blijven daarbij vasthouden aan de veronderstelling dat de omgeving een stationaire structuur heeft alsook aan de veronderstelling dat het systeem geen uitgangsomgeving heeft. Moest de optimale routinebestuurder zijn taak volbrengen bij konstante structuur  $f$  en doelstelling  $G$ , de  $\omega_p$ -adaptor verricht zijn werk m.b.t. een konstante doelstelling  $G$ .

Nu is er, althans in principe, een triviale formulering van het probleem waarvoor de  $\omega_p$ -adaptor is gesteld. Daarbij onderzoekt de  $\omega_p$ -adaptor voor elke combinatie van  $\mathbf{x}(t)$  en  $\mathbf{s}(t)$  (bij een konstante  $G$ ) de bestuurbaarheid door het probleem van de routinebestuurder op te lossen. Lukt dit laatste niet dan zoekt hij een  $f$  waarbij dat wel mogelijk is. In dat geval wordt de



taak van de routinebestuurder gereduceerd tot die van de routinebestuurder na het verstrijken van de overgangperiode zoals die hiervoor is besproken. De  $\omega_p$ -adaptor ontwerpt op deze wijze een stationair systeem met een stationaire routinebestuurder, toegesneden op een specifieke omgeving en een specifieke  $G$  (als we althans even afzien van ongewenste autonome structuurveranderingen in beide subsystemen). Het lijkt realistisch, evenals voor het ontwerpen van een routinebestuurder, er vanuit te gaan dat het ontwerp partieel is. Daarmee wordt het noodzakelijk de ontwerpactiviteit voort te doen zetten door een  $\omega_p$ -adaptor. Bij een stationaire omgeving zal na verloop van tijd de activiteit van de  $\omega_p$ -adaptor afnemen en tenslotte geheel verdwijnen op een onderhoudsadaptie na.

Bij een stationaire omgeving moeten, samenvattend, gedurende de inschakelperiode in het besturend orgaan, worden aangetroffen:

1. Een routinebestuurder;
2. Een adaptieve functie ten aanzien van de routinebestuurder met een ontwerp karakter;
3. Een adaptieve functie t.a.v. de routineregelaar met een onderhoudsfunctie;
4. Een  $\omega_p$ -adaptor t.a.v. het bestuurd systeem met ontwerp karakter en
5. Een  $\omega_p$ -adaptor t.a.v. het bestuurd systeem met onderhoudsfunctie.

Na verloop van tijd verdwijnen 2 en 4 zeker; 3 en 5 verdwijnen indien geen autonome niet-stationariteit in het bestuurd systeem en de routinebestuurder aanwezig is. Bovendien krijgt de routinebestuurder een zeer eenvoudig karakter.

De vraag naar het optimale model dat aan de activiteit van de  $\omega_p$ -adaptor ten grondslag ligt wordt niet verder besproken.

#### *Het veranderen van de doelstelling $G$*

Zeker niet triviaal zijn mechanismen van  $G$ -adaptie. Zowel op het niveau van het individu (aspiratieniveau) als op het niveau van organisaties (goal-displacement) treft men verschijnselen aan die men zou moeten klasseren als  $G$ -adaptie. Evenals de  $\omega_p$ -adaptor heeft de  $G$ -adaptor tot taak de bestuurbaarheid van het bestuurd systeem te vergroten. Zouden we uitsluitend de effectiviteit bezien dan kan men zich voorstellen dat de  $G$ -adaptor tot taak heeft een voor de  $\omega_p$ -adaptor oplosbaar probleem te definiëren. Een weinig interessante wijze hiertoe zou inhouden dat de  $G$ -adaptor een  $G$  kiest waarvan hij door de oplossing ervan weet dat het probleem voor de  $\omega_p$ -adaptor oplosbaar is. Dit lijkt geen aannemelijke taakverdeling met het oog op de efficiency.

In het algemeen kunnen we opmerken dat de  $G$ -adaptor over een model moet beschikken op basis waarvan de oplosbaarheid van het probleem van de  $\omega_p$ -adaptor kan worden bepaald zonder de taak van de laatste over te nemen. Het ligt voor de hand dat daarbij informatie omtrent de ervaringen van de  $\omega_p$ -adaptor van betekenis is.

Bij een stationaire omgeving zal na het verstrijken van de inschakelperiode ook de  $G$ -adaptor buiten werking worden gesteld op een eventuele onderhoudsfunctie na. Dit blijft het geval ook indien tevens de efficiency in de beschouwing moet worden betrokken, zij het dat dan de mechanismen van  $G$ -adaptie blijven functioneren, ook als de bestuurbaarheid gewaarborgd is indien de probleemoplossingskosten nog te hoog zijn.

We vermoeden dat een diepergaande bespreking van de  $G$ -adaptie noopt tot het conceptualiseren van  $G$  als een hiërarchie van doelstellingen waarbij de invariantie groter is voor elementen die dichter bij de top liggen. Zo zullen met name de bestuurbaarheid en efficiency als elementen van zo'n doelhiërarchie relatief invariant zijn. In elk geval is getracht de taken van de  $\omega_p$ - en  $G$ -adaptie te formuleren in termen van de verhoging van de bestuurbaarheid en de efficiency.

Het is interessant het verschijnsel van doelverschuiving (goal-displacement) te zien als een rationele  $G$ -adaptie teneinde, steeds vanuit de optiek van het systeem, de bestuurbaarheid te verhogen.

Zonder te willen beweren dat hiermede een theoretisch afgeronde en bevredigende analyse is gegeven van de  $G$ -adaptie (we schrijven er vooral korter over dan over de routine besturing omdat we er minder van begrijpen en niet omdat het minder relevant zou zijn) moet toch worden vastgesteld dat empirisch sociaal-wetenschappelijk onderzoek een eerste vereiste is voor het vergroten van het inzicht in dit derde mechanisme waarover systemen kunnen beschikken.

*Enkele opmerkingen m.b.t. de relatie tussen omgeving en organisatiestructuur*

Tot nu is alleen gesproken over systemen met reactieve of passieve stuurkarakteristiek in een stationaire omgeving. We konkludeerden dat van de drie principiële mogelijkheden tot beïnvloeding van de doelbereiking, te weten routinebesturing, structurele wijziging en doelverandering, na het verstrijken van de inschakelperiode, alleen de routinebesturing aanwezig is. Het systeem heeft dan derhalve een stationaire structuur. Immers ook de onderhoudende  $\omega_p$ -adaptie krijgt het karakter van een routinebesturing met

de taak de structuur van  $\omega_p$  te behouden. In termen van J.D. Thompson (1967) heet een omgeving met stationaire structuur stabiel. In zo'n omgeving mag men een vrij sterke benadrukking van regels en routinematige procedures verwachten. De organisatie zal, in termen van Burns en Stalker, van het mechanische type zijn. Dit stemt overeen met datgene wat op grond van systeemtheoretische overwegingen mag worden verwacht, aangezien deze het minstens aannemelijk maken dat dit om redenen van effectiviteit en efficiency inderdaad slim of, zoals Thompson (1967) zou zeggen, rationeel is. Niettemin kan ook de benodigde capaciteit voor de verwerking en de opslag van informatie van deze routinematige besturing de beschikbare capaciteit van de afzonderlijke organisatiebouwstenen te boven gaan. In dat geval zal natuurlijk moeten worden gezocht naar een slimme dekompositie van de bestuurstaak. Beschouwen we het besturend orgaan als black-box met  $n$  inputs en  $m$  outputs. De inputs bevatten informatie over de omgeving en het bestuurd systeem terwijl de outputs de bestuurd maatregelen bevatten. Deze outputs worden, naar verwachting, bij een stationaire omgeving en ná de inschakelperiode deterministisch bepaald door de inputs en de toestanden van het besturend orgaan. Slimme dekompositie houdt dan in, het toewijzen van de stuurtaak van relatief autonome partiële systemen van deze besturende black-box aan relatief autonome subsystemen op een lager aggregatieniveau.

De onderscheiden subsystemen zullen naar verwachting zijn toegesneden op de hun toebedeelde stuurtaak. Verdere systeemtheoretische doordenking leidt dan tot de ondersteuning van de idee dat weinig functionele organen moeten worden verwacht bij een homogene omgeving (Thompson, 1967; Van Dijk, 1972).

De homogeniteit van de omgeving moet dan systeemtheoretisch worden begrepen als de mate waarin de vereisten ten aanzien van de subsystemen in het besturend orgaan verschillen.

Met de bovenstaande redeneringen worden de conclusies van o.a. Thompson (1967) in zoverre bevestigd, dat zij juist zijn ná de overgangperiode, hetgeen voor empirisch onderzoek een essentiële toevoeging is.

Bovendien wordt in de beschouwingen expliciet aandacht gegeven aan de verticale ontbinding van de stuurtaak, hetgeen in de literatuur op het gebied van de organisatiekunde van sociaal-wetenschappelijk signatuur in het algemeen veel minder gebeurt dan bijvoorbeeld op het gebied van de ondernemingsplanning (bv. Ansoff, 1963).

In de volgende paragraaf zullen we proberen het besturingsparadigma uit

te breiden voor niet-stationaire omgevingen. Daarbij is het goed te memoreren welke aanknopingspunten de discussie tot nu toe heeft opgeleverd.

1. De eigenschappen van het besturend orgaan moeten worden verklaard als resultaat van de daaraan gestelde eisen m.b.t. rationele besturing van een zeker systeem in een zekere omgeving bij een zekere doelstelling.
2. Mechanismen voor de doelstelling zijn:
  - de routinebesturing
  - de adaptieve sturing
  - de strategische sturing.
3. Deze besturingsmechanismen kunnen zowel intern als extern zijn gericht.

Belangrijke omgevings- en systeemeigenschappen in dit kader zijn stationariteit, voorspelbaarheid, beïnvloedbaarheid, ontbindbaarheid, beschikbare en vereiste capaciteit tot informatieverwerking. Hierop wordt in par. 7.6.1. dieper ingegaan.

#### 7.2.4. *Het besturingsparadigma samengevat*

Als de aandacht wordt gericht op niet-stationaire omgevingen dan is het goed te bedenken dat stationariteit beschouwd kan worden als een randgeval van niet-stationariteit. Daarmede wordt de discussie over de eigenschappen van de optimale besturing voor stationaire omgevingen een bijzonder geval van de gedachten op het stuk van de niet-stationariteit.

Beschouw systeem  $S$  en omgeving  $E$  als twee gekoppelde systemen. Systeem  $S$  heeft stuurkarakteristiek  $\langle \text{IRS, IAS, ISS, ERS, EAS, ESS} \rangle$ . Omgeving  $E$  heeft stuurkarakteristiek  $\langle \text{IRE, IAE, ISE, ERE, EAE, ESE} \rangle$ . Dit impliceert dat de combinatie systeem-omgeving in principe  $2^{12} = 64 \times 64 = 4096$  verschillende vormen van sturing kan hebben.

Bij de nadere verduidelijking van de stuurkarakteristiek stellen we ons op het standpunt van het systeem.

#### *Interne routinesturing (IRS)*

De interne routinebesturing van het operationele of logistieke systeem (Miller en Rice, 1967; Ansoff, 1968) heeft betrekking op de besturing van het productiesysteem bij konstante structuur en doelstelling. Dit geschiedt op basis van informatie over storing, toestand en systeemvergelijkingen. Een adaptief mechanisme draagt zorg voor een verbetering van effectiviteit en

efficiency van deze routine bestuurder.

Deze routinesturing heeft een tijdsconstante die, relatief ten opzichte van de tijdsconstante (looptijd) van het produktiesysteem, kort is. Men moet verwachten dat de IRS-sturing betrekking zal hebben op de deelsystemen met relatief stationaire structuur. Daarnaast moet een verdeling van de taak van IRS over haar subsystemen zo geschieden, dat de kosten van de coördinatie tussen de deeltaken zo gering mogelijk zijn. Dit kan worden bevorderd door de subsystemen relatief onafhankelijke deelsystemen te laten besturen. De mate van decentralisatie hangt dan af van de mate waarin deze ontbinding in relatief onafhankelijke deelsystemen mogelijk is. Met andere woorden: de structuur van het BO belast met de IRS taken zal maximaal gedecentraliseerd zijn onder de voorwaarde dat de coördinatie, die geminimaliseerd is door de dekompositie naar relatief autonome deelsystemen, wordt gerealiseerd. Deze redenering sluit aan bij de konklusies van Negandhi en Reimann (1972). Zij vinden dat decentralisatie ook optreedt en bevorderlijk is voor de efficiency bij stabiele omgevingscondities.

Afnemende isomorfie van de subsystemen van het BO met de IRS taak correspondeert dan met toename van specialisatie. Afnemende isomorfie leidt vermoedelijk tot centralisatie van de adaptieve mechanismen in het subsysteem van het BO dat met de interne routinebesturing is belast.

#### *Intern adaptieve besturing (IAS)*

De interne adaptieve sturing richt zich op wijziging van de structuur van het logistieke systeem bij een konstante doelstelling. Ze is gericht op het oplosbaar maken van het probleem van de IRS sturing. Deze taak kent twee elementen: het ontwerp van een geschikte structuur en het onderhouden daarvan. Dat laatste taak-element heeft een sterker routinematig karakter dan het eerste. Het tijdsperspektief ervan is ook korter. De looptijd van de IAS sturing is echter, voor beide taakelementen, langer dan die van de IRS sturing.

De IRS sturing is in verband gebracht met de stationaire deelsystemen. Het ligt voor de hand de IAS sturing met de niet stationaire deelsystemen in verband te brengen.

#### *Intern strategische sturing (ISS)*

We zijn hierover kort. De discussie verloopt analoog aan de vorige met dien verstande dat zij zich afspeelt op *G*-niveau, daarmede een nog langere tijdsconstante bezit, als geheel minder routinematig verloopt dan de IAS sturing en binnen de mogelijkheden tracht haar taak zo efficiënt mogelijk te vervullen.

*Externe routinesturing (ERS)*

Deze sturing richt zich op het beïnvloeden van de omgeving. Zij heeft hetzelfde karakter als de IRS sturing met dien verstande dat zij gericht is op de omgeving. Evenals voor de IRS sturing is voor de ERS sturing de bestuurbaarheid van belang. We menen dat dit met de relatieve machtsverhouding tussen systeem en omgeving in verband moet worden gebracht.

*Extern adaptieve sturing (EAS)*

Analoog de IAS sturing heeft de EAS sturing tot taak het probleem voor de ERS sturing oplosbaar te maken. Bij structurele wijzigingen kan men, om de gedachten te bepalen denken aan verschijnselen als kontrakten met leveranciers, beïnvloeding van de structuur van onderwijsprogramma's, wettelijke maatregelen, zoeken van andere reclamekanalen etc.

*Extern strategische sturing (ESS)*

Kort gezegd tracht hierdoor het systeem normen en waarden te exporteren met het doel, de omgeving in een voor het systeem gunstige zin te beïnvloeden.

Deze zes mechanismen kunnen voorshands worden gebruikt als een soort check-list. Bij de rationele structurering van organisaties kan men nagaan hoe de stuurkarakteristiek van de organisatie is. De beschouwingen geven enige richtlijnen omtrent hoe deze zou moeten zijn. Ook ten aanzien van de interne structuur van elk mechanisme zijn enkele suggesties geleverd.

Een bespreking van de stuurkarakteristiek van de omgeving leidt snel tot het machtsverschijnsel.

Hier immers kan, gezien vanuit het gezichtspunt van het systeem, sprake zijn van een besturing van het systeem door de omgeving. Indien de stuurkarakteristiek van de omgeving van de vorm  $\langle \text{IRE}, \text{IAE}, \text{ISE}, 0, 0, 0 \rangle$  is (reactief), dan valt het nog wel mee. Er is dan sprake van een asymmetrische beïnvloedingsstructuur waarbij ERS invloed uitoefent op de IRE, de EAS op de IAE en de ESS op de ISE terwijl de reciproke sturing niet optreedt. Is er evenwel sprake van besturing van het systeem door zijn omgeving dan is het van belang dat de IAS een nieuwe taak krijgt en wel: het verminderen van de beïnvloedingsmogelijkheden van het systeem door de omgeving. Voorts is in die situatie de ESS sturing van grote betekenis.

Naast de in het voorgaande door ons gekozen benadering, kan ook worden geprobeerd door middel van informatietheoretische aanzetten inzicht te

verkrijgen in de eigenschappen van optimale bestuursorganen. Elders (de Leeuw, 1973a) zijn we hierop ingegaan.

Wel is de verleiding groot om naast de besturingskarakteristiek van een systeem een bestuurbaarheidskarakteristiek te introduceren. Daarmee bedoelen we dan een drieling (BRS, BAS, BSS) welke aangeeft in hoeverre het systeem van buitenaf op *R*, *A* en *G* niveau beïnvloedbaar is.

In het volle besef dat we niet meer hebben gedaan dan het geven van een schets besluiten we deze paragraaf.

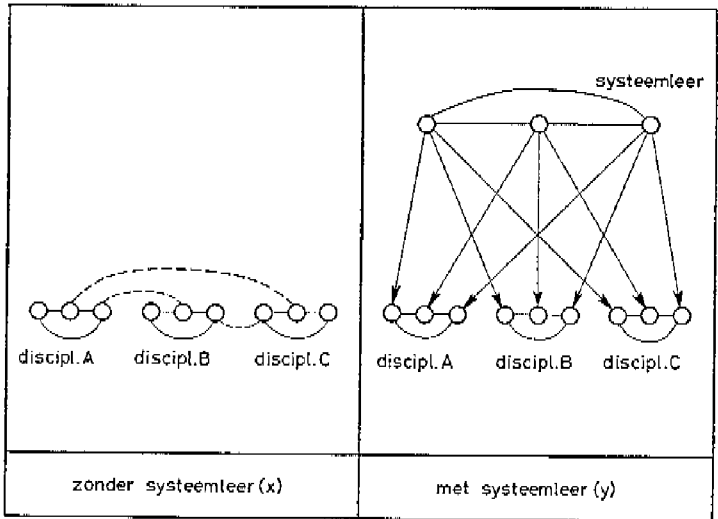
### 7.3. BIJDAGEN TOT DE PRAGMATIEK

De ervaring leert, dat de systeemleer een andere kijk geeft zowel op de kennisbrokken van de verschillende disciplines alsook op de organisatiekundige realiteit. Nu is dit een bewering, die weliswaar aannemelijk kan worden gemaakt, maar pas wetenschappelijke ondersteuning verkrijgt door psychologisch (evt. sociaal-psychologisch) empirisch en theoretisch onderzoek van het probleemoplossend gedrag van organisatiekundigen mét, en organisatiekundigen zónder kennis van de systeemleer.

Daarom wordt volstaan met het tentatief formuleren van enkele aannemelijkheden, die voor zulk een onderzoek evenzovele vraagtekens zouden zijn.

We stellen ons voor, dat de organisatiekundige beschikt over een verzameling van concepten, deels verworven door formele studie en opleiding en deels verworven in de alledaagse ervaring. In het algemeen kan men stellen, dat er van een zekere samenhang in deze verzameling sprake is. Zij kan m.a.w. vermoedelijk vruchtbaar als systeem worden beschouwd. Kiezen we nu zodanige subsystemen dat deze relatief veel interne en weinig externe relaties hebben (relatief autonoom) dan is het niet onwaarschijnlijk dat deze subsystemen zich laten etiketteren met namen van discipline kennisgebieden. Deze gebieden zijn onderling zwak verbonden. Een integrale benadering vereist evenwel een coherent en consistent systeem van concepten uit meerdere relevante kennisgebieden. Nu is het aannemelijk, dat de systeemleer de onderlinge integratie van de discipline subsystemen van concepten kan bevorderen. De systeemleer tracht immers zodanige concepten te ontwikkelen, dat deze in meerdere disciplines kunnen worden benut.

Schematisch stellen we ons het systeem van concepten van de organisatiekundige mét en zónder kennis van de systeemleer dan ook als volgt voor (fig. 7.6.).



Figuur 7.6. Systeem van concepten mét en zonder systeemleer.

In geval *y* zijn de disciplinaire concepten interpretaties van de algemenere systeemconcepten. Dientengevolge zijn de relaties tussen de disciplinaire concepten groter hetgeen leidt tot een meer integrale benadering, aangezien de wereld wordt begrepen vanuit het systeem van concepten. Het beeld dat wordt gevormd van een organisatieverschijnsel blijft noodzakelijkerwijs immers binnen dat systeem. De konklusie ligt voor de hand: de systeemleer bevordert de coherentie van het systeem van concepten en daarmee een meer integrale benadering.

Kenmerkend voor de heuristische denkprocessen bij het oplossen van problemen is het associatieve denken. Het is niet onredelijk te veronderstellen, dat een toenemende coherentiegraad van het systeem van concepten bevorderlijk is voor deze associatieve denkprocessen. Dit houdt in dat een disciplinaire conceptie van een verschijnsel, tengevolge van de associaties met andere kennisgebieden eerder tot een meer integrale visie zal uitgroeien. De hiërarchische structuur van het systeem van concepten, waarvan het ontstaan wordt bevordert door de systeemleer, lijkt uit het oogpunt van opslag van informatie doelmatig.

De communicatie met beoefenaren van andere wetenschappen, nodig in verband met bepaalde praktijkproblemen, kan door de taal van de systeem-



leer worden vergemakkelijkt. Aangezien dit een der meest genoemde voordelen betreft laten we het bij de konstatering.

Indien een praktijkvraagstuk vraagt, dat men zich inwerkt in een of meer wetenschapsgebieden of delen daarvan, kan kennis van de systeemleer dit inwerken vergemakkelijken.

Van de genoemde mogelijke voordelen van de systeemleer in het kader van de pragmatiek zijn, voor de vraag naar de integrale benadering, vooral van belang de bevordering van de coherentie van het systeem van concepten van individuele onderzoekers alsook de coherentie van het kollektieve systeem van concepten van een aantal onderzoekers van verschillende disciplineaire herkomst. Toename van de coherentie van beide systemen bevordert een meer integrale benadering.

Tenslotte wijzen we er op dat, in de mate dat de praxeologie en de theorie bijdraagt tot de impliciete theorie van organisatiekundigen, verbetering van de theorie en de praxeologie eveneens in pragmatisch opzicht positief moet worden gewaardeerd.

#### 7.4. BIJDAGEN TOT DE PRAXEOLOGIE

Voor de nadere bespreking van de bijdrage van de systeemleer tot de integrale benadering wat het praxeologische aspekt betreft, zijn er tenminste twee mogelijke wegen te bewandelen. Men kan uitgaan van de these, dat een meer integrale praxeologie, die immers een meer integrale benadering vooronderstelt, meer hulp biedt bij het oplossen van praktijkproblemen. Dan kan worden volstaan met aannemelijk te maken dat de systeemleer het ontstaan van een meer integrale praxeologie bevordert. Insteede van deze omweg prefereren we aannemelijk te maken, dat het ontstaan van een praxeologie wordt bevorderd door de systeemleer, in het midden latend of die al dan niet meer integraal is.

Een praxeologie kan worden gezien als een systeem van richtlijnen voor praktisch organisatorische vraagstukken. Bezien we nu de ontwikkeling van de organisatiekunde, dan kan worden gesteld, dat het in feite veelal draait om vraagstukken van organisatiestructuur. De klassieke organisatieleer formuleerde richtlijnen voor de wijze waarop een totale organisatieleer moest worden verdeeld in deeltaken, en voor de wijze waarop vervolgens deze taken moesten worden verbonden. Twee kontrasterende structuurvormen, waarvan latere vormen van organisatiestructuur in zeker opzicht

varianten zijn, werden door Taylor en Fayol geformuleerd. We doelen op de funktionele, respectievelijk lijnorganisatie. Van deze grondvormen is de laatste veruit het meest uitgewerkt en vormt tezamen met principes als de spanwijdte van de leiding, het antwoord van de klassieke organisatieleer op de vraag hoe een organisatie moet worden gestructureerd. Eigenschappen van de omgeving, de technologie, alsmede de inpassing van organisatieleden in de organisatie vormen vragen welke noch gesteld noch beantwoord konden worden binnen het conceptuele schema van de klassieken.<sup>1</sup>

Het organisatie-model van de human relations beweging, waarbij de nadruk wordt gelegd op de inpassing van organisatieleden in een organisatorische omgeving, kan ook worden beschouwd als gericht op vragen m.b.t. de organisatie-structuur. Ook deze benadering formuleerde immers richtlijnen omtrent de wijze waarop organisaties dienden te worden gestructureerd. Centraal element bij deze richtlijnen is de these, dat organisaties goed functioneren als zij zijn opgebouwd uit harmonieuze groepen in een 'friendly' organisatieomgeving. Wederom ontbreken eigenschappen van de omgeving van de organisatie als geheel terwijl ook de technologie nog nauwelijks in de beschouwing werd betrokken.

De derde fase, de 'moderne periode' (Scott, 1961) tracht de klassieke en de neo-klassieke stadia onder een noemer te brengen. Merkwaardigerwijs zijn echter de richtlijnen, voorzover al aanwezig, in essentie niet veranderd. De meest wezenlijke stap voorwaarts, die is gezet door de moderne auteurs tot de zestiger jaren, is een vergroot inzicht in het functioneren van organisaties. Men kan daarbij denken aan concepten als 'satisficing', vorming van koalities, doelverschuiving en het besluitvormingsparadigma. Technologie en omgeving vormden echter nog een relatief verwaarloosd gebied. Van betekenis is dus vooral de integratie van inzichten uit eerdere perioden. Tot praxeologische elementen is het echter nauwelijks gekomen. Onder verwijzing naar par. 7.2. zij evenwel gememoreerd, dat de pragmatische betekenis niet moet worden onderschat. De inzichten van auteurs als Simon en March betekenen zonder twijfel een doorbraak in het organisatie-denken. Zij geven een relatief andere kijk op het organisatiefenomeen.

Het huidige stadium van de organisatiekunde kenmerkt zich vooral door een centrale betekenis van de omgeving en de technologie. Wonderlijk en boeiend is het, dat in allerlei opzicht de cirkel wordt gesloten. Wederom

1. Waarmee niet gezegd is dat deze aspecten door de desbetreffende auteurs niet werden gezien. Zo zag bv. Taylor zijn werk als een belangrijke bijdrage tot het welbevinden van de arbeider in zijn werksituatie.

tracht men richtlijnen te formuleren voor de structurering van organisaties. Ze worden echter konditioneel t.o.v. de omgeving en de technologie geformuleerd. Er is sprake van een zekere herwaardering van beginselen als de spanwijdte van de leiding, hoewel de term als zodanig niet wordt gebruikt. Als een representatief werk in deze laatste fase moet 'Organizations in Action' van J.D. Thompson worden vermeld (Thompson, 1967).

Thompson representeert tevens de toenadering tussen prescriptie en descriptie die voor de huidige fase kenmerkend is. Zijn 'under norms of rationality konditie', welke elke propositie voorafgaat, spreekt uit dat de propositie geldt indien en voorzover deze een rationele, d.i. beargumenteerbare, oplossing beschrijft voor een vraagstuk van besturing, beheersing en beïnvloeding. Extreem gesteld moet de gehele theorie van J.D. Thompson worden beschouwd als een tautologisch systeem. Immers zodra aan een propositie in een specifieke situatie niet is voldaan is de konklusie voor de hand liggend, dat in dat geval kennelijk niet aan de 'norms of rationality' is voldaan.

Nu betekent deze visie geenszins, dat de theorie geen empirische betekenis zou hebben. We komen hierop later terug (zie par. 7.6.3.). De praxeologische waarde van het werk van Thompson en andere onderzoekers van de vierde fase ligt hierin besloten, dat alle proposities kunnen worden gelezen als evenzovele richtlijnen voor praktisch organisatorisch handelen.

De systeemleer, en in het bijzonder het besturingsparadigma, kan de praxeologische elementen van deze 'organizational-ecology' ondersteunen en voorts de integratie tussen de verschillende conceptuele kaders vergroten.

Het is duidelijk dat een verbetering van de descriptieve theorie een grote invloed heeft op de verbetering van de praxeologie. Zeker waar in dit geval de toenadering tussen descriptie en prescriptie wordt bevorderd kan daarom moeilijk worden ontrafeld wat de specifieke rechtstreekse bijdrage is aan de praxeologie. Niettemin kan worden gekonstateerd dat de systeemleer en in het bijzonder het besturingsparadigma richtlijnen verschaft met betrekking tot organisatieontwerp zoals de voorgaande discussie heeft verduidelijkt. Tosi, Aldag en Storey (1973) merken m.i. terecht op: 'This approach is reminiscent of some of the criticism leveled at Taylor and Fayol, that is, they believed that there is one best way. Modern theorists associated with the contingency school now argue that there is one best way, but it all depends'. M.a.w.: wat de beste manier is hangt af van de situatie in kwestie. We voegen daaraan toe dat de nieuwe rationele benadering daaraan tracht toe te voegen 'how it all depends'. Het is goed te bedenken dat de beschouwingen van de voorgaande paragrafen van toepassing zijn op organisaties, doch ook

op delen daarvan, terwijl niets belet organisatie en omgeving op verschillend aggregatieniveau te beschouwen.

Ook de dekompositie van omgeving en bestuurd systeem is van groot belang. Zij leidt o.m. tot de mogelijkheid een gedifferentieerde karakterisering van de omgeving te geven. Zo zal in het algemeen niet elk omgevingssegment dezelfde karakteristieken hebben. Wellicht is een grondstoffenmarkt stationair terwijl tezelfdertijd de personeelsmarkt onderhevig is aan doelstellingswijziging. Zeer schematisch moet men dan ook bij organisatie-(her)ontwerp de omgeving en het bestuurd systeem opdelen in relatief onafhankelijke deelsystemen. Vervolgens dient van elk van deze deelsystemen de karakteristiek te worden vastgesteld. Daarna kunnen de besturende organen worden ontworpen met de heuristische instrumenten van het besturingsparadigma als hulpmiddel. Nu kan men zich afvragen 'waar de mens blijft' in deze praxeologie. In par. 7.6. zullen we daarop ingaan.

#### 7.5. BIJDRAGEN TOT DE METHODE

In par. 7.1. gaven we kort aan dat het hier gaat om bijdragen tot de methode van het theorievormend onderzoek en tot de methode van het meer praktijkgerichte onderzoek. Nu is het zeer moeilijk, zo niet onmogelijk, de bijdrage tot de methode te bespreken los van de bijdrage tot de theorie. Theorie en methode zijn immers innig verweven. De systeemleer zoals die in deze studie is besproken, kent ook tal van punten die men met evenveel recht bij de methode als onder de theorie kan rangschikken. Niettemin voelen we meer voor het benadrukken van het methodisch aspect aangezien de systeemleer als zodanig geen theorie, laat staan een empirische theorie is. De systeemleer is veeleer een theorieënbouwdoos. Zoals met iedere bouwdoos kan men ermee bouwen wat men wil doch binnen de grenzen van de doos. Keuze voor een systeemtheoretische benadering impliceert dan keuze voor deze begrenzingen. Het is duidelijk dat de keuze van de bouwdoos een methodische keuze is. Behalve dit, vaak vergeten, doch belangrijke methodische aspect dat met de keuze van paradigmata of meta-theorieën gepaard gaat, zijn er nog andere punten van methodische aard die weliswaar niet exclusief doch wel specifiek zijn voor de systeemleer. We noemen er enkele.

De systeemleer eist aan het begin van elk onderzoek een aanduiding van het onderhavige systeem alsmede het aggregatie-niveau waarop het wordt bestudeerd. Deze aanduiding moet betrekking hebben op objectenverzameling,

omgeving, interne en externe structuur. De keuze van een deelsysteem dient gerelateerd te zijn aan het doel van het onderzoek. Vooral bij praktijkonderzoek zal het systeemdoel moeten worden geformuleerd. De systeemleer geeft daarbij richtlijnen. De begrippen partieel-systeem, fasesysteem en subsysteem waken tegen modeloverspanning. Heeft men aldus vastgesteld van welk deelsysteem een model moet worden gemaakt dan helpt de modelklassifikatie bij het zoeken van een potentieel model. Hanken en Reuver (1973) geven in het kader van de bespreking van de modelcyclus een uitgebreide check-list.

Bij de bouw van modellen van concrete systemen kan ook de volgende methode nuttig zijn. Het is een grappige, eenvoudige en nuttige methode die, zover ons bekend is, in de literatuur niet wordt beschreven. De methode berust op het principe, dat een black-box met  $n$  ingangen en  $m$  uitgangen kan worden vervangen door  $m$  black-boxes met  $n$  ingangen en één uitgang. Ze bestaat uit twee fasen en is erop gericht na te gaan of geen relevante in- en outputs zijn vergeten.

*Fase A.* Stel u op het standpunt van het systeem en ga voor elk der outputs na of deze door de tot heden toe aangegeven inputs worden verklaard. Voeg inputs toe als dit niet het geval is en ga daarmee door totdat het wel het geval is.

*Fase B.* Stel u op het standpunt van de omgeving en ga voor elk der inputs van het systeem (outputs van de omgeving) na of deze worden verklaard door tot op heden aangegeven outputs van het systeem (inputs van de omgeving).

Men moet natuurlijk beide fasen een aantal malen doorlopen. Het is duidelijk dat de methode het partiële karakter van een model niet kan wegnemen. Elk model is immers partieel.

Ze kan echter wel bij het verstandig kiezen van een deelsysteem behulpzaam zijn.

Terecht zou men, in het kader van deze studie, in het bijzonder de vraag stellen naar de bijdrage van de systeemleer tot de integraliteit van de methode. Deze bijdrage geschiedt langs twee wegen. In de eerste plaats zijn de methodische en methodologische aspecten en richtlijnen onafhankelijk van de discipline. Daardoor wordt de methode meer integraal, in de zin van bruikbaar in alle deeldisciplines.

In de tweede plaats laat de systeembenadering node toe dat aspecten onbewust worden veronachtzaamd. Juist door de keuze van een deelsysteem als

probleem te zien en te bespreken, wordt bevorderd dat zo'n deelsysteem verantwoord wordt gekozen. Methodisch predisponeert de systeemleer daardoor tot meer integrale modellen indien dat bij het geformuleerde onderzoeksdoel zinvol is. Deze laatste toevoeging is wezenlijk. Het gaat immers niet om het integreren van aspecten die er met de haren zijn bijgehaald. Het gaat om het integreren van die aspecten, welke gezamenlijk tot een verantwoorde en bevredigende probleemdefinitie, modelbouw en probleemoplossing bijdragen. Voor het theorievormend onderzoek, het zij ten overvloede nog eens vermeld, geldt dit natuurlijk evenzeer, zij het dat het probleem dat de theorie moet oplossen het probleem is van de beschrijving, verklaring en voorspelling van verschijnselen. Ook daarbij gaat het er niet om de psychologische aspecten erbij te halen omdat zulks zo goed staat, doch omdat dit tot een bevredigende verklaring etc. kan bijdragen.

We wijzen er nog op dat het in het voorgaande besproken paradigma van de besturing impliciet een methode geeft voor praktijkonderzoek. Voor al die praktijkvragen, die als besturingsvraagstukken kunnen worden geïnterpreteerd, kan immers worden nagegaan of de wijze van besturing overeenstemt met die in het paradigma. Daartoe wordt het te onderzoeken systeem beschreven in termen van het besturingsparadigma. De geconstateerde afwijkingen geven dan aanleiding om nader te onderzoeken om welke redenen de afwijkingen van het besturingsparadigma niettemin rationeel zijn ten opzichte van een ander standpunt. Vindt men deze verklaring niet, dan geeft zo'n afwijking suggesties voor verbetering.

#### 7.6. BIJDRAGEN TOT DE THEORIE

In het voorgaande zijn allerlei bijdragen van de systeemleer tot de theorie en de theorievorming gereleveerd. Zij hadden bijvoorbeeld betrekking op de taal. Drie punten willen we in deze paragraaf in het bijzonder belichten omdat die naar ons oordeel van beslissende invloed zijn voor de ontwikkeling van de organisatiekunde. Gedoeld wordt op de toenadering tussen prescriptie en descriptie, op de toepasbaarheid van begrippen op verschillende aggregatieniveaus en op de betekenis van het besturingsparadigma als kandidaat kenobjekt voor een interdisciplinaire theorie.

De bijdragen van de systeemleer tot de theorievorming zullen worden besproken in vier paragrafen.

In par. 7.6.1. zullen enkele opmerkingen worden gemaakt over de recente kontingentietheorieën. Daarnaast zal, aan de hand van het besturingsparadigma, worden getracht een bijdrage te leveren aan het ontwerp van een adequate omgevingstypologie door het preciezer afbakenen van begrippen alsook door het aandragen van eigenschappen die volgens het besturingsparadigma relevant zijn voor de relatie tussen technologie en omgeving enerzijds en organisatiestructuur anderzijds.

In par. 7.6.2. wordt het thema harmonie en konflikt, dat vaak in contrasterende zin wordt besproken, in het kader van de systeemleer nader beschouwd. Met name zal daar plausibel worden gemaakt dat in termen van de systeemleer over konflikt kan worden gesproken.

In par. 7.6.3. zal de toenadering tussen prescriptie en descriptie aan een korte beschouwing worden onderworpen omdat systeemtheoretische gedachten de integratie van de organisatiekunde ook in dit opzicht kunnen bevorderen.

In par. 7.6.4. zal tenslotte worden toegelicht hoe het probleem van de verhouding tussen individu en kollektiviteit met aggregatieniveaus en contextuele strategie in verband kan worden gebracht.

Aan de hand van deze vier thema's uit de organisatiekunde, hopen we de integrerende werking van de systeemleer met betrekking tot de organisatiekunde toe te lichten.

### *7.6.1. Organisatie, omgeving en technologie*

Toen W.G. Scott in 1961 zijn bekende artikel 'Organisation theory: An overview and an appraisal' publiceerde kon een adequate karakterisering van de moderne organisatiekunde worden gegeven door het noemen van auteurs als March en Simon, Likert en Argyris. Scott signaleerde de betekenis van de algemene systeemleer voor de ontwikkeling van de organisatiekunde en deed een aantal voorspellingen.<sup>1</sup> Hoewel inderdaad, konform de voorspelling, thans weer grotere nadruk wordt gelegd op de macro-fenomenen, moet men toch konstateren dat twee uiterst belangrijke ontwikkelingen destijds niet werden vermoed. Deze twee, onderling samenhangende ontwikkelingen hebben betrekking op respectievelijk de relatie tussen technologie en organisatie en de relatie tussen omgeving en organisatie. In de eerstgenoemde ontwikkeling, waarvan de populariteit weer enigszins is af-

1. Helaas herzielt Scott in een recente publikatie (Scott, 1974) zijn inzichten doordat hij, in navolging van velen, aan de systeemleer ten onrechte een harmonieus karakter toeschrijft.

genomen ten bate van de tweede, worden theorieën gevormd waarin eigenschappen van de technologie in verband worden gebracht met eigenschappen van de organisatiestructuur. Daarbij wordt uitgegaan van het idee dat de technologie als verklarende faktor voor de organisatiestructuur moet worden beschouwd. Typend voor deze benadering is het werk van Woodward (1965), Perrow (1967) en Harvey (1968). Van der Zwaan (1972) bespreekt een belangrijk deel van de literatuur met deze signatuur.

De tweede ontwikkeling, die het thans wint aan populariteit, is die waarbij men tracht eigenschappen van de omgeving als verklarende factoren voor de structuur van de organisatie te beschouwen. We noemen het werk van Thompson (1967), Rhenman (1973), Emery en Trist (1965) en Terreberry (1968) als belangrijke voorbeelden van deze tweede stroming.

Nu is het, achteraf gezien, verwonderlijk dat deze ontwikkelingen door Scott niet werden voorzien. Vraagt men immers een regeltechnicus een regelorgaan te ontwerpen, dan zal deze trachten een regelorgaan af te stemmen op het te besturen systeem, de optredende externe verstoringen (omgeving) en de na te streven doelstelling. Het zou daarom ook niet verwonderlijk zijn, indien men bij onderzoek zou vinden, dat er een samenhang bestaat tussen eigenschappen van systeem en omgeving enerzijds en eigenschappen van het besturend orgaan anderzijds. Indien men nu bij het besturen van organisaties uitgaat van de rationaliteitspremissie (Thompson, 1967) dan is het duidelijk dat samenhang tussen omgeving en technologie enerzijds, en organisatiestructuur anderzijds moet worden verwacht. Men behoeft dan immers nog slechts omgeving met externe verstoringen, technologie met het te besturen systeem en organisatiestructuur met het besturend orgaan in verband te brengen. We spreken met opzet niet over identificeren omdat dat, gegeven de globaliteit van deze discussie, niet verantwoord is.

Als men tracht te begrijpen waarom zulk een eenvoudige systeemtheoretische gedachtengang destijds blijkbaar niet werd signaleerd dan kunnen (tenminste) twee redenen worden aangevoerd.

In de eerste plaats werd de systeemliteratuur destijds veel minder dan thans gedomineerd door benaderingen van regeltheoretische komaf. Von Bertalanffy en Boulding stonden meer centraal dan Ashby, Zadeh, Mesarovic en Ackoff.

In de tweede plaats is het vraagstuk van besturing en regeling in de regeltheorie eerst betrekkelijk recent op een meer fundamentele en abstracte wijze gesteld. Zo zijn begrippen als regelbaarheid en waarneembaarheid eerst in de zestiger jaren door Kalman geïntroduceerd. Geleidelijk worden in de



regeltheorie de vuistregels voor het ontwerp en de heuristisch aangevuld door elementen van een ontwerptheorie voor regelaars.

Deze ontwikkeling binnen de regeltheorie en de grote invloed op de algemene systeemtheorie kon moeilijk worden voorzien omdat dit gebied in de systeemtheorie destijds relatief perifeer was doch ook omdat het, wegens de taal, voor veel organisatiekundigen ontoegankelijk was. Ook vandaag is wiskundige symboliek nog bepaald niet voor alle beoefenaren van de organisatiekunde toegankelijk. Dit neemt echter niet weg dat het systeemtheoretisch thema van de rationele besturing aan een belangrijk deel van de bovengenoemde ontwikkelingen in de organisatiekunde ten grondslag ligt. Dit is echter niet steeds expliciet. Zo is het verwonderlijk dat Lawrence en Lorsch (1969) geen verwijzingen geven naar systeemtheoretische auteurs. In 1972 is weliswaar deze band enigermate toegenomen (Lawrence en Lorsch, 1972) doch een verwijzing naar Terreberry (1968) of Emery en Trist (1965), die wel rechtstreeks naar de systeemliteratuur verwijzen, wordt niet aangehouden. Dit geeft enige indicatie voor een mijns inziens ongewenste scheiding. Ongewenst omdat samenbrenging van diverse aanzetten alleszins relevant is. We willen trachten hiertoe een bijdrage te leveren door een aantal verschillende omgevingskenmerken met elkaar en met systeemtheoretische denkbeelden in verband te brengen.

#### *Eigenschappen van omgeving en technologie*

Door vele auteurs zijn voor de organisatiestructuur relevante omgevings-eigenschappen naar voren gebracht.

Lawrence en Lorsch (1969, 1972) onderkennen als relevante omgevings-eigenschappen:

- de mate van zekerheid (onzekerheid);
- de mate van homogeniteit (heterogeniteit);
- de 'dominant competitive issue';
- het patroon en de mate van vereiste interdependentie.

In 1972 voegen zij daaraan het type interdependentie toe, hetgeen aan Thompson wordt ontleend (pooled, sequential and reciprocal; Thompson, 1967).

Emery en Trist (1965) onderkennen vier omgevingstypen:

- placid, randomized;
- placid, clustered;
- disturbed, reactive;
- turbulent field.

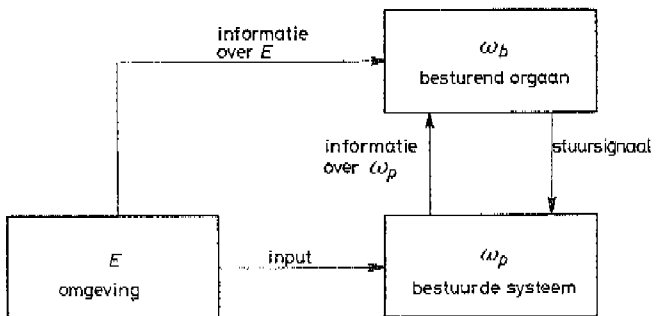
Rhenman (1973) legt bij zijn omgevingstypologie sterk de nadruk op omgevingswaarden en normen:

- free value environments;
- political environments;
- mixed environments.

Thompson (1967) baseert zijn indeling op twee dimensies: de homogeniteit en de stabiliteit. Zijn interdependentietypen worden door hem niet allereerst met de omgeving doch met de technologie in verband gebracht.

Nu is het duidelijk dat de verzameling mogelijke omgevingen op talloze manieren kan worden geparitioneerd alsook dat (daarmee samenhangend) talloze eigenschappen aan omgevingen kunnen worden toegekend. Wil echter zo'n partitie zin hebben dan moeten de gehanteerde indelingscriteria theoretisch vruchtbaar zijn. Voor het onderhavige vraagstuk betekent dit, dat op basis van de theorie moet kunnen worden vastgesteld hoe het optimale besturend orgaan cruit ziet in afhankelijkheid van o.m. de omgevings-eigenschappen.

We nemen daartoe een eenvoudig systeem met stuurkarakteristiek  $\langle IR, IA, IS, 0, 0, 0 \rangle$  en beschreven op hoog aggregatieniveau als uitgangspunt (fig. 7.7.).



Figuur 7.7.

Voor dit eenvoudige systeem zullen we een aantal eigenschappen van de omgeving bespreken die, bezien vanuit het besturingsparadigma, relevant zijn voor de vereiste eigenschappen van het optimale besturende orgaan.

Als dan, zoals boven is gesuggereerd, het model wordt geïnterpreteerd als een organisatie in zijn omgeving, zijn daarmee tevens begrippen geïntroduceerd die relevant zijn voor de in sterke ontwikkeling zijnde kontingentietheorie. In het volgende zal worden ingegaan op:

1. de ontbindbaarheid;
2. de aard van de samenhang;
3. de koördinatiebehoefte;
4. de geheugenlengte;
5. de voorspelbaarheid;
6. de gevoeligheid en de systeemstabiliteit;
7. de homogeniteit.

### 1. Ontbindbaarheid

Het bestuurd systeem  $\omega_p$  wordt als systeem bestuurd juist vanwege de noodzakelijke samenhang tussen de verschillende stuurmaatregelen. We onderscheiden drie redenen die nopen tot samenhang omwille van de effectiviteit van de besturing:

#### a. Ontbindbaarheid van de doelstelling.

Eerder is een doel geformuleerd als een niet triviale deelverzameling  $G$  van de verzameling van de mogelijke toestanden  $D(s(t))$  van het systeem.

In het algemeen bestaat de toestand  $s(t)$  uit componenten zodat

$$s(t) = \langle s_1(t), \dots, s_r(t), \dots, s_n(t) \rangle$$

waarin  $s_i(t) \in D(s_i(t))$  en  $D(s(t)) \subset \prod_{i=1}^n D(s_i(t))$

Kies nu  $s_p(t) \subset s(t)$  en definieer:

$$G_p \subset D(s_p(t)) \text{ en } s_p(t) = s(t) \setminus s_r(t)$$

zodanig dat:

$$G_p = \{s_p(t) \mid \exists s_r(t) (\langle s_p(t), s_r(t) \rangle \in G)\},$$

en analoog

$$G_r = \{s_r(t) \mid \exists s_p(t) (\langle s_p(t), s_r(t) \rangle \in G)\}.$$

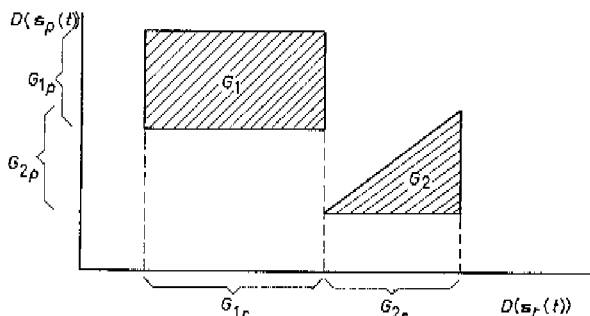
dan heet  $s_p(t)$  doelaautonoom indien  $G = G_p \times G_r$ .

In een figuur laat zich de definitie verduidelijken (fig. 7.8).

Bij doelstelling  $G_1$  zijn  $s_{1p}(t)$  én  $s_{1r}(t)$  doelaautonoom ( $G_1 = G_{1p} \times G_{1r}$ ).

Bij doelstelling  $G_2$  is  $s_{2p}(t)$  nóch  $s_{2r}(t)$  doelaautonoom ( $G_2 \neq G_{2p} \times G_{2r}$ ).

Het ligt voor de hand dat we  $G$  onontbindbaar zullen noemen indien geen doelaautonome  $s_p(t) \subset s(t)$  bestaat.



Figuur 7.8.

Minder formeel kan dit ook anders worden uitgedrukt. Indien het mogelijk is de doelstelling te ontbinden in onafhankelijke deeldoelstellingen dan heet de doelstelling ontbindbaar. In figuur 7.6 is het duidelijk dat dit wel bij  $G_1$  en bij  $G_2$  niet het geval is. De onafhankelijke deeldoelen die bij ontbinding (indien die mogelijk is) ontstaan kunnen betrekking hebben op subsystemen en/of op partiële systemen van het bestuurd systeem  $\omega_p$ . Men kan dan over ontbinding naar subdoelen, respectievelijk ontbinding naar partiële doelen spreken.

Wordt  $G$ , anders dan hier is geschied, niet gedefinieerd als  $G = D(s(t))$  doch als  $G = \prod_{t \in T} D(s(t))$  dan kan ook van ontbinding naar fase-doelen worden gesproken.

b. Ontbindbaarheid van het bestuurd systeem  $\omega_p$ .

Zoals steeds, beschrijven we het gedrag van  $\omega_p$  met behulp van de toestandsvergelijking  $f$ .

$$f: D(s(t)) \times D(u(t)) \times D(x(t)) \rightarrow D(s(t+1))$$

Op analoge wijze als bij a. kunnen we ons voorstellen dat  $\omega_p$  al dan niet ontbindbaar is in autonome deelsystemen.

c. Ontbindbaarheid van de omgeving  $E$ .

$E$  wordt in deze beschouwing gerepresenteerd door de input  $x(t)$ . Ontbindbaarheid van  $E$  betekent daarmee hier ontbindbaarheid van  $x(t)$ . Conant (1968) bespreekt twee typen dekompositie van gekompliceerde systemen, daarbij uitgaande van de informatietheorie. Hij representeert deze systemen door een trajector.

We kunnen hier van zijn inzichten gebruik maken door de inputtrajektor  $x_T$  op de tijdstippen verzameling  $T$  te beschouwen.

Er is dan van twee typen relaties sprake.

Het eerste type heeft betrekking op relaties tussen de componenten van  $x(t)$ . Omdat  $E$  hier als black-box wordt opgevat zou over ontbinding van  $x(t)$  in onafhankelijke sets van componenten kunnen worden gesproken als ontbinding naar partiële omgevingen. Meer algemeen kan over deelomgevingen worden gesproken.

Het tweede type heeft betrekking op de relaties in de tijd. Ontbinding van  $x_T$  in onafhankelijke deeltrajectoren kan ontbinding naar faseomgevingen worden genoemd. Als de omgeving als groter systeem wordt beschouwd kan worden gesproken over ontbinding in faseomgevingen, in subomgevingen en in partiële omgevingen.

Resumerend en inzichten kombinerend verkrijgen we dan 9 ontbindbaarheidstypen die in figuur 7.9 worden samengevat.

	fase	partieel	sub
doel			
systeem			
omgeving			

Figuur 7.9. Ontbindbaarheidstypen.

Nu slaagt natuurlijk in het algemeen zo'n dekompositie niet geheel. Het is mogelijk dat er wel sprake is van relatieve, doch niet van volledige autonomie, temeer daar de drie ontbindingen nog op elkaar moeten aansluiten ook. De relevantie van de ontbindbaarheid voor de besturing ligt zó voor de hand dat daarover niet zal worden uitgeweid. Wellicht enigszins nieuw is, dat we op grond van bovenstaande overwegingen negen typen koördinerende activiteiten zullen aantreffen, elk corresponderend met een cel van figuur 7.9. Daarbij komt nog de activiteit gericht op de koördinatie mechanismen onderling.

## 2. Aard van de samenhang

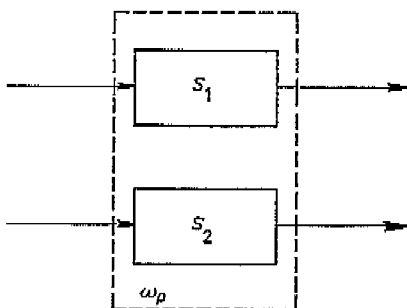
Een tweede voor de besturing relevant aspect is de aard van de samenhang. Bij de dekompositie zijn een aantal deelsystemen onderscheiden die relatief autonoom zijn. Drie grondvormen van koppeling, de parallelschakeling, de

serieschakeling en de terugkoppelschakeling dienen zich aan voor een globale karakterisering van de structuur. Thompson (1967) spreekt over 'pooled, sequential' en 'reciprocal interdependence'. Het is duidelijk dat ook andere structurele begrippen relevant zijn zoals centraliteit, maar ook dat de hiervoor besproken ontbindbaarheid eveneens iets zegt over de aard van de samenhang.

De typen van samenhang à la Thompson zijn relevant voor de vraag naar de eigenschappen van de optimale bestuurder. Om dat aannemelijk te maken moeten Thompson's begrippen in drie eenvoudige systeemmodellen worden vertaald.

*Parallelschakeling, 'pooled interdependence'*

Bij de parallelschakeling zijn er enkele volstrekt autonome deelsystemen van  $\omega_p$  te onderkennen. In deze figuur 7.10 is de situatie geschetst dat  $\omega_p$  in de onafhankelijke subsystemen  $S_1$  en  $S_2$  kan worden ontbonden.



Figuur 7.10. Parallelschakeling.

Nu is de enige reden om de autonome deelsystemen  $S_1$  en  $S_2$  voor de besturing tezamen te nemen gelegen in de doelstelling. Nemen we aan dat het doel van  $\omega_p$  kan worden gerepresenteerd als een deelruimte van de productruimte van de toestandsruimten van  $S_1$  en  $S_2$  dan kan op de bekende wijze de vraag naar de ontbindbaarheid van  $G$  gesteld, en met  $\omega_p$  in verband worden gebracht.

Daartoe zal eerst worden gedefinieerd wat onder een passende ontbinding van  $G$  zal worden verstaan.

*Definitie 7.4: passende ontbinding van de doelstelling  $G$*

Zij:  $D(s_1(t))$  de toestandsruimte van  $S_1$

$D(s_2(t))$  de toestandruimte van  $S_2$

$G \subset D(s_1(t)) \times D(s_2(t))$  niet triviaal het doel van  $\omega_p$

en  $G = G_1 \times G_2$

waarbij

$G_1 \subset D(s_1(t))$

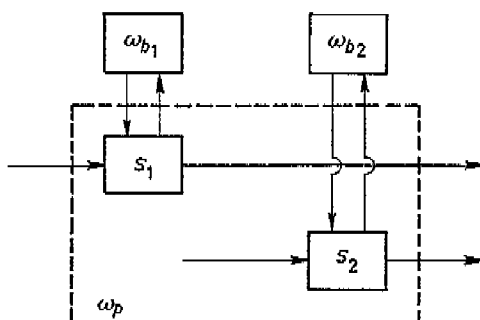
$G_2 \subset D(s_2(t))$

dan heet de ontbinding van  $G$  in  $G_1$  en  $G_2$  passend bij  $\omega_p$ .

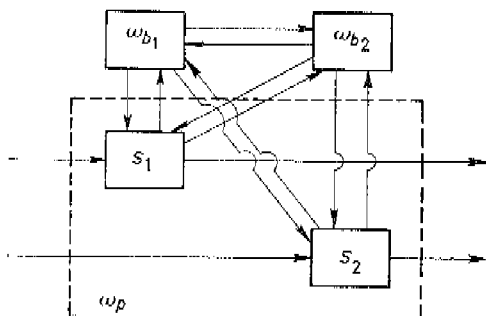
Deze afspraak is begrijpelijk omdat elk subdoel precies op één subsysteem betrekking heeft. Het is duidelijk dat de coördinatiebehoefte mede door de aanwezigheid van passende doeldekomposities wordt bepaald. Parallelschakeling immers vraagt niet zélf om gecoördineerde besturing van de parallelgeschakelde deelsystemen. Daarom neemt de aanwezigheid van passende doeldekomposities de noodzaak tot gecoördineerde besturing weg. De volgende mogelijkheden doen zich voor:

- $G$  is niet ontbindbaar. In dit geval is gecoördineerde besturing noodzakelijk.
- $G$  is passend ontbindbaar. Koördinerende besturing is hier niet noodzakelijk.
- $G$  is ontbindbaar doch niet passend. Ook in dit geval is coördinatie vereist.

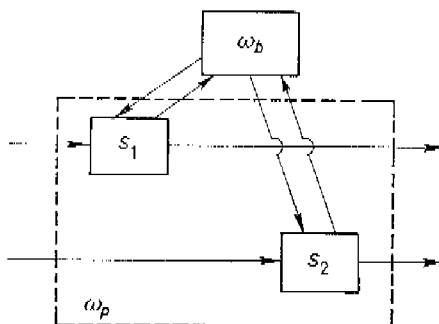
Ten aanzien van de structuur van  $\omega_p$  én besturing verwachten we, schematisch weergegeven:



Figuur 7.11. Parallel,  $G$  is passend ontbindbaar.



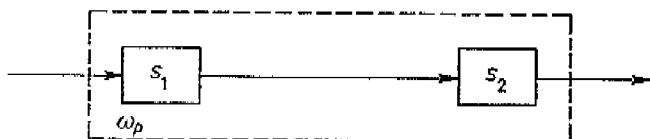
Figuur 7.12. Parallel,  $G$  is ontbindbaar doch niet passend.



Figuur 7.13. Parallel,  $G$  is niet ontbindbaar.

### Serieschakeling, 'sequential interdependence'

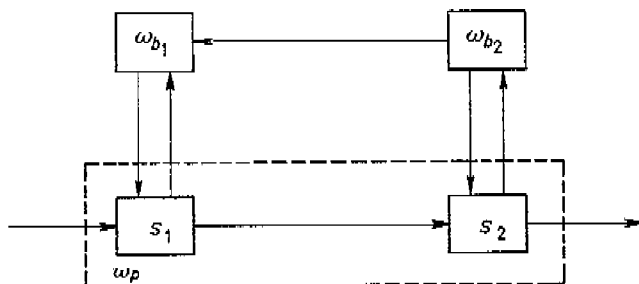
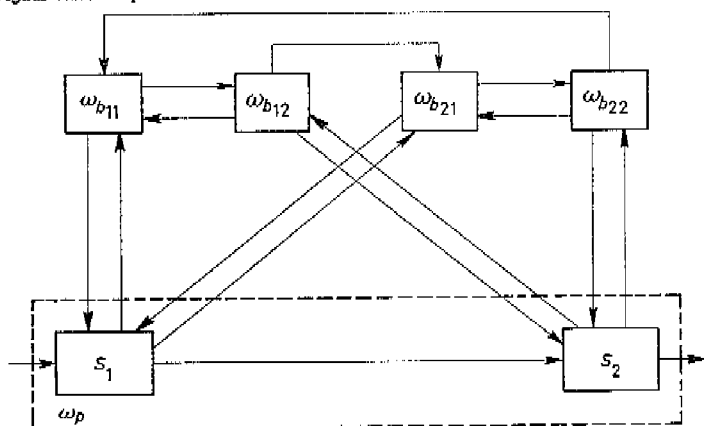
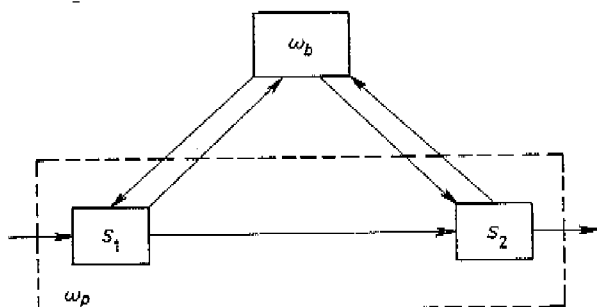
Figuur 7.14 schetst het geval dat  $\omega_p$  bestaat uit twee in serie geschakelde subsystemen  $S_1$  en  $S_2$ .



Figuur 7.14.

Ook hier moeten we niet alleen het type samenhang, doch ook de  $G$ -ontbindbaarheid bezien. Hier verwachten we schematisch weergegeven de volgende structuur.



Figuur 7.15.  $G$  passend ontbindbaar.<sup>1</sup>Figuur 7.16.  $G$  ontbindbaar doch niet passend.Figuur 7.17.  $G$  is niet ontbindbaar.

1. Vgl. par. 7.6.2. type 2,8.

### 3. Koördinatiebehoefte

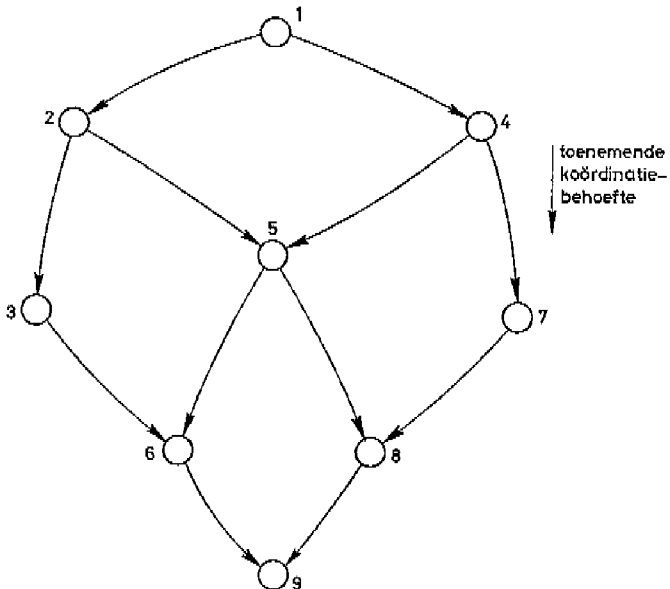
In het voorgaande zijn twee dimensies onderscheiden die samenhangen met de koördinatiebehoefte en wel de ontbindbaarheid van  $G$  en de aard van samenhang binnen  $\omega_p$ .

Bij parallelschakeling is de samenhang uitsluitend gevolg van  $G$ . Bij serie en reciprook is de samenhang gevolg van  $G$  én samenhang in  $\omega_p$ .

Tabel 7.18. geeft de combinaties van ontbindbaarheid van de doelstelling en aard van de samenhang. Figuur 7.19. schetst de gevolgen voor de koördinatiebehoefte.

$\omega_p$	Doel	passend ontbindbaar	niet passend ontbindbaar	niet ontbindbaar
parallel		1	2	3
parallel en serie		4	5	6
parallel en serie én feedback		7	8	9

Tabel 7.18. Combinaties van samenhang en ontbindbaarheid van de doelstelling.



Figuur 7.19. Gevolgen voor de koördinatiebehoefte.

In bovenstaande figuur is aangegeven hoe de coördinatiebehoefte toeneemt in de twee richtingen. Er is echter geen houvast m.b.t. de vergelijking van bv. cel 8 en 6.

#### 4. Geheugenlengte

Het bestuurde systeem heeft in het algemeen een geheugen. De lengte daarvan is van betekenis voor de toekomstige periode die de rationele bestuurder moet betrekken bij zijn beslissing omtrent thans te nemen maatregelen.

Naarmate de geheugenlengte toeneemt moet langer worden vooruitgezien. Men moet verwachten dat de geheugenlengte voor de routinebesturing kleiner is dan die voor de adaptieve sturing. De geheugenlengte voor de  $G$ -sturing zal het grootst zijn.

#### 5. Voorspelbaarheid

Het begrip voorspelbaarheid willen we in verband brengen met:

- de geheugenlengte
- konditionele waarschijnlijkheden en konditionele entropie (in de zin van de informatietheorie)
- ontbindbaarheid van omgeving en bestuurd systeem
- de beschikbare en benodigde informatieverwerkende capaciteit
- waarneembaarheid
- de doelstelling
- de gevoeligheid.

#### *Voorspelbaarheid en geheugenlengte*

Een rationele bestuursbeslissing is een beslissing welke wordt gebaseerd op een voorspelling omtrent het gedrag van het bestuurde systeem in de toekomstige periode voorzover dit gedrag mede door deze beslissing wordt beïnvloed. Dit impliceert dat de voorspelbaarheid moet worden betrokken op de in deze zin aangeduide relevante toekomstige periode. Indien de geheugenlengte van het bestuurde systeem  $L$  is, dan zal de voorspelling van het systeemgedrag ten behoeve van de beslissing op  $t_0$  betrekking moeten hebben op de periode  $(t_0, t_0 + L)$ . Daarnaast is ook de doelstelling van betekenis. De doelstelling partitioneert nl. de verzameling trajektoren in ekwivalentie-klassen. Als eenvoudig voorbeeld om de gedachten te bepalen, kan men zich voorstellen dat weliswaar de beslissing op  $t_0$  nog invloed heeft op het systeemgedrag na  $t_0 + L_g$  (waarbij  $L_g < L$ ), doch dat dit ten opzichte van de doelstelling indifferent is. In dat geval is de prediktie van het systeemgedrag in de periode  $(t_0 + L_g, t_0 + L)$  natuurlijk overbodig.

Op een verband tussen voorspelbaarheid en geheugenlengte moet nog worden gewezen. Bij de voorspelbaarheid en het geheugen van het bestuurd systeem ging het erom dat men over een langere periode moet voorspellen indien de geheugenlengte groter is. Stel nu dat het rationeel is te voorspellen over de periode  $(t_0, t_0 + L_g)$ . Indien de niet bestuurd (deel-)omgeving een geheugenlengte  $L_E < L_g$  heeft<sup>1</sup> dan betekent dit dat het (deel-)omgevingsgedrag op  $t_0$  niet verder kan worden voorspeld dan  $t_0 + L_E$ . Men zou weliswaar verder willen voorspellen maar de geheugenlengte van de (deel-)omgeving belet zulks. Een korte geheugenlengte van het bestuurd systeem kan dus min of meer positief worden gewaardeerd: men behoeft immers niet ver vooruit te zien. Het bestuurd systeem reageert snel.

Een korte geheugenlengte van de, niet bestuurd, deelomgeving moet daarentegen (in sommige gevallen) negatief worden gewaardeerd.

#### *Voorspelbaarheid en entropie*

Datgene wat bekend is over het gedrag van een zekere  $\mathbf{z}(t_0)$  gedurende de periode  $(t_0, t_0 + L)$  kan worden beschreven met een (a-priori) kansdichtheid  $p(\mathbf{z}_{(t_0, t_0+L)})$ .

Informatie omtrent  $\mathbf{z}_{(t_0, t_0+L)}$  is bevat in  $\mathbf{i}_{(-\infty, t_0]}$  indien:

$$p(\mathbf{z}_{(t_0, t_0+L)} | \mathbf{i}_{(-\infty, t_0]}) \neq p(\mathbf{z}_{(t_0, t_0+L)})$$

Men ziet hieruit onmiddellijk het verband met het geheugen indien men voor  $\mathbf{i}_{(-\infty, t_0]}$  kiest  $\mathbf{z}_{(-\infty, t_0]}$ .

De informatietheorie<sup>2</sup> hanteert als maat voor de onzekerheid in een variabele  $x$  de hoeveelheid selectieve informatie die (voor het diskrete geval en eindig alfabet) wordt gedefinieerd als:

$$H(x) = - \sum_{x_i \in D(x)} p(x = x_i) \log p(x = x_i)$$

Voor de konditionele entropie, oftewel de gemiddelde hoeveelheid selectieve informatie in  $x$  als  $y$  bekend is, hanteert men:

$$H(x | y) = - \sum_{y_i \in D(y)} p(y = y_i) \sum_{x_i \in D(x)} p(x = x_i | y = y_i) \log p(x = x_i | y = y_i)$$

oftewel:

$$H(x | y) = - \sum_{y_i \in D(y)} \sum_{x_i \in D(x)} p(x = x_i, y = y_i) \log p(x = x_i | y = y_i)$$

De winst aan zekerheid omtrent  $x$  die men krijgt doordat  $y$  bekend is heet

1. In feite is het niet zozeer de geheugenlengte van de omgeving als wel de geheugenlengte van het model van de omgeving waar het om gaat.
2. Zie bv. Garner (1962). Het is niet nodig doch ook niet mogelijk hier meer dan een summiere en oppervlakkige behandeling van de informatietheorie te geven.

de transmissie van  $y$  naar  $x$ . Noteren we deze als  $T(y:x)$  dan geldt per definitie:

$$T(y:x) = H(x) - H(x|y)$$

Steeds geldt:  $T(y:x) \geq 0$

Nu neemt  $H(x)$  toe bij grotere onzekerheid. Daarom ligt het voor de hand  $V(x)$ , de voorspelbaarheid van  $x$ , te definiëren als  $V(x) = K(H(x))$  waarbij  $K$  een monotoon dalende functie is.

Zo definiëren we:

$$V(x) = K(H(x)) \quad \text{als de voorspelbaarheid van } x$$

$$V(x|y) = K(H(x|y)) \quad \text{als de voorspelbaarheid van } x \text{ op basis van } y$$

We beschouwen  $T(y:x)$  als een maat voor de voorspelbaarheidswaarde van  $y$  voor  $x$ .

Stel nu dat er op tijdstip  $t_0$  een beslissing moet worden genomen waarbij, op basis van de geheugenlengte (relatief t.o.v. de doelstelling), het gedrag over de periode  $(t_0, t_0 + L)$  moet worden voorzien. Onderstel voorts dat de tijd benodigd voor de informatieverwerking die aan de beslissing vooraf gaat gelijk is aan  $W$ . Dat impliceert dat de voorspelling van  $z_{(t_0, t_0 + L)}$  moet geschieden op basis van  $i_{(t_{\min}, t_0 - W)}$

Voor de besturing zijn nu in het bijzonder van belang:

$$V(z_{(t_0, t_0 + L)} | i_{(t_{\min}, t_0 - W)})$$

en

$$T(i_{(t_{\min}, t_0 - W)} : z_{(t_0, t_0 + L)})$$

Deze uitdrukkingen suggereren een aantal maatregelen die kunnen worden genomen om de voorspelbaarheid te vergroten:

1. Veranderen van de componenten van  $i$  (zoeken van nieuwe informatiebronnen)
2. Vervroegen van  $t_{\min}$  (een groter deel van het verleden beschouwen)
3. Verkleinen van  $W$  (snellere informatieverwerking).

Deze maatregelen kunnen slechts zin hebben als daarmee  $T$  toeneemt. We gebruiken met opzet de term kunnen omdat de winst aan voorspelbaarheid nog moet worden gerelateerd aan de daarmee gepaard gaande kosten van informatieverwerking, en het belang van die winst t.o.v. de doelstelling. Die voorspelbaarheid die maximaal bereikbaar is door de drie genoemde maatregelen stelt een principiële beperking aan de zin van besturing. Als de toekomst niet kan worden voorspeld, i.e. als

$$T(i_{(t_{\min}, t_0 - W)} : z_{(t_0, t_0 + L)}) = 0$$

dan heeft besturing geen zin.

De resulterende  $V$  heeft belangrijke invloed op het type beslissing dat moet worden genomen. Er wordt volstaan met op te merken (zie ook McWhinney, 1968) dat de beslissingen, onder zekerheid, onder risico, onder onzekerheid, onder ongestructureerde onzekerheid, in de genoemde volgorde corresponderen met een afnemende voorspelbaarheid.

#### *Ontbindbaarheid en voorspelbaarheid*

Dekompositie van omgeving en bestuurd systeem in relatief autonome deelsystemen opent de mogelijkheid het vraagstuk van de voorspelbaarheid op te delen in de voorspelbaarheden van deze deelsystemen, en de voorspelbaarheid samenhangend met de relativiteit van de autonomie. Naarmate de ontbindbaarheid toeneemt zal de behoefte aan gecoördineerde informatieverzameling en verwerking alsmede besturing afnemen (indien we afzien van de efficiency).

De onderscheiden deelsystemen kunnen vanzelfsprekend sterk verschillen in voorspelbaarheid, bestuurbaarheid e.d. Daarom ook is het in het algemeen minder zinvol om de relatie tussen voorspelbaarheid van omgeving en technologie enerzijds en organisatie anderzijds op een hoog aggregatieniveau te bezien. Met toenemende ontbindbaarheid neemt de zin toe om structuureigenschappen voor elk der relatief autonome deelsystemen afzonderlijk te voorspellen (cf. Thompson's homogeniteitsdimensie, Thompson, 1967).

Indien deze uitsluitend verschillen met betrekking tot de voorspelbaarheid dan is het rationeel de capaciteit zo aan te wenden dat de totale onzekerheid zo veel mogelijk wordt gereduceerd. Men zal zich dus richten op de grote en reduceerbare onzekerheidsbronnen.

Laten we de conditie vallen dan zal ook de relatieve gevoeligheid van de doelbereiking en de relevantie voor de besturing van variaties in het betreffende deelsysteem van invloed zijn op de allocatie. Of, in alledaagse termen: het is rationeel om veel moeite te doen bepaalde ontwikkelingen te voorspellen als dat in principe mogelijk is; ze van grote invloed zijn op de doelbereiking en door grotere kennis een betere beslissing genomen kan worden. Naarmate de ontbindbaarheid afneemt neemt de behoefte aan gecoördineerde informatieverwerking toe.

#### *Voorspelbaarheid en stationariteit*

Stationariteit is tot heden gedefinieerd als een eigenschap van de structuur (zie par. 5.2.5). Een structuur heet stationair als ze niet verandert. We willen niet-stationariteit in verband brengen met de eerder geïntroduceerde bestuurslagen (zie par. 7.2.3.).

Strukturele niet-stationariteit definiëren we als niet stationariteit bij konstante  $G$ .

Niet-stationariteit bij veranderlijke  $G$  zullen we aanduiden als niet-stationariteit op  $G$  niveau. Stationariteit is relevant voor de besturing vanwege het gegeven dat bij niet stationariteit het systeem bij voortduring de verschijnselen zal blijven vertonen die een systeem bij stationariteit alleen gedurende het inschakelverschijnsel vertoont.

Het hier gemaakte onderscheid in twee vormen van niet-stationariteit is eveneens van belang. Dit is aannemelijk indien we bedenken dat de  $G$ -sturing bovengeschied is. Indien nu sprake is van niet-stationariteit op structureel niveau (dus bij konstante  $G$ ) dan moet worden verwacht dat de niet-stationariteit zal afnemen en overgaan in stationariteit. Bij veranderlijke  $G$  daarentegen zal de niet-stationariteit voortduren.

Veelal worden de begrippen stationariteit, voorspelbaarheid en stabiliteit met elkaar geïdentificeerd. Dit is niet juist. Hoewel de begrippen zowel op het bestuurd systeem als de omgeving van toepassing zijn zullen we ons hier beperken tot een relatief autonome deelomgeving omdat daarmee, ook ten opzichte van het bestuurd systeem, de begrippen voldoende zijn vastgelegd.

Stel  $x(t)$  als output van die deelomgeving en input van het systeem. Stabiliteit heeft nu betrekking op de mate waarin  $x(t)$  konstant is. Stationariteit refereert aan de konstantheid van de kansverdelingen die  $x(t)$  beschrijven. Voorspelbaarheid hebben we in het voorgaande beschreven. Het is duidelijk dat de onderscheidingen betrekking hebben op het model dat men van het stochastisch proces  $x(t)$  heeft gemaakt.

Dat deze drie begrippen echter niet met elkaar moeten worden geïdentificeerd wordt verduidelijkt d.m.v. enkele voorbeelden.

Het is heel wel mogelijk dat  $x(t)$  zeer sterk verandert in de tijd (geringe stabiliteit) terwijl deze veranderingen evenwel zeer goed voorspelbaar zijn. Hoge stabiliteit impliceert hoge voorspelbaarheid, doch bij lage stabiliteit kan de voorspelbaarheid zowel hoog als laag zijn.

Tabel 7.20. geeft aan welk van de combinaties van stabiliteit, stationariteit en voorspelbaarheid op logische (definitorische) gronden worden uitgesloten.

Hoge stabiliteit correspondeert met de geringe noodzaak van enigerlei vorm van besturing. De tijdens het ontwerp genomen bestuursbeslissing is en blijft goed. Lage stabiliteit kan echter zowel tot grote als tot kleine bestuurlijke activiteit leiden. Niet-stationariteit roept om aanpassing van de bestuursmodellen.

Stabiliteit	Stationariteit	Voorspelbaarheid	Mogelijkheid
hoog	hoog	hoog	mogelijk
hoog	hoog	laag	onmogelijk
hoog	laag	hoog	onmogelijk
hoog	laag	laag	onmogelijk
laag	hoog	hoog	mogelijk
laag	hoog	laag	mogelijk
laag	laag	hoog	mogelijk
laag	laag	laag	mogelijk

Tabel 7.20. Logisch mogelijk combinaties van stabiliteit, stationariteit en voorspelbaarheid.

Stationariteit is betrokken op twee niveaus: het structureel- en het *G*-niveau. Omdat bij verandering van *G* de bestuurbaarheid in negatieve zin kan veranderen moet, hoewel niet zeker, worden verwacht dat niet-stationariteit op *G*-niveau niet-stationariteit op structureel niveau oproept. Het is duidelijk dat deze stationariteitseigenschappen van grote invloed zijn op de bestuursorganen.

#### *Voorspelbaarheid en waarneembaarheid*

Bij beschouwingen over voorspelbaarheid gaat het niet allereerst om intrinsieke eigenschappen van het systeem of de omgeving doch om de voorspelbaarheid gezien door een waarnemer. Dat wil dus zeggen dat men zal moeten aangeven om welke waarnemer het gaat.

Zo gaat het bij de relatie tussen organisatie en omgeving om de voorspelbaarheid, gezien vanuit de organisatie. Het is duidelijk dat dit mutatis mutandis eveneens geldt voor begrippen als stabiliteit en stationariteit.

#### *Voorspelbaarheid en doelstelling*

Het is duidelijk, en daarom memoreren we slechts kort, dat het met betrekking tot de besturing niet gaat om de voorspelbaarheid als zodanig doch om de voorspelbaarheid van gedragsvariaties die relevant zijn ten opzichte van de doelstelling.

#### *Voorspelbaarheid en gevoeligheid*

Het begrip gevoeligheid kan worden verduidelijkt door het trekken van een parallel met de bestuurbaarheid. Waar het bij bestuurbaarheid om gaat, is de mate waarin door adequate stuurmaatregelen de doelstelling kan worden bereikt. Bij gevoeligheid gaat het om de mate waarin het inputsegment van het systeem en afkomstig van een relatief autonome deelomgeving van in-



vloed is op de doelbereiking. Het is duidelijk dat bijvoorbeeld een geringe voorspelbaarheid slechts van belang is voor de besturing als de gevoeligheid van de doelbereiking voor dat inputsegment groot is. (Vgl. de Sitter's centraliteitsbegrip, De Sitter, 1974.)

### 6. Gevoeligheid en systeemstabiliteit

We zullen het begrip gevoeligheid introduceren op een soortgelijke wijze als de bestuurbaarheid (zie par. 7.2.1.).

#### Definitie 7.5: gevoeligheid

Stel:

$$s(t+1) = f(s(t), u(t), x(t))$$

$$G \subset D(s(t)) \text{ niet triviaal}$$

$$s_0(t) \in G$$

dan noemen we het systeem:

- $[s_0(t), u(t), x(t)]$  eenstaps-ongevoelig indien  
 $u(t) = u(t-1)$  en  $s(t+1) = f(s_0(t), u(t), x(t)) = s_0(t)$
- $[s_0(t), u(t), x(t), G]$  eenstaps-ongevoelig indien  
 $u(t) = u(t-1)$  en  $s(t+1) = f(s_0(t), u(t), x(t)) \in G$
- $[s_0(t), u(t), x(t)]$  eenstapsherstelbaargevoelig indien  
 $\exists u(t)(u(t) \in D(u(t)) \wedge u(t) \neq u(t-1) \Rightarrow s(t+1) = f(s_0(t), u(t), x(t)) = s_0(t))$

Het is duidelijk dat men op soortgelijke wijze meer algemene (on)gevoeligheidsbegrippen kan definiëren. In het voorgaande is reeds over de gevoeligheid in verband met de voorspelbaarheid gesproken.

Ter illustratie van de relevantie van het gevoeligheidsbegrip kan worden opgemerkt dat de gevoeligheid kan worden verminderd door soortgelijke maatregelen als genoemd zijn ter vergroting van de bestuurbaarheid. Hier moeten ze dan worden gezien vanuit de optiek dat de bestuurbaarheid van het systeem door zijn omgeving moet worden verlaagd.

Enkele maatregelen zijn:

1. Ingangfilter (cf. Thompson's 'buffering', Thompson, 1967);
2. Bij de interne sturing op routineniveau niet alleen sturen op  $G$  doch op die toestanden in  $G$  die relatief ongevoelig zijn;
3.  $G$  veranderen.

Tenslotte wijzen we nog op de mogelijkheden om de omgeving te verhinderen adequate stuurmodellen te konstrueren (misliding, informatie achterhouden).

### *Systeemstabiliteit*

Eerder werd reeds opgemerkt dat stabiliteit niet mocht worden gelijkgesteld aan stationariteit noch aan voorspelbaarheid. Noemden we daar een input  $x(t)$  stabiel indien hij konstant was, de systeemstabiliteit moet in verband worden gebracht met ongevocligheid van gewenste toestanden voor verstoringen uit de omgeving.

### *7. Homogeniteit*

Een belangrijke eigenschap van het bestuurd systeem en zijn omgeving is de mate van overeenkomst tussen de relatief autonome deelsystemen en/of omgevingen.

We zouden twee deelsystemen en/of deelomgevingen besturingsisomorf willen noemen als de respectieve optimale bestuurders isomorf zijn. Daarbij heeft de optimaliteit betrekking op hun specifieke deeldoelstelling welke voor de verschillende BO's kan verschillen. Deze dimensie korrespondeert met de idee dat het om redenen van efficiency (niet effectiviteit) gunstig is gelijksoortige taken samen te brengen bij behoud van de effectiviteit. In tegenstelling tot allerlei inhoudelijke samenhangen die noopten tot samenvoeging (bv. hoe slechter ontbindbaar hoe meer coördinatie nodig) onderwille van de effectiviteit, duidt de homogeniteit op een (organisatiekundig stokoud) beginsel van samenvoeging om redenen van structurele overeenkomst. Het is, althans in onze visie, echter ondergeschikt aan de samenvoeging om inhoudelijke redenen.

### *Enkele aanzetten tot hypothesevorming op basis van de theorie over besturing*

Het uitwerken van een afgeronde theorie op basis van de in deze paragraaf ontvouwde gedachten behoort onderwerp te zijn van afzonderlijke studie. Om echter een indruk te geven van zo'n theorie willen we toch in kort bestek enkele aanzetten daartoe geven en beschouwen daartoe een organisatie in haar omgeving.

Van belang is dan allereerst de ontbindbaarheid. Naar de mate dat de ontbindbaarheid toeneemt is de behoefte aan coördinatie tussen de besturende organen geringer. De ontbindbaarheid bepaalt de, om redenen van effectiviteit, minimaal noodzakelijke centralisatie. Als de voorspelbaarheid afneemt neemt de behoefte aan decentralisatie toe. Dat wil zeggen dat een negatief verband tussen ontbindbaarheid en centralisatie het meest geprononceerd naar voren zal komen bij lage voorspelbaarheid. Specialisatie wordt beïnvloed door de mate waarin de bestuurstaken isomorf zijn. De mogelijkheden hiertoe worden echter, om redenen van efficiency, beperkt door een geringe

omvang van de totale bestuurstaak. Specialisatie en centralisatie kunnen verschillen voor delen van de organisatie. Naarmate de homogeniteit toeneemt zullen deze verschillen afnemen. Toenemende inhomogeniteit leidt tot grotere behoefte aan standaardisatie, althans bij gelijkblijvende coördinatiebehoefte. Inhomogeniteit van de relatief autonome delen van technologie of omgeving leidt tot differentiatie.

Hoewel met deze, aan de voorgaande theorie ontleende hypothesen de mogelijkheden bepaald niet zijn uitgeput laten we verdere uitwerking voor toekomstig onderzoek rusten.

### 7.6.2. Harmonie en konflikt

In de sociaal-wetenschappelijke literatuur wordt systeemtheorie veelal in verband gebracht met de structureel functionalistische benadering. Van der Zwaan (1973) wijst er terecht op dat dit onjuist is.

Op de, o.i. schijnbare, tegenstelling tussen de zgn. aktietheorie en het structureel functionalisme zal in par. 7.6.4. worden ingegaan. Hier zullen we enkele aspecten van een systeem-theoretische benadering van konflikt belichten.

Onze bedoeling is echter uitdrukkelijk niet het presenteren van een theorie over konfliktierende systemen doch uitsluitend te illustreren dat systeemtheorie en konflikt elkaar verdragen.

We zullen daartoe een statische en een dynamische beschouwing geven.

#### Statische beschouwing

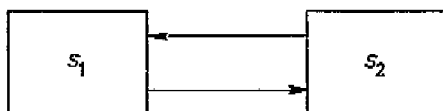
Als uitgangspunt kiezen we twee gekoppelde systemen  $S_1$  en  $S_2$  die elk een eigen doelstelling nastreven die wordt gerepresenteerd als een niet triviaal deel van hun respectieve toestandsruimtes.

$S_1$ : Toestandsruimte  $D(s_1)$

Doelstelling  $G_1 \subset D(s_1)$  niet-triviaal

$S_2$ : Toestandsruimte  $D(s_2)$

Doelstelling  $G_2 \subset D(s_2)$  niet-triviaal.



Figuur 7.21.

De gekombineerde toestand  $s = \langle s_1, s_2 \rangle$ .

De relaties tussen  $S_1$  en  $S_2$  resulteren daarin dat slechts een deel  $D(s) \subset \dot{D}(s_1) \times \dot{D}(s_2)$  van de gekombineerde toestanden stabiel is. Bij de dynamische beschouwing gaan we hierop nader in.

We definiëren nu  $N_{12}$ , de norm van  $S_1$  op  $S_2$ , respectievelijk  $N_{21}$ , als volgt:

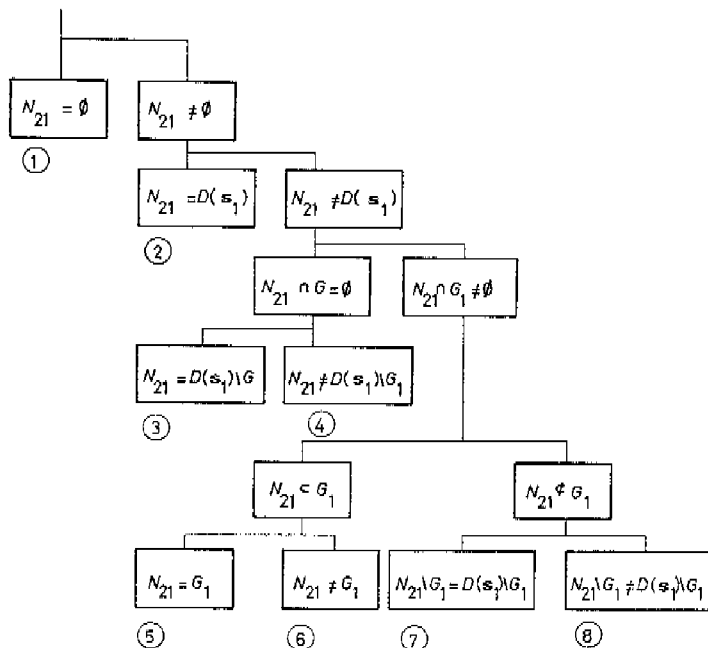
$$N_{12} = \{s_2 \mid \exists s_1 (\langle s_1, s_2 \rangle \in D(s) \wedge s_1 \in G_1)\}$$

$$N_{21} = \{s_1 \mid \exists s_2 (\langle s_1, s_2 \rangle \in D(s) \wedge s_2 \in G_2)\}$$

Met andere woorden: de doelbereiking door  $S_1$  is mogelijk als  $S_2$  een toestand aanneemt binnen  $N_{12}$ .  $S_2$  kan zijn doel bereiken indien  $s_1 \in N_{21}$ .

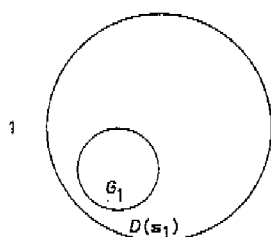
Beschouwen we nu  $S_1$ .

$S_1$  streeft naar  $G_1$ .  $S_2$  verlangt dat  $S_1$  streeft naar  $N_{21}$ . Een systematische analyse van alle mogelijkheden die zich kunnen voordoen geeft fig. 7.22.



Figuur 7.22.

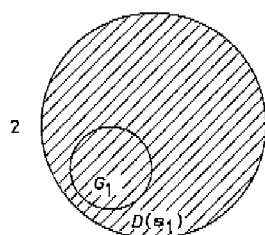
We bespreken de acht mogelijkheden in termen van de keuzemogelijkheden van  $S_1$ . In de diagrammen stelt het gearceerde gebied  $N_{21}$  voor.



$S_1$  heeft keuze tussen

- Doelbereiking
- Afzien van doelbereiking.

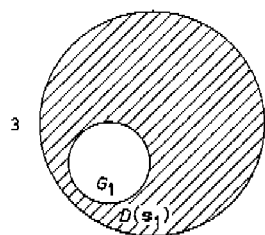
$S_1$  heeft echter niet de mogelijkheid  $S_2$  te helpen. Elke mogelijke toestand van  $S_1$  verhindert de doelbereiking van  $S_2$ .



$S_1$  heeft keuze tussen

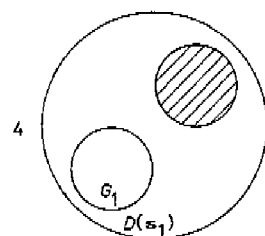
- Doelbereiking
- Afzien van doelbereiking.

$S_1$  heeft echter niet de mogelijkheid  $S_2$  te hinderen. Elke mogelijke toestand van  $S_1$  maakt  $S_2$ 's doelbereiking mogelijk.



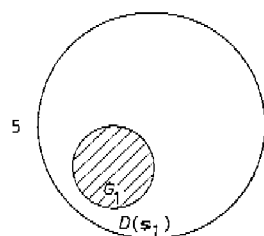
$S_1$  heeft keuze tussen

- Eigen doelbereiking; daarmee  $S_2$  hinderend
- Afzien van eigen doelbereiking daarmee  $S_2$  helpend.



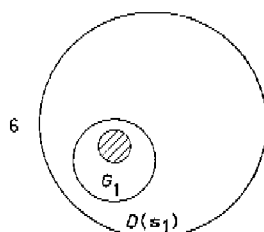
$S_1$  heeft keuze tussen

- Eigen doelbereiking; daarmee  $S_2$  hinderend
- Afzien van eigen doelbereiking en hinderen van  $S_2$
- Afzien van eigen doelbereiking en helpen van  $S_2$ .



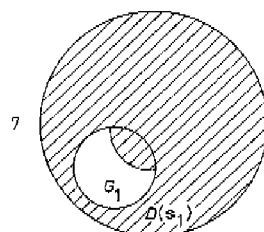
$S_1$  heeft keuze tussen

- Eigen doelbereiking; daarmee  $S_2$  helpend
- Afzien van eigen doel; daarmee  $S_2$  hinderend.



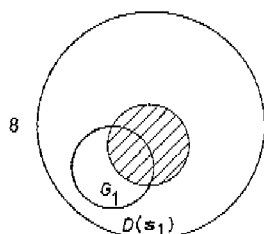
$S_1$  heeft keuze tussen

- Eigen doelbereiking en hinderen van  $S_2$
- Eigen doelbereiking en helpen van  $S_2$
- Afzien van eigen doelbereiking en hinderen van  $S_2$ .



$S_1$  heeft keuze tussen

- Eigen doelbereiking en tegenwerken van  $S_2$
- Eigen doelbereiking en helpen van  $S_2$
- Afzien eigen doelbereiking en helpen van  $S_2$ .



$S_1$  heeft keuze tussen

- Eigen belang en helpen van  $S_2$
- Eigen belang en hinderen van  $S_2$
- Afzien van eigen belang en helpen van  $S_2$
- Afzien van eigen belang en hinderen van  $S_2$ .

Deze acht mogelijkheden voor  $S_1$  zijn vanzelfsprekend ook voor  $S_2$  aanwezig zodat  $\frac{8 \times 8 - 8}{2} + 8 = 36$  typen van samenleving van twee systemen kunnen

worden onderkend op basis van dit uiterst simpele model. Het model is simpel omdat het niet dynamisch is, omdat de stuurvariabele niet expliciet is gemaakt, omdat er maar twee systemen worden beschouwd, omdat het doel zo primitief is geformuleerd enz. enz.

Een bespreking van elk der 36 typen valt natuurlijk ver buiten het kader. Ter illustratie zullen we er enkele bespreken.

#### *Type 1,1*

$S_1$  en  $S_2$  verhinderen ongewild elkaars doelbereiking, er is sprake van een ernstig konflikt. Principiële mogelijkheden tot oplossing:

- Wijzigen van  $G_1$  én  $G_2$
- Strukturele wijzigingen.

#### *Type 2,3*

$S_1$  kan  $S_2$  niet hinderen.  $S_2$  daarentegen hindert  $S_1$  indien  $S_2$  zijn doel bereikt.  $S_2$  heeft macht over  $S_1$  doch  $S_1$  heeft geen macht over  $S_2$ .  $S_1$  heeft daardoor belang bij structurele wijziging. Het model is te simplistisch om iets te zeggen over de macht van  $S_1$  t.a.v.  $S_2$  om structurele wijzigingen tot stand te brengen.

#### *Type 4,4*

$S_1$  en  $S_2$  hebben beide belang bij ingrijpende wijzigingen. Zij kunnen immers elkaars doelbereiking verhinderen. Door aanpassing van de relaties en/of  $G_1$  en  $G_2$  kan het konflikt worden opgelost.

#### *Type 5,7*

$S_1$ 's belang is  $S_2$ 's belang.  $S_2$  echter kan, bij eigen doelbereiking nog kiezen tussen helpen of hinderen van  $S_1$ . Als  $S_2$  kiest voor hinderen, dan kan  $S_1$  afzien van eigen doelbereiking en druk uitoefenen op  $S_2$ . Het konflikt is met behoud van doelen en structuur oplosbaar en de machtsverdeling bevordert de oplossing ervan.

Men kan de onderscheidbare 36 gevallen nog verdelen in een aantal categorieën.

$$a. N_{21} \cap G_1 \neq \emptyset \wedge N_{12} \cap G_2 \neq \emptyset$$

Het betreft hier die gevallen (14 van de 36) dat eventuele konflikten oplosbaar zijn met behoud van structuur en doelstellingen.

Hieronder vallen de in onderstaande tabel aangegeven typen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2		x			x	x	x	x
3								
4								
5						x	x	x
6						x	x	x
7							x	x
8								x

Tabel 7.2.3.

b.  $N_{21} \cap G_1 \neq \emptyset \vee N_{21} \cap G_2 \neq \emptyset$

Hieronder vallen de 22 overige gevallen die slechts oplosbaar zijn door meer of minder ingrijpende wijzigingen van doelstellingen en/of structuur.

Als tweede ingang kunnen we de hindermogelijkheden nemen. Deze hebben invloed op de vraag of de oplossing inderdaad bereikt zal worden. Daarbij is het vanzelfsprekend van belang of de hindermogelijkheden binnen of buiten het eigen doelgebied vallen.

We zullen de benadering niet voortzetten omdat dat zou worden tot een theoretische benadering van konflikt en macht hetgeen naar ons oordeel van groot belang is doch niet nodig om te illustreren dat systeemtheorie en konflikt elkaar verdragen alsook dat machtsverschillen op eenvoudige wijze uit het simpele model definieerbaar zijn.

#### *Dynamische beschouwing*

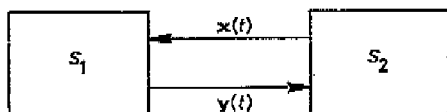
Om althans enkele van de in het oog lopende beperkingen van de statische benadering ongedaan te maken zal hier een aantal aspecten van een dynamisch model aan de orde komen. Duidelijk zal daarbij worden dat een realistischer benadering mogelijk is, alsook dat hierdoor het aantal mogelijke typen van samenleving van twee systemen sterk wordt uitgebreid.

In dit licht doet Rhenman's klassifikatie van 'value environments' (Rhenman, 1973) armetierig aan. Anderzijds ondersteunt de beschouwing zeker de rele-



vantie van een dergelijke karakteristiek in het kader van een theorie over organisatie versus omgeving. Het behoeft geen betoog dat de relatie met de stuurkarakteristiek nader onderzoek verdient (zie bv. Type 5,5 waarbij noch  $S_1$  noch  $S_2$  aan externe sturing behoefte hebben). Dat valt echter buiten het bestek.

In de statische beschouwing stond de wens van het ene systeem aan het andere systeem centraal. In een dynamische beschouwing komt deze wens of norm op een ingewikkelde wijze opnieuw naar voren.<sup>1</sup> We schetsen het model. De betekenis der symbolen is dezelfde als in de voorgaande beschouwing.



Figuur 7.24.

$$S_1: f_1: D(s_1(t)) \times D(x(t)) \times D(u_1(t)) \rightarrow D(s_1(t+1))$$

$$g_1: D(s_1(t)) \rightarrow D(y(t))$$

$$G_1 \subset D(s_1(t))$$

$$S_2: f_2: D(s_2(t)) \times D(y(t)) \times D(u_2(t)) \rightarrow D(s_2(t+1))$$

$$g_2: D(s_2(t)) \rightarrow D(x(t))$$

$$G_2 \subset D(s_2(t))$$

We vragen ons nu af wat  $S_1$  verlangt van  $S_2$  en herinneren daartoe aan de  $n$ -stapsbestuurbaarheid.

Als  $S_1$  zich bevindt in een zekere  $s_1(t)$  dan vraagt  $S_1$  aan  $S_2$  zich te beperken tot zodanige trajektoren van  $x$  en daarmee van  $s_2$  dat  $S_1$  door geschikte keuze van een trajektor van  $u_1$  zo snel mogelijk in  $G_1$  komt. Was bij de statische beschouwing de vraag: helpen of niet helpen, hier kunnen gradaties van behulpzaamheid worden onderkend. Deze hangen bovendien af van de toestand van  $S_1$ . Men kan dit ook eenvoudiger formuleren indien men het paar  $\langle x(t), u_1(t) \rangle$  ziet als stuursignaal van  $S_1$ .

$G_1$  is in één stap bereikbaar vanuit  $f_1^{-1}(G_1)$ .

Nu is weliswaar  $f^{-1}(G_1) \neq \emptyset$  omdat dit in strijd zou zijn met de niet triviali-

1. Overigens ondersteunen onze analyses de wenselijkheid het doel niet in de definitie van het begrip systeem op te nemen. Hier is immers voor een systeem sprake van twee doelstellingen (bv.  $G_1$  en  $N_{2,1}$ ).

teit van  $G_1$  en de these dat  $S_1$  een systeem is maar het is mogelijk dat:

$$\{s_1(t) | \exists x(t), u_1(t) (\langle x(t), s_1(t), u_1(t) \rangle \in f_1^{-1}(G_1))\} \cap G_1 = \emptyset$$

Als dit zich voordoet is er sprake van instabiliteit zelfs bij maximale coöperatie van  $S_2$ . Zo'n konflikt is niet routinematig oplosbaar. Als  $G_1$  ook geen toestanden bevat van waaruit  $G_1$  bij maximale coöperatie van  $S_2$  in twee stappen bereikt kan worden is dat natuurlijk nog ernstiger. We zullen deze, overigens interessante dimensie nu verder laten rusten.

We nemen aan dat:

$$G_1^{**} = \{s_1(t) | \exists x(t), u_1(t) (\langle x(t), s_1(t), u_1(t) \rangle \in f^{-1}(G_1))\} \cap G_1 \neq \emptyset$$

Elke  $s_1(t) \in G_1^{**}$  induceert nu een wens t.a.v.  $x(t)$ . Als nl.  $S_1$  in  $s_1(t) \in G_1^{**}$  zit, dan kan  $S_1$  in  $G_1$  blijven door slimme keuze van  $u_1(t)$  mits:

$$x(t) \in \{x(t) | \exists u_1(t) (\langle x(t), s_1(t), u_1(t) \rangle \in f^{-1}(G_1))\}$$

Dit garandeert echter nog niet dat  $S_1$  ook het moment daarna in  $G_1$  kan blijven.  $S_2$  kan immers nog een input leveren zodat  $s_1(t+1) \in G_1$  wel, doch  $s_1(t+1) \in G_1^{**}$  niet mogelijk is, ondanks slimme manipulatie met  $u_1(t)$ . Daarom zal  $S_1$  nog liever wensen dat  $S_2$  zich beperkt tot die  $x(t)$ 's zodatook  $s_1(t+1) \in G_1^{**}$  mogelijk is.

Om hier een probleem te omzeilen definiëren we nu de verzameling  $G_1^* \subset G_1$  als grootste verzameling waarvoor geldt:

$$\{s_1(t) | \exists x(t), u_1(t) (\langle x(t), s_1(t), u_1(t) \rangle \in f^{-1}(G_1^*))\} = G_1^*$$

Als  $G_1^*$  leeg is betekent dat de onmogelijkheid voor  $S_1$  om ondanks maximale coöperatie van  $S_2$  voortdurend in  $G_1$  te blijven.

Aannemend dat  $G_1^*$  niet leeg is krijgen we voor elke  $s_1(t) \in G_1^*$  een norm voor  $S_2$ :

$$N_{12}(s_1(t)) = \{s_2(t) | \exists u_1(t) (\langle g_2(s_2(t)), s_1(t), u_1(t) \rangle \in f^{-1}(G_1^*))\}$$

Of  $S_2$  aan deze norm kan voldoen hangt onder meer af van de vraag of  $N_{12}(s_1(t))$  bereikbaar is vanuit  $s_2(t-1)$  in één stap onder de door  $S_1$  geleverde output.

Of enig konflikt tussen  $S_1$  en  $S_2$  in principe oplosbaar is zonder ingrijpende wijzigingen (struktureel of doelniveau) hangt af van de bestuurbaarheid van het gekombineerde systeem door een denkbeeldige bestuurder. Deze heeft tot taak het gekombineerde systeem te sturen naar het doel  $G = G_1 \times G_2 \subset D(s_1(t)) \times D(s_2(t))$ . Vragen van bereikbaarheid en stabiliteit kunnen dan worden vertaald in de routinematige oplosbaarheid. Of een oplosbaar konflikt inderdaad wordt opgelost hangt af van de relatieve machtsverhoudingen, alsook van de vereiste capaciteit e.a. van de respectieve bestuurde organen.

Het beeld dat ontstaat is er een, waarbij elk systeem aan het ander, voor

elke eigen toestand een norm stelt in de vorm van een naar wenselijkheid geordende reeks deelverzamelingen van de toestandsruimte van de ander. Het is duidelijk dat een discussie zoals in de voorgaande paragraaf, tesamen met dit realistischer model, zeer ingewikkeld zou zijn. Verdere complicaties zouden kunnen worden aangebracht. Daarbij kan worden gedacht aan het werken met percepties van normen alsook de externe stuurmogelijkheid van wijziging van andermans perceptie van de gestelde normen.

Van Dijk (1972) stelt: 'Het is van belang te constateren dat vanuit de optiek van de conflictologie het conflict als 'de motor van sociale verandering' gezien wordt'.

Inderdaad laat een systeemtheoretische benadering van konflikt zien dat, althans sommige vormen van konflikt, zeer ingrijpende (o.a. structurele) veranderingen noodzakelijk maken.

### 7.6.3. *Prescriptie en descriptie*

In het voorgaande is er meermalen op gewezen dat de afstand tussen prescriptie en descriptie verkleint. Eensdeels vindt dit zijn oorzaak daarin dat de prescriptie een descriptie vooronderstelt alsook daarin dat de gedachte, dat descriptie waarde vrij en prescriptie waarde gebonden zou zijn als te simplistisch terzijde moet worden geschoven. Anderzijds is er, en dat is in het kader van de systeemleer van groter belang, sprake van een structurele toenadering.

De toenadering berust op twee, in eenvoudige vorm omschreven, thesen:

*Prescriptie:* Hoe moet een organisatie worden gestructureerd?

Welnu: slim en rationeel.

*Descriptie:* Hoe zit een organisatie in elkaar?

Welnu: slim en rationeel.

Deels is dit een gevolg van het feit, dat organisaties worden gemodelleerd naar vigerende prescriptieve theorieën omtrent organisaties. Belangrijker is echter dat de rationaliteitspremissie als theorievormend uitgangspunt ook verklaringen biedt voor organisatiekundige verschijnselen waarbij niet van bewuste rationele modellering sprake is.

Natuurlijk blijft er een wezenlijk verschil bestaan tussen prescriptie en de-

scriptie. Bij de prescriptie dient enigerlei doelstelling tot uitgangspunt te worden genomen om vervolgens een op die doelstelling toegespitste structurering te bewerkstelligen (vanzelfsprekend konditioneel t.o.v. de omgevings eigenschappen e.d.).

Bij de descriptie daarentegen is er geen sprake van een doelstelling die een ontwerper tot een door hem geaccepteerd uitgangspunt voor zijn ontwerp verheft, doch van doelstellingen die in een systeem worden aangetroffen. Teruggrijpend op de discussie over konflikt (par. 7.6.2.) moet men dan het te bestuderen systeem opdelen in zodanige deelsystemen dat er bij elk deelsysteem een eigen doelstelling behoort die normen induceert in alle andere deelsystemen. Als we uitgaan van een organisatie dan kunnen die deelsystemen betrekking hebben op individuen, groepen, coalities enz. binnen en/of buiten de organisatie.

Nu is een veelal impliciete veronderstelling bij het ontwerp van organisaties, dat de organisatieleden dát doel zullen nastreven wat hun in het ontwerp was toegedacht. Dat is natuurlijk niet realistisch. Evenmin is het realistisch te veronderstellen dat aan het ontwerp een afzonderlijk motivatie-mechanisme zou kunnen worden toegevoegd dat de koördinatie tussen het individueel doel en het toegedachte doel realiscert. Dat dit zo is wordt onmiddellijk duidelijk als men bedenkt dat zo'n afzonderlijk motivatiemechanisme slechts een van de vele systemen is waardoor het betreffende systeem wordt bestuurd.

Een voorbeeld kan dit wellicht verduidelijken. In par. 7.2. is gesproken over de vereiste eigenschappen van een routinebestuurder. Zij waren afgeleid uit eigenschappen van het bestuurd systeem, de omgeving en de doelstelling. Deze routinebestuurder werd op zijn beurt weer gestuurd door een strategische sturing. Als de taak van de routinebestuurder wordt toebedeeld aan een individu (of een groep) dan zal dat individu niet alleen het proces doch ook de strategische bestuurder besturen omdat deze van invloed is op zijn individuele doelbereiking. Het individu gedraagt zich als een slimme rationele bestuurder van zijn omgeving.<sup>1</sup>

Voor het organisatieontwerp heeft dit belangrijke konsekwenties zoals duidelijk zal zijn. Het is rationeel een organisatie zo te ontwerpen dat, indien elk organisatie lid zijn omgeving rationeel bestuurt, de organisatie doelstellingen daarmee worden bereikt. Het is duidelijk dat hier een argument ligt om de

1. We menen dat democratie in organisaties (onder meer) betrekking heeft op de mogelijkheden hiertoe.

organisatiedoelen af te stemmen op de individuele doelen van andere orde dan etisch morele argumenten. De laatste behoren als autonome waarden bij de doelbepaling te worden geïntroduceerd.

#### *7.6.4. Toepasbaarheid op meerdere aggregatieniveaus. Kontextuele strategie*

Een contextuele strategie van theorievorming lijkt volgens Heiskanen (zie par. 3.4.) een geschikt uitgangspunt voor de theorievorming. De terminologie van de systeemleer is aggregatieniveau onafhankelijk. Zo kan bijvoorbeeld een systeem in een omgeving worden gerepresenteerd op verschillende aggregatieniveaus in hetzelfde model.

In par. 6.2. is reeds gesteld dat de tegenstelling tussen funktionele- en aktie-benadering slechts schijnbaar is.

Ook van Dijk (1972) wijst erop dat het orde-conflict debat binnen de algemene sociologie 'op verschillende overtuigende wijzen ... gerelativeerd zo niet opgelost is'. Voor onze studie is dit vraagstuk in het bijzonder van gewicht bezien vanuit de systeemleer.

Silverman (1970) formuleert een aantal uitgangspunten die volgens hem aan de systeembenadering van organisaties ten grondslag liggen: '... organisations are composed of a set of interdependent parts; ... have needs for survival; ... behave and take actions'.

Nu is het zonder twijfel gevaarlijk aan de discussie deel te nemen, omdat een goed beeld van de aktietheorie enerzijds en de structureel funktionalistische systeembenadering anderzijds een intensieve studie van de literatuur in beide velden behoeft. Dat valt echter buiten het bestek van onze studie. Niettemin willen we enkele opmerkingen plaatsen die althans beogen te verduidelijken waarom vanuit de optiek van de systeemleer (voor belangrijke bijdragen tot het thema, zie Luhmann (1970)) de discussie een wonderlijke is.

Silverman (1970) noemt als een van de bezwaren het gevaar van reïficatie. Organisaties, zo heet het, hebben geen doelstellingen. Slechts individuen hebben doelstellingen. Organisaties gedragen zich niet, slechts hun individuele leden vertonen gedrag.

De systeemleer, zoals die is geschetst, beschouwt echter een doel niet als een intrinsieke eigenschap van een systeem. Het kan daaraan worden toegekend door tenminste één individu.

Elders (de Leeuw, 1973b) gingen we op het vraagstuk van de doelstellingen

in. Hier moeten we ons beperken tot enkele voor ons vraagstuk relevante aspecten. Een onderzoeker kan een doel aan het systeem toekennen als een hulpmiddel voor de verklaring van het gedrag van het systeem.

Een konsekwentie van ons uitgangspunt is dat het beschouwen van een organisatie als systeem in principe moet uitgaan van de mogelijkheid van meerdere, eventueel kontradictoire doeluitspraken. In het extreme geval zoveel als er individuen zijn die met de organisatie in relatie staan (als organisatieel of anderszins). Er ontstaat dan een model van de vorm zoals dat in par. 7.6.2. is besproken, echter uitgebreid voor meer dan twee systemen. Het bestaan van deze mogelijkheid toont echter allerminst aan dat het steeds vruchtbaar is daarvan gebruik te maken. Daarom ben ik het bepaald oncens met enkele stellingen waarvan, volgens Silverman, de aktietheorie uitgaat. Zo is de these dat de sociale wetenschappen 'deal with entirely different orders of subject-matter' als metafysisch a-priori verwerpelijk evenals overigens de ontkenning ervan. De stelling: 'positivistic explanations, which assert that action is determined by external and constraining social or non-social forces, are inadmissible' is van dezelfde orde. Ook in par. 6.2. maakten we reeds enkele gelijksoortige kanttekeningen. Nu kan men terecht tegenwerpen dat het bezwaar, dat tegen deze stellingen kan worden aangevoerd, afhankelijk is van de aangehangen wetenschapstheoretische positie. We willen echter een, overigens alleszins nuttige, discussie in deze richting vermijden door, hopelijk zonder teveel misvorming, deze thesen te vertalen zodanig dat ze met het door ons aangehangen methodologisch a-priori niet in strijd zijn.

De stellingen kunnen dan als volgt worden samengevat en geformuleerd: Aangezien de wetenschappelijke benadering van organisaties tracht tot verklarende theorieën te geraken moet er niet a-priori vanuit worden gegaan dat deze theorieën isomorf zijn met natuurwetenschappelijke theorieën. Evenmin lijkt het vruchtbaar a-priori aan te nemen dat externe factoren het gedrag volledig bepalen.

Op deze wijze bezien kan de aktie-theorie worden beschreven als een methode welke vertrekt vanuit een aantal stellingen omtrent vruchtbaarheid.

Zo gaat de aktietheorie er vanuit dat het vruchtbaar is aan te nemen dat aktoren subjektieve betekenis toekennen aan verschijnselen, dat hun gedrag vanuit deze subjektieve betekenis moet worden begrepen en dat daarom de onderzoeker moet pogen deze te achterhalen. Zo moet, in samenhang hiermee, een relatieve autonomie van de aktor worden gepostuleerd.

Het beeld dat zo verschijnt is dat van de aktor die op basis van zijn perceptie en zijn (niet konstante) doelen akteert. Tot zover is er bepaald geen tegenstelling met een systeem-theoretische benadering. Men kan het als een inter-

pretatie van het besturingsparadigma zien. Is de enig toelaatbare empirische interpretatie van het begrip aktor echter het individu dan ontstaan er problemen. De indruk bestaat dat sommigen dit inderdaad voorstaan. Als Van Dijk (1972) dan ook stelt dat een aktor eveneens een kollektiviteit kan voorstellen hebben we de indruk dat hij water in de aktiewijn doet. Vermoedelijk zouden sommige aktietheoretici daar ernstig bezwaar tegen maken. De enige vraag van belang is, of en zo ja in hoeverre, beide benaderingen vruchtbaar zijn. Tot zover echter zij opgemerkt dat de systeemleer zich met beide benaderingen verdraagt.

Het definiëren van harmonie als kontrastrerend met konflikt lijkt ons in analytisch opzicht niet vruchtbaar. Een theoretische benadering moet kunnen uitgaan van de aanwezigheid van konflikt om eventueel empirisch te kunnen konstateren dat een bijzondere vorm van konflikt nl. het nul-konflikt ofwel de harmonie zich voordoet. De systeemleer biedt deze mogelijkheid, zoals in par. 7.6.2. aannemelijk is gemaakt.

Een belangrijk onderscheid is in dit verband de systeemreticulatie versus modelreticulatie.

Veronderstel dat men een organisatie of kollektiviteit begrijpt als black-box. Nu is het mogelijk dat men, aan de modelkant, veronderstelt dat binnen die black-box allerlei subsystemen op voortreffelijke, harmonieuze wijze samenwerken teneinde een, ten behoeve van de verklaring aan die black-box toegekende, doelstelling te bereiken. Als dit inderdaad tot een adekwate verklaring leidt kan daar nauwelijks bezwaar tegen bestaan. Het is daarbij zeer wel mogelijk (en zelfs waarschijnlijk) dat bij systeemreticulatie van die gepostuleerde harmonie niet veel zou blijken. Als dat zo is moet een model ter verklaring op lager aggregatieniveau blijkbaar op andere premissen rusten. Het principe van de onbepaaldheid van de structuur (zie par. 5.2.2.) impliceert dat zulke schijnbare tegenstrijdigheden kunnen voorkomen. We zien tegen het postuleren van harmonie bij een beschrijving op het hoger aggregatieniveau geen bezwaren zelfs niet als dit postulaat in strijd zou zijn met de noodzaak tot postulaten omtrent konflikt bij een beschrijving op het lagere aggregatieniveau.

Het is goed te bedenken dat in de natuurwetenschappen ook wordt gewerkt met beschrijvingen op verschillende aggregatieniveaus. Zo kan men bepaalde elektrische verschijnselen op microniveau bestuderen door bijvoorbeeld elektronenbewegingen in elektrische velden te beschrijven. Op macroniveau spreekt men over elektrische stromen. Nu kan weliswaar een elektrische stroom worden beschouwd als resultante van individuele elektronenbe-

wegingen, doch het verband tussen de beschrijving op beide aggregatieniveaus is uitermate gekompliceerd. Betwijfeld kan worden of een micro-redukctie mogelijk en/of vruchtbaar is. Zo is het op macroniveau veelal vruchtbaar te veronderstellen dat de soortelijke weerstand van een geleider voor elektrische stroom homogeen is. Zo gaan ook berekeningen van treksterkte van een staaf uit van homogeniteit terwijl bekend is dat juist inhomogeniteit op microniveau een zeer grote invloed heeft op de macro-eigenschap treksterkte. Theorieën moeten, naast de algemene aan theorieën te stellen eisen, allereerst worden beoordeeld naar de mate waarin ze het systeemgedrag, op een bepaald aggregatieniveau, kunnen verklaren. Het zou wellicht fraai zijn indien de daartoe gedane aannames niet in strijd zijn met de eigenschappen van het gereticuleerde systeem. Doch in elk geval mag zulks ten hoogste als sekundaire eis worden gehanteerd. Ik betwijfel zelfs of deze eis vruchtbaar is. Men moet zich de gevolgen eens voorstellen indien men in de natuurwetenschap een dergelijke eis zou formuleren.

Daarom geef ik er de voorkeur aan, de onderlinge consistentie van premissen voor beschrijving op meerdere aggregatieniveaus niet als een aan de theorieën te stellen eis te beschouwen.

Laten we nu deze beschouwingen nader toespitsen op het vraagstuk van de sociaal-wetenschappelijke theorievorming en het consensus konflikt debat. Als een systeem wordt beschouwd op twee aggregatieniveaus, een individueel en een kollektief niveau, dan zijn er vier mogelijkheden.

Bij de beschrijving op macroniveau kunnen de bij de modelreticulatie gehanteerde premissen een harmonie dan wel konfliktkarakter dragen. Bij systeemreticulatie kan hetzij konflikt hetzij harmonie worden aangetroffen. Dit leidt tot de vier kombinaties die in fig. 7.25 zijn weergegeven.

De kombinaties 1 en 4 lijken nu weliswaar passender doch de kombinaties 3 en 2 zijn, mits zij tot adekwate verklaring van het macro-gedrag leiden,

		gereticuleerd model	
		harmonie	konflikt
gereticuleerd systeem	harmonie	1	2
	konflikt	3	4

Figuur 7.25.



zeker toelaatbaar.

Er zijn echter nog andere overwegingen. Voor de toepassing van een besturingsparadigma moet men bedenken dat het kleinste subsysteem dat als black-box wordt beschouwd, wordt gemodelleerd als intern harmonieus in die zin dat de interne en externe besturing geschiedt vanuit één eigen doelstelling. Een systeemtheoretische beschrijving van konfliktverschijnselen binnen bijvoorbeeld organisaties stelt daarom eisen aan de systeemreticulatie. Het verdient dan nl. aanbeveling zo te reticuleren dat de aan de black-boxes toegekende doelstellingen korresponderen met empirisch waarneembare doelstellingen.

Nu lijkt het erop alsof de aktiebeschouwing postuleert dat een reticulatie tot individueel niveau noodzakelijk is. Dat is verwonderlijk. Het doet sterk denken aan de idee van de elementaire bouwsteen, het atoom van de sociale materie. Men moet bedenken dat begrippen als groep, collectiviteit en organisatie maar ook individu konceptualisering zijn die worden gehanteerd voor de beeldvorming van de sociale realiteit. Men moet oppassen deze konceptualisering een verschillende status te geven op grond van het feit dat de onderzoeker zichzelf als individu konceptualiseert, men zou kunnen zeggen zichzelf op het individuele aggregatieniveau bevindt. De primaire vraag is niet of een individu of een organisatie een doel heeft, doch of de toekenning van een doel bijdraagt tot de verklaring. Nu kent de aktiebenadering de individuele aktor als een elementaire bouwsteen met interne harmonie. De konflikten voltrekken zich tussen de aktoren. Wellicht doen we de vele vormen van funktionalistische benadering geen recht als we stellen dat bij het funktionalisme de vraag naar de oplossingsmechanismen voor konflikten van het systeem met zijn omgeving centraal staat. Niettemin neigen we er sterk toe te beweren dat de premissen van de aktie benadering overeenstemmen met die van funktionalistische benadering, zij het dat ze op verschillende aggregatieniveaus betrekking hebben.

Begrijpt men immers een organisatie op hoger aggregatieniveau dan leidt een struktureel-funktionalistische benadering tot het aannemen van subsystemen die harmonieus, althans gericht op 'organizational-needs' samenwerken. Belangrijk is echter dat deze subsystemen in de modelreticulatie helemaal niet behoeven te korresponderen met subsystemen in een systeemreticulatie. Het is tegen die element in een struktureel-funktionalistische systeembenadering dat vanuit de systeemleer bezwaar moet worden gemaakt. Modelreticulatie betekent immers geen verandering van aggregatieniveau. Het is niet zeker dat een modelreticulatie naar harmonieus samenwerkende subsystemen tot een verklaring leidt. Soms zal wellicht een modelreticulatie

naar strijdende subsystemen noodzakelijk of wenselijk zijn. Ook in de aktiebenadering ziet het er naar uit dat de gepostuleerde interne structuur van de aktor (modelreticulatie) er een is van harmonieus samenwerkende subsystemen. Sommige vormen van gedrag kunnen beter worden begrepen vanuit een modelreticulatie naar konflikterende subsystemen (vgl. schizofrenie). In deze zin zijn zowel aktietheorie als struktureel-funktionalisme beperkt: zij postuleren beide een harmonieuze modelreticulatie. Zij kunnen echter beide worden gezien als interpretaties van het paradigma van de besturing, echter op verschillende aggregatieniveaus. Men zou kunnen zeggen dat een struktureel-funktionalistische benadering een aktiebenadering is waarbij de organisatie als aktor wordt begrepen. Of dit nuttig is wordt bepaald door de antwoorden op twee vragen: Op welk aggregatieniveau wenst men een organisatie te beschrijven en kan het gedrag op dit aggregatieniveau vanuit deze aanname worden begrepen?

## HOOFDSTUK 8 *slotbeschouwingen*

Het vraagstuk van de integrale benadering van organisaties en de bijdrage die de systeemleer in dat verband kan opleveren is in deze studie bepaald niet opgelost. Wel kunnen enkele konklusies worden getrokken ten aanzien van de eigenschappen die een systeemleer moet bezitten om een zekere vruchtbaarheid te bezitten. Een van de belangrijkste is de konklusie dat de systeemleer geen empirische theorie dient te zijn. Daaruit volgt dat systeemtheorieën waarin axioma's worden gehanteerd over bv. 'needs for survival' of 'exchange of energy, matter and information' of 'negentropie' in deze systeemleer geen plaats kunnen verkrijgen. Dit sluit echter niet uit dat met behulp van deze systeemleer, als bouwdoos, modellen en theorieën kunnen worden geformuleerd die wél zekere uitspraken over de empirie bevatten. Belangrijk daarbij is dat de empirie op meerdere niveaus van aggregatie kan worden beschreven alsook dat wetmatigheden van contextuele vorm kunnen worden geformuleerd met behulp van de systeemleer. Waar wij in hoofdstuk 2 een integrale benadering omschreven als een afbeelding van het fenomeen op een model dat geschikt is voor de bestudering van alle vragen die over het fenomeen worden gesteld rijst dan ook de vraag of zo'n model niet op meerdere aggregatieniveaus betrekking zal moeten hebben. De contextuele strategie stelt deze eis inderdaad wanneer het gaat om theorievorming. Doch ook indien men voor een bevredigende verklaring van bepaalde verschijnselen met één aggregatieniveau zou kunnen volstaan, hetgeen uit empirisch onderzoek moet blijken, blijft de vraag of een integrale benadering dan niet op meerdere, ditmaal onverbonden niveaus van aggregatie, betrekking moet hebben. In dat geval zal men voor een integrale benadering meerdere modellen moeten hanteren.

Het is dan echter gewenst dat deze modellen interpretaties op meerdere aggregatieniveaus zijn van hetzelfde abstracte systeem. Het besturingsparadigma laat nu zowel deze mogelijkheid als die van een contextuele strategie open. Het daarbij gehanteerde rationaliteitsaxioma evenwel volgt

niet uit de systeemleer, deze is immers slechts de bouwdoos voor het paradigma.

Bij de toepassing van de systeemleer op organisatiefenomenen lijkt de gesignaleerde toenadering tussen prescriptie en descriptie van groot belang zoals in hoofdstuk 7 althans plausibel wordt gemaakt.

Men dient m.b.t. de bijdrage van de systeemleer geen overspannen verwachtingen te koesteren. Ze kan bepaald van nut zijn maar de potentie om alle vragen op te lossen bezit ze naar alle waarschijnlijkheid niet. Met betrekking tot de organisatiekunde ligt naar mijn oordeel de grootste betekenis in de kwalitatieve, conceptuele richting. Dat hierin geen tegenstelling bestaat met een wiskundige of althans formele benadering hopen we in deze studie genoegzaam te hebben verduidelijkt.

We willen deze studie niet besluiten zonder de gebruikelijke opmerkingen omtrent nader onderzoek. Nader onderzoek is stellig nodig. We hopen dat deze studie daartoe voldoende aanknopingspunten biedt.

## *Summary*

Critical remarks as to the scientific and practical value of organization-theory are made quite often. From a scientific point of view one does not feel comfortable in this jungle of contradicting, partly tautological and incoherent set of insights and fragments of theories. From the practitioner's viewpoint organization-theory is judged upon its usefulness with respect to practical organizational problems. These problems urge, as is often expressed, for an integral and interdisciplinary approach.

Systems theory then, is often looked upon as the means by which such an integral approach could be realized.

Chapter 2 presents a more elaborated view of the theme especially with respect to what may be meant by such expressions as systems-approach and integral approach. Scientific and practical value are compared by means of a statement of the partly different sets of evaluation criteria. A distinction is made between an organistic and an axiomatic branch of systems theory.

Chapter 3 contains a methodological discussion of the characteristics a helpful systems-theory should have. It is concluded that the axiomatic branch is the best alternative. Integration of theories may change these theories. Systems terminology must make it possible to state hypotheses that connect different levels of aggregation. It is concluded that systems-theory cannot fruitfully be conceived of as a theory in a stricter sense. Theoretical pluralism must be possible within its scope.

Chapter 4 deals with aspects of the historical roots of systems theory. Aspects of systems-thinking in sociology, psychology, social psychology, economics and the engineering sciences are discussed.

Chapter 5 is devoted to the construction of a systems-theory matching the methodological requirements.

With the aid of an extensive introduction of the concept of a relation a system is defined as some four-tuple

$$S = \langle W, E(W), \mathcal{R}_W, \mathcal{R}_{E(W)W} \rangle$$

such that  $W$  is connected. Herein  $W$  is a set of objects. The environment of the system  $E(W)$  is defined as the set of objects not belonging to  $W$  but related to  $W$ . The internal and external structure denoted by  $\mathcal{R}_W$  and  $\mathcal{R}_{E(W)W}$  are defined as the sets of relations between subsets of  $W$  and between  $W$  and  $E$  respectively. Several other concepts such as black-box, subsystem, partial system, memory and goal are discussed. Some aspects of systems methodology are described.

Chapter 6 presents some overviews of organization theory.

Some of the results of chapter 3 are seen in relation to organization theory on the one hand and system-theory on the other. Ways for improvement are suggested.

Chapter 7 concentrates on the contributions of systems-theory. Its contributions are looked at from the pragmatic, the praxeological, the methodological and the theoretical viewpoint. A control paradigm is developed and is brought into relation with recent developments in organization theory especially the contingency-theory of organizations. This paradigm seems to offer important possibilities for descriptive as well as normative organization theories. Some views on the harmony-versus-conflict debate in organization theory are given. Systems theory must not be identified with structural functionalism. Even the action theory approach is seen as some system-theory. A few general remarks are made in chapter 8 of this study which cannot but end up with the final conclusion that quite a variety of unsolved problems remain subject of further research.

## *Aangehaalde literatuur*

- Ackoff, R. L. (1960): Systems, organizations and interdisciplinary research. In: *General Systems*: yearbook of the Society for General Systems Research, ed. by L. von Bertalanffy and A. Rapoport. Ann Arbor, Mental Health Institute, 1960.
- Ackoff, R. L. and M. W. Sasieni (1968): *Fundamentals of operations research*. New York, Wiley, 1968.
- Ackoff, R. L. (1971): Towards a system of systems concepts. *Management Science* vol. 17 (1971) 661-671.
- Agassi, J. (1968): The novelty of Popper's philosophy of science. *International Philosophical Quarterly* vol. 8 (1968) 442-463.
- Allport, G. W. (1968): Personality; contemporary viewpoints. A unique and open system. In: *International Encyclopedia of the Social Sciences*: ed. by D. Sills, vol. 12. London, MacMillan, 1968.
- Ansoff, H. I. (1968): Toward a strategic theory of the firm. In: Ansoff, H. I. (ed.) *Business strategy, selected readings*. Harmondsworth, Middlesex, Penguin, 1969.
- Ansoff, H. I. (ed.) (1969): *Business strategy, selected readings*. Harmondsworth, Middlesex, Penguin, 1969.
- Argyris, C. (1964): *Integrating the individual and the organization*. New York, Wiley, 1964.
- Ashby, W. R. (1961): *An introduction to cybernetics*. London, Chapman and Hall, 1961.
- Attneave, I. (1959): *Applications of information theory to psychology, a summary of basic concepts, methods and results*. New York, Rinehart, Holt and Winston, 1959.
- Baker, F. (ed.) (1973): *Organizational systems: general systems approaches to complex organisations*. Homewood (Ill.), Irwin, 1973.
- Baron, S. and D. L. Kleinman (1969): The human as an optimum controller and information processor. *I.E.E.E. Transactions on man-machine systems* vol. MMS-10 (1969) 9-17.
- Bertalanffy, L. von (1951a): General systems theory: a new approach to unity of science. 1. Problems of general system theory. *Human Biology* vol. 23 (1951) 302-312.
- Bertalanffy, L. von (1951b): General systems theory: a new approach to unity of science. 5. Conclusion. *Human Biology* vol. 23 (1951) 336-345.
- Bertalanffy, L. von (1951c): General systems theory: a new approach to unity of science. 6. Towards a physical theory of organic teleology feedback and dynamics. *Human Biology* vol. 23 (1951) 346-361.
- Bertalanffy, L. von (1968): *General system theory, foundations development, application*. New York, Braziller, 1968.
- Bertalanffy, L. von (1972): The history and status of general system theory. In: *Trends in general systems theory*: ed. by G. J. Klir. New York, Wiley-Interscience 1972.
- Bertels, K. en D. Nauta (1969): *Inleiding tot het modelbegrip*. Bussum, W. de Haan, 1969.
- Bianco, A. D. and P. G. Bosque (1969): Die Mathematisierung der Wissenschaft. Ergebnis einer Umfrage. *Philosophia Naturalis* vol. 11 (1969) 3-74.

- Bleicher, K. (hrsg.) (1972): *Organisation als System*. Wiesbaden, Gabler, 1972.
- Boring, E. G. (1957): *A history of experimental psychology*, 2nd. ed. New York, Appleton-Century-Crofts, 1957.
- Bössman, E. (1967): *Die ökonomische Analyse von Kommunikationsbeziehungen in Organisationen*. Berlin, Springer, 1967.
- Botter, C. (1974) *Industrie en organisatie*, 6e dr. Deventer, Kluwer, 1974.
- Boulding, K. E. (1950): *A reconstruction of economics*. New York, Wiley, 1950.
- Boulding, K. E. (1956): General systems theory; the skeleton of Science. *Management Science* vol. 2 (1956) 197-208.
- Boulding, K. E. (1968): Business economic systems. In: *Positive feedback; a general systems approach to positive/negative feedback and mutual causality*; ed. by J. H. Milsum. Oxford, Pergamon Press, 1968.
- Bouma, J. L. (1966): *Ordernemingsdoel en winst*. Leiden, Stenfert Kroese, 1966.
- Bouma, J. L. (1967): *De toepassing van intern-gedragmodellen in de bedrijfseconomie*. Leiden, Stenfert Kroese, 1967.
- Brody, B. A. (ed.) (1970): *Readings in the philosophy of science*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1970.
- Buckley, W. (1967): *Sociology and modern systems theory*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1967.
- Buckley, W. (1968): *Modern systems theory for the behavioral scientist*. Chicago, Aldine, 1968.
- Bunge, M. (ed.) (1964): *The critical approach to science and philosophy; in honor to Karl R. Popper*. New York, Free Press of Glencoe, 1964.
- Carnap, R. (1956): The methodological character of theoretical concepts. In: *Foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis*, ed. by H. Feigl and M. Scriven. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1956.
- Carbonelle, J. R. (1969): On man-computer interaction: a model and some related issues. *IEEE Transactions on systems science and cybernetics* vol. SSC-5 (1969) 16-26.
- Charlesworth, J. C. (ed.) (1963): *Mathematics and the social sciences: The utility and inutility of mathematics in the study of economics, political science and sociology*. Philadelphia, American Academy of political and social science, 1963 (reprint 1968).
- Cohen, P. (1967): *Modern social theory*, London, Heinemann, 1968.
- Cohen, R. S. and M. W. Wartowsky (eds.) (1965): *Boston studies in the philosophy of science, vol 2. In honor of Philipp Frank*, New York, Humanities Press, 1965.
- Cohen R. S. and M. W. Wartowsky (eds.) (1967): *Boston studies in the philosophy of science, vol. 3. In memory of N. R. Hanson*. Dordrecht, Reidel, 1967.
- Colodney, R. (ed.) (1965): *Beyond the edge of certainty*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965.
- Colodney, R.G. (ed.) *Mind and cosmos*. Pittsburgh, University of Pittsburg Press, 1966.
- Conant, R. C. (1968): *Information transfer in complex systems, with applications to regulation*. Dissertatie University of Illinois. Ann Arbor, University Microfilms, 1968.
- Conant, R. C. (1969): The information transfer required in regulating Processes. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics* vol SSC-5 (1969) 334-338.
- Conant, R. C. and W. R. Ashby (1970): Every good regulator of a system must be a model of that system. *International journal of systems science* vol. 1 (1970) 89-97.
- Darsono, A. (1970): Van gestalt-theorie tot groep-theorie; de evolutie van een psychologisch kernbegrip. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie en haar Grensgebieden* vol. 25 (1970) 144-177.
- Dürr, K. (1937): Die Einheit der Wissenschaften. *Erkenntnis* vol. 7 (1937/38) 65-80.
- Dyck, J. J. J. van (1972): *Organisatie in verandering; sociologische modellen van veranderingsprocessen in organisaties*. Rotterdam, Universitaire Pers Rotterdam, 1972.



- Edin, R. (1969): Übergangsfunktionen in betriebswirtschaftlichen Systemen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* vol. 39 (1969) 569-594.
- Ellis, B. (1968): *Basic concepts of measurement*. London, Cambridge University Press, 1968.
- Elmaghraby, S. E. (1968): The role of modelling in IE design. *Journal of industrial engineering* vol. 19 (1968) 292-305.
- Emery, F. E. and E. Trist (1965): The causal texture of organizational environments. *Human Relations* vol. 18 (1965) 21-31.
- Emery, F. E. (ed.) (1969): *Systems thinking*. Harmondsworth, Penguin, 1969.
- Etzioni, A. (ed.) (1969): *Readings on modern organizations*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1969.
- Eykhoff, P. e.a. (1966): Systems modelling and identification. *Paper of the third congress of International Federation of Automatic Control, held in London 20-25 June 1966*. London, Institute of Mechanical Engineers, 1966.
- Feigl, H. and M. Scriven (eds.) (1956): *Foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1956.
- Feigl, H. and M. Scriven (eds.) (1958): *Minnesota studies in the philosophy of science, vol. 2: Concepts, theories and the mind-body problem*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1958.
- Feigl, H. and G. Maxwell (ed.) (1962): *Minnesota studies in the philosophy of science, vol. 3: Scientific explanation, space and time*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1962.
- Feinberg, G. (1969). Post-modern science. *Journal of Philosophy* vol. 66 (1969) 638-646.
- Feitsma, H. F. (1968) *Organisatieleer; enige aantekeningen bij functie en inhoud*. Eindhoven, Technische Hogeschool, 1968.
- Feyerabend, P. K. (1962): Explanation, reduction and empiricism. In: *Minnesota studies in the philosophy of science*, ed. by H. Feigl and G. Maxwell, vol. 3: *Scientific explanation, space and time*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1962.
- Feyerabend, P. K. (1963): How to be a good empiricist - a plea for tolerance in matters epistemological. In: *Readings in the philosophy of science*, ed. by B. A. Brody. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1970.
- Feyerabend, P. K. (1964): Realism and instrumentalism. In: *The critical approach to science and philosophy; in honor to Karl R. Popper*, ed. by M. Bunge. New York, Free Press of Glencoe, 1964.
- Feyerabend, P. K. (1965a): Reply to criticism; comments on Smart, Sellars and Pitman. In: *Boston studies in the philosophy of science, vol. 2. In honor to Philipp Frank*, ed. by R. S. Cohen and M. W. Wartowsky. New York, Humanities Press, 1965.
- Feyerabend, P. K. (1965b): Problems of empiricism. In: *Beyond the edge of certainty*, ed. by R. Colodney. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965.
- Feyerabend, P. K. (1965c): On the meaning of scientific terms. *Journal of philosophy*, vol. 62 (1965) 266-274.
- Feyerabend, P. K. (1967): On the improvement of the sciences and the arts, and the possible identity of the two. In: *Boston studies in the philosophy of science, vol 3*. Ed. by R. S. Cohen and M. W. Wartowsky. Dordrecht, Reidel, 1967.
- Fleischmann, G. (1966): *Nationalökonomie und sozialwissenschaftliche Integration*. Tübingen, Mohr, 1966.
- Frederick, W. C. (1963): The next development in management science: a general theory. *Journal Academy of Management* vol. 6 (1963) 212-219.
- Freudenthal, H. (1961): *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*. Dordrecht, Reidel, 1961.
- Gagné, R. M. (ed.) (1963): *Psychological principles in system development*. New York,

- Rinehart, Holt and Winston, 1963.
- Garner, W. R. (1962): *Uncertainty and structure as psychological concepts*. New York, Wiley, 1962.
- Gibson, J. L. (1966): Organization theory and the nature of man. *Journal Academy of Management* vol. 9 (1966) 233-245.
- Gill, R. T. (1967): *Evolution of modern economics*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1967.
- Gochman, D. S. (1968): Psychological systems. In: *International Encyclopedia of the Social Sciences*: ed. by D. Sills. vol. 15. London, MacMillan, 1968.
- Greene, K. B. de (ed.) (1970): *Systems psychology*. New York, McGraw-Hill, 1970.
- Grelling, K. und P. Oppenheim (1937): Der Gestaltbegriff im Lichte der neuen Logik. *Erkenntnis* vol. 7 (1937/38) 211-225.
- Grochla, E. (1969a): Erkenntnisstand und Entwicklungstendenzen der Organisationstheorie. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* vol. 39 (1969) 1-22.
- Grochla, E. (hrsg.) (1969b): *Handwörterbuch der Organisation*. Stuttgart, Poeschel Verlag, 1969.
- Groot, A. D. de (1965): *Elementair begrip van de psychologie*. Haarlem, Erven Bohm, 1965.
- Hall, A. D. and R. E. Fagen (1956): Definition of system. In: *General systems; yearbook of the Society for General Systems Research*, ed. by L. von Bertalanffy and A. Rapoport. Ann Arbor, Mental Health Institute, 1956.
- Hanken, A. F. G. en H. A. Reuver (1973): *Inleiding tot de systeemleer*. Leiden, Stenfert Kroese, 1973.
- Harvey, E. (1968): Technology and the structure of organizations. *American Sociological Review* vol. 33 (1968) 247-259.
- Hayes, R. H. (1969): Qualitative insights from quantitative methods. *Harvard Business Review* vol. 47 (1969) 108-117.
- Heimann, E. (1945): *Geschiedenis van de economische leerstelsels*. Leiden, de Cyclus, 1945.
- Heiskanen, I. (1967): *Theoretical approaches of scientific strategies in administrative and organizational research; a methodological study*. Commentationes Humanarum Litterarum vol. 39, nr. 2. Helsinki, Societas Scientiarum Fennica, 1967.
- Hempel, C. G. (1952): Fundamentals of concept formation in empirical science. In: *International encyclopedia of unified science*, ed. by O. Neurath e.a. vol. 11. Chicago, University of Chicago Press, 1952.
- Hempel, C. G. (1965): *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*. New York, Free Press of Glencoe, 1965.
- Herbst, P. G. (1967): Postulates for a generalized behavior theory. *Human Relations* vol. 20 (1967) 65-82.
- Hicks, H. and F. Goronzy (1967): On methodology in the study of management and organization. *Journal Academy of Management* vol. 10 (1967) 371-384.
- Hoffman, F. (1971): Das Rechnungswesen als Subsystem der Unternehmung. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* vol. 41 (1971) 363-378.
- Hurwicz, L. (1963): Mathematics in economics. Language and instrument. In: *Mathematics and the social sciences: The utility and inutility of mathematics in the study of economics, political science and sociology*, ed. by J. C. Charlesworth. Philadelphia, American Academy of political and social science, 1963, reprint 1968.
- Ijiri, Y. and G. L. Thompson (1970): Application of mathematical control to accounting and budgeting (The continuous wheat trading model). *Accounting Review* vol. 45 (1970) 246-258.
- Jenkins, G. M. and P. V. Youle (1968): A systems approach to management. *Operational Research Quarterly* vol. 19 (1968) Special issue 5-24.
- Johnson, R. A.; F. E. Kast and J. E. Rosenzweig (1967): *The theory and management of systems*. New York, McGraw-Hill, 1967.

- Kalman, R. E. e.a. (1969): *Topics in mathematical systems theory*. New York, MacGraw-Hill, 1969.
- Katz, D. and R. L. Kahn (1966): *The social psychology of organizations*. New York, Wiley, 1966.
- Kemeny, J. G. (1967): *Een wijsgerige visie op de wetenschap*. Hilversum, de Haan, 1967.
- Kcuning, D. (1973): *Algemene systeemtheorie, systeembenadering en organisatie-theorie*. Homewood, Irwin-Dorsey, 1972.
- Leiden, Stenfort Kroese, 1973.
- Klabbers, J. H. G. (1972): *Simulatie van een mens-machine systeem*. Nijmegen, Katholieke Universiteit, 1972.
- Klir, J. and M. Valach (1967): *Cybernetic modelling*. London, Iliffe, 1967.
- Klir, G. J. (ed.) (1972): *Trends in general systems theory*. New York, Wiley-Interscience, 1972.
- Koontz, H. (1961): The management theory jungle. *Journal Academy of Management* vol. 4 (1961) 174-188.
- Koontz, H. (ed.) (1964): *Toward a unified theory of management*. New York, McGraw-Hill, 1964.
- Kordig, C. R. (1971): *The justification of scientific change*. Dordrecht, Reidel, 1971.
- Koreimann, D. (1965): Kybernetische Grundlagen der Betriebswirtschaft. *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis* vol. 17 (1965) 617-637.
- Kragt, H., J. A. Landweerd en A. C. J. de Leeuw (1973): On the concept of "Mental Model" in the human control of production systems. *Manufacturing systems* vol. 2 (1973) 3-14.
- Krupp, H. J. (1961): *Der Systemcharakter der Wirtschaft und die Notwendigkeit der Methodenpluralismus*. Darmstadt, Technische Hochschule, 1961.
- Kuhn, H. W. und G. G. Szegö (hrsgb.) (1969): *Mathematical systems theory and economics*, vol. 1. Berlin, Springer, 1969.
- Kuhn, T. S. (1962): *The structure of scientific revolutions*. Chicago, University of Chicago Press, 1962.
- Lakatos, I. (1970): Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: *Criticism and the growth of knowledge; proceedings of the international colloquium in the philosophy of science, held at London, 1965*, ed. by I. Lakatos and A. Musgrave. London, Cambridge University Press, 1970.
- Lakatos, I. and A. Musgrave (eds.) (1970): *Criticism and the growth of knowledge; proceedings of the international colloquium in the philosophy of science, held at London 1965*. London, Cambridge University Press, 1970.
- Landweerd, J. A.; A. C. J. de Leeuw en G. H. Verkoeyen (1972): An integral approach to the study of man-machine manufacturing systems. *Manufacturing Systems* vol. 1 (1972) 271-294.
- Lange, O. (1970): *Einführung in die ökonomische Kybernetik*. Tübingen, J. C. Mohr, 1970.
- Lawrence, P. R. and J. W. Lorsch (1969): *Organization and environment; managing differentiation and integration*. Homewood (Ill.), Irwin, 1969.
- Leeuw, A. C. J. de (1973a): *Over besturing, een systeemtheoretische beschouwing*. Rapport afd. Bedrijfskunde. Eindhoven, Technische Hogeschool, 1973.
- Leeuw, A. C. J. de (1973b): Systems, definition and goal. *Journal of systems engineering* vol. 3 (1973) 131-136.
- Lehmann, H. (1969): Integration. In: *Handwörterbuch der Organisation*, hrsg. von E. Grochla. Stuttgart, Poeschel Verlag, 1969.
- Leibenstein, H. (1960): *Economic theory and organizational analysis*. New York, Harper, 1960.
- Leinfeller, W. (1966): Logische Analyse der Gestalt. Logik und Gestaltpsychologie. *Studium Generale* vol. 19 (1966) 219-235.

- Levine, D. N. and R. C. Angell (1968): Integration. In: *International Encyclopedia of the Social Sciences*, ed. by D. Sills vol. 7. London, MacMillan, 1968.
- Lichtman, C. M. and R. G. Hunt (1971): Personality and organizational theory: A review of some conceptual literature. *Psychological Bulletin*, vol. 76 (1971) 271-294.
- Lindzey, G. and E. Aronson (eds.) (1968): *Handbook of social psychology* vol. 1. Reading (Mass.), Addison-Wesley, 1968.
- Lorsch, J. W. and P. R. Lawrence (1972): *Organizational planning; cases and concepts*. Luce, R. D. c.a. (eds.) (1963): *Handbook of mathematical psychology*, New York, Wiley, 1963.
- Luhman, N. (1967): Soziologie als Theorie sozialer Systeme. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* vol. 19 (1967) 615-644.
- Luhman, N. (1970): *Soziologische Aufklärung (Aufsätze zur Theorie sozialer Systeme)*. Köln, Westdeutscher Verlag, 1970.
- Madden, E. H. (1952): The philosophy of science in Gestalt theory. In: *Readings in the philosophy of science*; ed. by H. Feigl and M. Brodbeck. New York, Appleton-Century-Crofts, 1953.
- Mag, W. (1969): Zum Umfang und Inhalt der betriebswirtschaftlicher Organisationslehre. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* vol. 21 (1969) 250-279.
- March, J. (ed.) (1965): *Handbook of organizations*. Chicago, Rand McNally, 1965.
- Marschak, Th. (1965): Economic theories of organizations. In: *Handbook of Organizations*, ed. by J. March. Chicago, Rand McNally, 1965.
- Martindale, D. (1961): *The nature and types of sociological theory*. London, Routledge and Kegan Paul, 1961.
- Maurer, J. G. (ed.) (1971): *Readings in organization theory: open-system approaches*. New York, Random House, 1971.
- Mayr, O. (1971): Adam Smith and the concept of the feedback system. *Technology and Culture* vol. 12 (1971) 1-22.
- McDavid, J. W. and H. Harari (1968): *Social psychology*. New York, Harper and Row, 1968.
- McGuire, J. W. (1964): *Theories of business behavior*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1964.
- McWhinney, W. H. (1968): Organizational form, decision modalities and the environment. *Human Relations* vol. 21 (1968) 269-281.
- Meadows, P. (1957): Models, systems and science. *American Sociological Review* vol. 22 (1957) 3-9.
- Meister, D. and G. F. Rabideau (1965): *Human factors evaluation in system development*. New York, Wiley, 1965.
- Mesarovic, M. D. (1960): *The control of multivariable systems*. New York, Wiley, 1960.
- Mesarovic, M. D. (1969): Mathematical theory of general systems and some economic problems. In: *Mathematical systems theory and economics*, vol. 1, ed. by H. W. Kuhn and G. G. Szegö. Berlin, Springer, 1969.
- Mesarovic, M. D.; D. Macko and Y. Takahara (1970): *Theory of hierarchical, multilevel systems*. New York, Academic Press, 1970.
- Miller, G. A.; E. Galanter and K. H. Pribram (1970): *Plans and structure of behavior*. London, Holt, Rinehart and Winston, 1970.
- Miller, E. J. and A. K. Rice (1967): *Systems of organizations*. London, Tavistock, 1967.
- Milsum, J. H. (ed.) (1968): *Positive feedback and mutual causality*. Oxford, Pergamon, 1968.
- Morris, W. T. (1967): On the art of modelling. *Management Science* vol. 13 (1967) B 707-B717.
- Mouzelis, N. P. (1967): *Organization and bureaucracy: an analysis of modern theories*. Chicago, Aldine, 1967.

- Nagel, E. (1955): Über die Aussage: "Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile" In: *Logik der Sozialwissenschaften*, hrsg. E. Topitsch, Köln, Kiepenheuer und Witsch, 1956.
- Nagel, E. (1961): *The structure of science*. London, Routledge and Kegan Paul, 1961.
- Negandhi, A. R. and B. C. Reimann (1972): A contingency theory of organization re-examined in the context of a developing country. *Journal Academy of Management* vol. 15 (1972) 137-146.
- Neurath, O., R. Carnap and Ch. Morris (eds.) (1955): *International Encyclopedia of unified science* vols. 1 and 2. Chicago, University of Chicago Press, 1955.
- Oppenheim, P. and H. Putman (1958): Unity of science as a working hypothesis. In: *Minnesota studies in the philosophy of science* ed. by H. Feigl, M. Scriven and G. Maxwell. Vol. 2 *Concepts theories and the mind-body problem*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1958.
- Oser, J. (1970): *The evolution of economic thought*. 2nd ed. New York, Harcourt, Brace and World, 1970.
- Parsons, T. (1968): Social systems. In: *International Encyclopedia of the Social Sciences*; ed. by D. Sills vol. 15. London, MacMillan, 1968.
- Parsons, T. (1971): Grundstruktur und Grundfunktionen sozialer Systeme. In: *Soziale Systeme. Materialien zur Dokumentation und Kritik soziologischer Ideologie*, hrsg. von K. H. Tjaden, Neuwied, Luchterhand, 1971.
- Perrow, C. (1967): A framework for the comparative analysis of organizations. *American Sociological Review* vol. 32 (1967) 194-208.
- Pfanzagl, J. (1968): *Theory of measurement*. Würzburg, Physica Verlag 1968.
- Piaget, J. (1969): *Strukturalisme*. Meppel, Boom, 1969.
- Popper, K. R. (1961): *The logic of scientific discovery*. New York, Science Editions, 1961.
- Pugh, D. S. (1966): Modern organization theory: a psychological and sociological study. *Psychological Bulletin* vol. 66 (1966) 235-249.
- Przelecki, M. (1969): *The logic of empirical theories*. London, Routledge and Kegan Paul, 1969.
- Rhenman, E. (1973): *Organization theory for long-range planning*. London, Wiley, 1973.
- Royce, J. R. (ed.) (1970a): *Toward unification in psychology*. Toronto, University of Toronto Press, 1970.
- Royce, J. R. (1970b): The present situation in theoretical psychology. In: *Toward unification in psychology*, ed. by J. R. Royce. Toronto, University of Toronto Press, 1970.
- Sanders, C. (1972): *De behavioristische revolutie in de psychologie*. Deventer, Kluwer, 1972.
- Schagrin, M. L. (1973): On being unreasonable. *Philosophy of science* vol. 40 (1973) 1-9.
- Schenk, K. E. (1971): *Systemanalyse in den Wirtschafts und Sozialwissenschaften*. Berlin, Duncker und Humblot, 1971.
- Schiemenz, B. (1970): Die mathematische Systemtheorie als Hilfe bei der Bildung betriebswirtschaftlicher Modelle. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* vol. 40 (1970) 769-786.
- Schiemenz, B. (1971): Die Leistungsfähigkeit einfacher betrieblicher Entscheidungsprozesse mit Rückkopplung. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* vol. 41 (1971) 107-122.
- Schlick, M. (1938): Über den Begriff der Ganzheit. In: *Logik der Sozialwissenschaften*, hrsg. von E. Topitsch. 6. Aufl. Berlin, Kiepenheuer und Witsch, 1970.
- Schultz, D. P. (1969): *A history of modern psychology*. New York, Academic Press, 1969.
- Scott, W. G. (1961): Organization theory: an overview and an appraisal. *Journal Academy of Management* vol. 4 (1961).
- Scott, W. G. (1974): Organization theory: a reassessment. *Journal Academy of Management* vol. 17 (1974) 242-254.

- Segers, J. H. G. (1970): Waardenvrijheid gewaardeerd. *Sociale Wetenschappen* vol. 13 (1970) 241-256.
- Shapere, D. (1966): Meaning and scientific change. In: *Mind and cosmos*, ed. by R. G. Colodney. Pittsburg, University of Pittsburg Press, 1966.
- Shaw, M. E. and P. R. Constanzo (1970): *Theories of social psychology*. New York, McGraw-Hill, 1970.
- Sierksma, R. (1970): Naar een nieuwe sociologie. *Mens en Maatschappij* vol. 45 (1970) 233-245.
- Sievers, B. (1971): System-Organisation-Gesellschaft. Niklas Luhmans Theorie der sozialen Systeme. *Jahrbuch für Sozialwissenschaft* vol. 22 (1971) 24-57.
- Sills, D. L. (ed.) (1968) *International Encyclopedia of the Social Sciences*. London, McMillan, 1968.
- Silvermann, D. (1970): *The theory of organizations*. London, Heinemann Educational Books, 1970.
- Singleton, W. T., R. S. Easterby and D. C. Whitfield (1967): *The human operator in complex systems*. London, Taylor and Francis, 1967.
- Sitter, L. U. de (1969): Sociologie van de organisatie. *Mens en Maatschappij* vol. 44 (1969) 177-196.
- Sitter, L. U. de (1972): Systems theory and the sociology of organizations: general theoretical issues illustrated with the example of studies in leadership. *Annals of systems research* vol. 2 (1972) 77-86.
- Sitter, L. U. de (1974): Een systeemtheoretisch paradigma van een sociotechnisch interactienetwerk. *Mens en Maatschappij* vol. 49 (1974) 260-296.
- Sommerhof, G. (1969): The abstract characteristics of living systems. In: *Systems thinking*, ed. by F. E. Emery. Harmondsworth, Penguin, 1969.
- Spiegel, H. W. (1971): *The growth of economic thought*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1971.
- Suppes, P. (1968): The desirability of formalization in science. *Journal of Philosophy* vol. 65 (1968) 651-664.
- Suppes, P. and J. L. Zinnes (1963): Basic measurement theory. In: *Handbook of mathematical psychology*, ed. by R. D. Luce, e.a New York, Wiley, 1963.
- Terreberry, S. (1968): The evolution of organizational environments. *Administrative Science Quarterly* vol. 12 (1968) 590-613.
- Thompson, J. D. (1967): *Organizations in action, social science bases of administrative theory*. New York, McGraw-Hill, 1967.
- Thompson, K. and J. Tunstall (eds.) (1971): *Sociological perspectives, selected readings*. Harmondsworth, Penguin, 1971.
- Tjaden, K. H. (1969): *Soziales System und sozialer Wandel; Untersuchungen zur Geschichte und Bedeutung zweier Begriffe*. Stuttgart, Enke, 1969.
- Tjaden, K. H. (1971): *Soziale Systeme. Materialien zur Dokumentation und Kritik soziologischer Ideologie*. Neuwied, Luchterhand, 1971.
- Topitsch, E. (hrsg.): *Logik der Sozialwissenschaften*. 3. Aufl. Köln, Kiepenhauer und Witsch, 1966.
- Tosi, H., R. Aldag and R. Storey (1973): On the measurement of the environment: An assessment of the Lawrence and Lorsch environmental uncertainty subscale. *Administrative Science Quarterly* vol. 18 (1973) 27-36.
- Tustin, A. (1957): *The mechanism of economic systems*, 2nd ed., London, Heinemann 1957.
- Unterguggenberger, S. (1971): *Die kybernetische Funktion des Deckungsbeitrages*. Amsterdam, Gemeente Universiteit, 1971.

Vroom, V. H. (1964): *Work and motivation*. New York, Wiley, 1964.

Waldo, D. (1963): Theory of organizations: status and problems. In: *Readings on modern organizations* ed. by A. Etzioni. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1969.

Weber, M. (1951): *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*. Tübingen, Mohr, 1951.

Weber, M. (1972a) *Gezag en bureaucratie*. Geredigeerd en ingeleid door prof. dr. A. van Braam. Rotterdam, Universitaire Pers, 1972.

Weber, M. (1972b): *Wirtschaft und Gesellschaft*. 5. revidierte Aufl. Tübingen, Mohr, 1972.

Wild, J. (1966): *Grundlagen und Probleme der betriebswirtschaftlichen Organisationstheorie*. Berlin, Duncker und Humblot, 1966.

Wild, J. (1967a): *Neuere Organisationsforschung in betriebswirtschaftlicher Sicht*. Berlin, Duncker und Humblot, 1967.

Wild, J. (1967b): Zur praktischer Bedeutung der Organisationstheorie. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* vol. 37 (1967) 567-592.

Wolman, B. B. (1960): *Contemporary theories and systems in psychology*. New York, Harper and Brothers, 1960.

Woodward, J. (1965): *Industrial organization: theory and practice*. London, Oxford University Press, 1965.

Zadeh, L. A. and C. A. Desour (1963): *Linear system theory*. New York, McGraw-Hill, 1963.

Zadeh, L. A. and E. Polak (1969a): *System theory*. New York, McGraw-Hill, 1969.

Zadeh, L. A. (1969b): The concepts of system, aggregate and state in system theory. In: L. A. Zadeh, and E. Polak. *System theory*. New York, McGraw-Hill, 1969.

Zajonc, R. B. (1968): Thinking: Cognitive organization and processes. In: *International Encyclopedia of the Social Sciences*, ed. by D. Sill. vol. 15. London, McMillan, 1968.

Zwaan, A. H. van der (1972): Technologie binnen de organisatie-sociologie, een literatuurstudie. *Mens en Maatschappij* vol. 47 (1972) 35-53.

Zwaan, A. H. van der (1973): *Leveren en laten leveren*. Rotterdam, Universitaire Pers, 1973.

## Trefwoordenregister

- additiviteit 125
  - aggregaat 106
  - aggregatieniveau 51, 233
  - AGIL schema 85
  - aktiebenadering 84, 153, 155, 162
  - aktiemodel 154
  - aktietheorie 156, 221, 231, 232
  - anticiperend 118, 120
  - aspektsysteem 109
  - attributen 92
  - attributenverzameling 93
  
  - behaviorisme 69
  - behavioristische oriëntatie 74
  - behavioristische school 68
  - beheersbaarheid 127, 134
  - beheersbaarheid, relatieve 135
  - beschrijvende stelsels 23
  - besluitvormingsrichting 161
  - besluitvormingstheorie 154
  - besturend orgaan 179
  - besturing
    - adaptieve 176, 184
    - effectiviteit van de 180
    - externe 176
    - extern adaptief 192
    - extern routine 176, 192
    - extern strategische 176, 192
    - interne 175
      - intern adaptief 175, 191
    - interne doelsturing 175
    - interne en externe 172
    - interne routine 175, 190
    - intern strategisch 191
    - rationale 203
    - strategische 187
  - besturingskarakteristiek 177
  - besturingsparadigma 165, 170, 171, 197, 200
  - besturingsvraagstukken 200
  
  - bestuurbaarheid 134, 173, 184
  - bestuurbaarheidskarakteristiek 193
  - bestuurd systeem 179
  - bestuurslagen, 178
  - betekenisverandering 48, 49
  - black-box 72, 106, 107, 108
  - black-box, gedrag 115
  - bureaucratie 83, 152
  - bureaucratische benaderingen 160
  - bijdrage tot de methode 170
  - bijdragen tot de methode 198
    - tot de pragmatiek 169, 193
    - tot de praxeologie 169, 195
    - tot de theorie 170
  
  - centralisatie 220, 221
  - closed-loop 105
  - common sense 30
  - cybernetische concepties 157
  - cybernetische systeemtheorie 78
  - cybernetische systemen 80
  
  - doelomgevingen 207
  - doelsystemen 109, 110
  - descriptieve theorievorming 171
  - deterministisch 117, 119
  - doel 128
    - onvolledig 129
  - operationele 133
  - realiseerbaar 131
  - volledig 130
- doelautonoom 205
  - doelfunctie 132
  - doelstelling 218
  - doelstelling, passende ontbinding van de 208
  - doelverschuiving 188
  - doorlopen baan 95
  - dynamisch 117



- eenheid der wetenschappen 13  
 eenheidsstreven 63  
 eenheidswetenschap 65  
 economie 88  
 economisch holistische benaderingen 162  
 economisch concept 157  
 empirisch 33, 106  
 empirische generalisatie 33  
 empirische inhoud 39, 53  
 empirisch-kognitieve stelsels 23  
 empirisch objekt 19  
 encyclopedie 11  
 entropie 214  
 evenwichtsbegrip 82  
 evenwichtstheorie 78, 81  
 evolutietheorie 67, 80
- falsificationisme, naïeve 35  
 falsificeren 35  
 faseomgevingen 207  
 fasestelsel 110  
 feiten 36, 45  
 feiten, theorie - onafhankelijkheid van de 36  
 formalisering 42, 43  
 functie, 130, 131  
 functionalisme 67, 76  
 functionalistische benadering 152  
 functionalistisch systeemdenken 153, 154  
 functioneel-structurele theorie 87  
 fysicalisme 12
- gedrag 95  
 gedraging 95  
 gedragswetenschappelijke concepten 157  
 geheugen 120  
 geheugenlengte 121, 213  
 General Systems Approach 12  
 gesloten 104  
 Gestalt-psychologie 70  
 Gestalt-theorie 63, 64, 74  
 gevoeligheid 218, 219,  
 groep 86  
 groepodynamische benaderingen 161
- harmonie 26, 233  
 harmonie versus konflikt 153  
 heuristische denkprocessen 194  
 holistische concepten 157  
 homogeniteit 125, 220  
 homomorfie 111  
 Human Relations 161
- hypothese, vorming van 146
- ideaaltype 82, 83  
 impliciete theorie 54  
 inschakelverschijnsel 126  
 integrale benadering 8, 11, 16, 18, 20, 21, 29, 169, 194  
 integrale theorie 13, 46  
 integratie 17, 18, 19, 21  
 - van de disciplines 169  
 - van de organisatiekunde 8  
 - van theorieën 45, 46, 50  
 interdisciplinair 9  
 interdisciplinaire benadering 10  
 introspektie 68  
 irrationeel gedrag 170  
 isomorfie 111
- kognitieve dissonantie 75  
 communicatie, met de practicus 42  
 - tussen theorie en empirie 41  
 - tussen wetenschappers 41  
 complexiteit 13  
 konditie van de betekenis-invariantie 45  
 konflikt 26, 228, 233  
 konfliktierende systemen 221  
 consistentie-konditie 45  
 contextuele strategie 52, 53, 54, 150, 165, 231  
 kontingentietheorie 150, 162, 178  
 coördinatiebehoefte 212, 220  
 correspondentieregels 34  
 criteria voor empirische betekenis 35, 36  
 kwalitatief 43  
 kwantitatief 43
- leerpsychologie 68  
 lineair 126
- machtsverschillen 226  
 machtsverschijnsel 192  
 macro-reduktie 76, 150  
 macro-reduktie strategie 52  
 management-theorie 21  
 mathematiserbaarheid van de wetenschap 44  
 mechanisch model 79, 81, 82, 87  
 methodologie 29  
 methodologische aspecten 29  
 micro-reduktie 76, 150  
 micro-reduktie strategie 52  
 model 112

- modelbegrip 110  
 modelbouw 142  
 modelcyclus 138  
 modelklassifikatie 199  
 modelkonstruktie 137  
 modelreticulatie 69, 233  
 model, kwaliteit van een 138  
 - soorten 113  
 multidisciplinair 9
- niet-stationariteit op G-niveau 217  
 nominale definities 40  
 normatieve benaderingen 171
- objekt 92, 93, 108, 142  
 objectenverzameling 92  
 observatietaal 36  
 omgeving 103, 104, 105, 106  
 omgeving, homogene 189  
 - niet-stationaire 190  
 - partiële 207  
 - stationaire 189  
 omgeving en organisatiestructuur 188  
 omgeving en technologie 196, 203  
 ontbindbaarheid 205, 208, 216, 220  
 ontologische systeemtheorie 78  
 open 104  
 open-loop 105  
 oplossingsniveau 142  
 organisatie ekologie 150  
 organisatie als micro-ekonomie 158, 162  
 organisatiekunde 4, 5, 16, 21, 22, 147, 159, 169  
 - methodologische kritiek 148  
 - pragmatische kritiek 148  
 - pragmatische waarde 149  
 - praktische betekenis 23, 147  
 - praxeologische waarde 149  
 - wetenschappelijke betekenis 23  
 organisatieleer, klassieke 160  
 organisatie, omgeving en technologie 201  
 organisatieprincipes 148  
 organisatiepsychologie 154  
 organisatiestructuur 195, 202  
 organisch model 79, 81, 87  
 organisme 68  
 outputvergelijkingen 123
- parallelschakeling 207, 208  
 parameterschatting 145  
 planning-horizon 136, 184  
 praktischus 6
- praxeologische stelsels 23  
 prescriptie en descriptie 197, 200, 228  
 procesmodel 80  
 protocol 143  
 psychoanalytische school 70  
 psychologie 65  
 psychologie, strukturalistische 66
- rationaliteitspremissie 202  
 reductiestrategie 54  
 reduktionisme 12, 13  
 regelmatig, effectieve 135, 136  
 - efficiënte 136  
 - optimale 137  
 regelactie, optimale 132  
 regelbaar 127  
 relatie 99, 100  
 relatiebegrip 95  
 relatie, eenzijdige 98  
 - tweezijdige 97  
 reticulatieproces 141  
 reticuleren 108  
 roltheorie 75  
 routinebestuurder 179
- samenhangend 104  
 serieschakeling 208, 210  
 sociaal systeem 77  
 sociale psychologie 67, 73  
 sociale verandering 77  
 sociologie 76  
 sociotechnische systeemtheorie 154  
 specialisatie 5, 6, 9, 221  
 speltheoretische concepten 157  
 stabiliteit 217  
 stationair gedrag 126  
 stationariteit 190, 216, 217  
 statisch 117  
 stimulus-organisatie-responsie schema 71  
 stimulus-respons benadering 69  
 stochastisch 117, 119  
 strukturalisme 67  
 structureel functionalisme 77, 154, 221  
 - functionalistische benaderingen 161, 231  
 ~ functionele theorie 84, 87  
 structurele niet-stationariteit 217  
 structurele overeenkomsten 57  
 structuur 105  
 - externe 105, 106  
 - interne 105, 106, 108  
 - principe van de onbepaaldheid 117

- stationaire 124
- stuurkarakteristiek 85, 190
- stuursignaal 127
- subomgevingen 207
- substelsysteem 108, 109
- superpositiebeginsel 126
- systeem 11, 26, 27, 79, 91, 102, 103, 104, 106
  - abstrakt 106
  - doel van een 129
  - extern 86
  - gesloten 106
  - intern 86
  - konkreet 106
  - open 79, 105, 106
  - partieel 109
- systeembegrip 64, 101
- systeembenadering 11, 13, 22, 155
- systeempdenken 62, 65
  - ontstaan van het 61
  - in de psychologie 66
  - in de sociologie 73
- systeemidentificatie 143
- systeemleer 65, 91, 198
  - algemene versus specifieke 59
  - axiomatische tak 27, 50, 55, 56
  - heuristische functie 145
  - als heuristisch hulpmiddel 59
  - als methode 58
  - methodologische status van de 49, 55
  - organistische tak 27
  - als taal 56
  - als zienswijze 57
  - en wiskunde 58
- systeemontwerp 131
- systeemreticulatie 233
- systeemstabiliteit 219, 220
- systeemstructuur, veranderen van de 184
- systeemtheorie 156
  - algemene 12
  - mathematische 58
- Teamtheorie 158
- technologie 202
- technologie en organisatie 154
- termen, afgeleide 35
  - observationele 34
  - primitieve 35
  - theoretische 34
- terminologie 25, 38
  - coherentie van de 39
  - consistentie van de 39
  - van de organisatiekunde 164
- precisie van de 40
- vruchtbaarheid van de 41
- vrijheidsgraden van de 41
- terminologische stelsels 23
- terugkoppeling 208
- theoreticus 6
- theoretisch monisme 45
  - pluralisme 46, 47, 49, 56
- inhoud 39
- stelsels 23
- taal 36
- theorie 33
  - en praktijk 5, 166
  - bruikbaarheid van een 50, 53
  - informatieve waarde van een 51
  - van de open systemen 78
  - praktische waarde van een 24
  - uitbreidbaarheid van een 51
- theorievorming 167
- toepasbaarheid 7
- toestand 122
- toestandsbeschrijving 69, 80, 123
- toestandsruimte 122
- toestandsvergelijking, 123
- toestandsverzameling 122
- toetsbaarheid 30
- transactional approaches 74
- tijdstippen-verzameling 95
- tijdsverschuiving 124
- unity of science movement 12
- universum 103, 106
- vakjargon 6, 42
- verifiëren 35
- verklaaren 31
- verklaring 32
- voorspelbaarheid 213, 216, 217, 218
- voorspellen 31
- voorspelling 32
- waardenbereik 94
- waardeoordelen 37
- waarneembaar 128
- waarneembaarheid 127, 134, 218
- wet, experimentele 33
- wet, theoretische 33
- wet van de vereiste variëteit 137
- wetenschap 21, 30, 31
- wetenschappelijke bedrijfsvoering 159
- wiskunde 43, 58



## STELLINGEN

### I

De opvatting van Heijnsdijk dat bij een interdisciplinaire benadering geen beperkingen worden ondervonden van een kenobject is onjuist.

(L. Heijnsdijk: 'De interdisciplinaire benadering in wetenschapsbeoefening en wetenschapstoepassing' Universitaire Pers Rotterdam, 1970)

### II

De wiskundige constructie die door Suppes en Zinnes met empirisch relationeel systeem wordt betiteld is niet empirisch.

(P. Suppes en J.L. Zinnes 'Basic measurement theory' in: R.D. Luce e.a. 'Handbook of Mathematical Psychology vol I' New York, 1963)

### III

Het zogenaamde management by exception is, meestal impliciet, gebaseerd op onrealistische opvattingen t.a.v. de motivatie van de leden van een organisatie.

(G.H. Hofstede: 'The game of budget control' Assen, 1967)

### IV

Het zogenaamde homogeniteitsbeginsel bij het ontwerpen van taken in organisaties moet uit het oogpunt van de sociale aanvaardbaarheid op zijn minst gedeeltelijk negatief worden beoordeeld.

### V

De belangrijkste eigenschap van de systeemleer is dat het geen empirische theorie is.

### VI

Emery en Trist's omgevingstypologie munt niet uit in duidelijkheid en systematiek.

(F. Emery en E. Trist: 'The causal texture of organizational environments' Hum. Relations 18 (1965))

## VII

Universitaire studierichtingen waarbij wetenschapsleer geen onderdeel uitmaakt van het verplichte studieprogramma vertonen een ernstig tekort.

## VIII

Aangezien de bevordering van de mondigheid een essentiële doelstelling behoort te zijn van alle vormen van onderwijs moet in elke opleiding een, overigens aan het niveau van die opleiding aangepaste, inleiding in wetenschap en wetenschapsleer worden opgenomen.

## IX

De mening dat grotere openheid, in de zin van een grotere beschikbaarheid van informatie voor alle betrokkenen, steeds met grotere democratie gepaard gaat kan worden aangevochten.

(S. Bråten: 'Model monopoly and communication: systems theoretical notes on democratization' *acta sociologica* 16 (1973) 2.

## X

Temeer daar blijkens de memorie van toelichting de W.U.B. 1970 naast de democratie tevens de doelmatigheid beoogt, moet de geringe aandacht voor bedrijfskundige aspecten als een ernstig gebrek worden aangemerkt.

## XI

De nadruk die door voorstanders van de emancipatie van de vrouw wordt gelegd op de betekenis in dit verband van een gesalarieerde betrekking kan tot het betreuwenswaardige misverstand leiden dat geëmancipeerd zijn synoniem is met het hebben van een werkkring.

STELLINGEN behorende bij het proefschrift  
SYSTEEMLEER EN ORGANISATIEKUNDE

van

A. C. J. de Leeuw

13 december 1974