

## SYSTEMEN EN SIMULATIE (II)

door Drs. A. Bosman

### Simulatie<sup>1)</sup>

#### 6 *Simulatie, enkele definities*<sup>2)</sup>

Simulatie werd in par. 4 een vierde instrument, naast de verbale, grafische en wiskundige aanpak, genoemd voor het oplossen van problemen. Er is echter niet alleen een verschil in instrumentarium tussen de simulatie en de andere, maar ook een wezenlijk verschil in benadering van het probleem. Het is in het bijzonder de bedoeling van dit artikel de aard en het karakter van dit verschil te belichten. Alvorens hiertoe over te gaan zal eerst moeten worden vastgesteld wat hier onder simulatie wordt verstaan. Deze begripsbepaling zal geschieden aan de hand van een drietal definities uit de Amerikaanse literatuur.

Chorafas definieert simulatie als: „essentially a working analogy. Analogy means similarity of properties or relations without identity”<sup>3)</sup>. Shubik omschrijft het als: „A simulation of a system or an organism is the operation of a model or simulator which is a representation of the system or organism. The model is amenable to manipulations which would be impossible, too expensive or impractical to perform on the entity it portrays. The operation of the model can be studied and, from it, properties concerning the behavior of the actual system or its subsystem can be inferred”<sup>4)</sup>. Beide definities stemmen overeen in de stelling dat er een analogie (overeenkomst) moet zijn tussen de werkelijkheid en het systeem waarmee de simulatie wordt bedreven. Op dit punt raken ook de begrippen systeem en simulatie elkaar, omdat, zoals in par. 2 werd opgemerkt, er eerst van een abstract systeem kan worden gesproken als de voorspellende waarde ervan groot is. Er rijzen echter ondanks, of dank zij, deze beide definities vragen over het karakter van de simulatie, waarop door deze geen antwoord wordt gegeven. Op enkele van deze vragen zal hier, aan de hand van een definitie van simulatie van Churchman, worden ingegaan<sup>5)</sup>. Volgens Churchman is de stelling, „x simulates y true if and only if:

- a x and y are formal systems,
- b y is taken to be the real system,
- c x is taken to be an approximation to the real system,
- d the rules of validity in x are non-error-free”.

Met het begrip „formal system” doelt Churchman op het abstracte systeem, zoals dit in par. 2 werd omschreven. Zijn „formal system” veronderstelt een

---

<sup>1)</sup> De schrijver is dank verschuldigd aan Prof. Dr. F. J. de Jong voor zijn kritische opmerkingen naar aanleiding van de inhoud van par. 8 in een voorgaande versie van dit artikel. Uiteraard is alleen de schrijver verantwoordelijk voor de fouten in dit artikel.

<sup>2)</sup> Een bijzonder goed boek over simulatie, waarvan bij het schrijven van dit artikel dankbaar gebruik is gemaakt, is dat van T. H. Naylor, J. L. Balintfy, D. S. Burdick en K. Chu: *Computer Simulation Techniques*, New York, 1966.

<sup>3)</sup> D. M. Chorafas: *Systems and Simulation*, New York 1965, p. 15.

<sup>4)</sup> M. Shubik: „Simulation of the Industry and the Firm”, *American Economic Review*, Vol L (1960), nr. 5, p. 909.

<sup>5)</sup> C. W. Churchman: „An Analysis of the Concept of Simulation”, *Symposium on Simulation Models: Methodology and Applications to the Behavioral Sciences*, eds. A. C. Hoggatt en F. E. Balderston, Cincinnati 1963.

weergave in een bepaalde taal, bijv. de wiskunde of een programma voor een elektronische rekenmachine, die het mogelijk maakt de, in het systeem opgenomen, veronderstellingen en hypothesen vooral op actualiteit te toetsen. De vraag rijst of Churchman met het stellen van deze voorwaarde het toepassingsgebied van de simulatie aan de ene kant niet teveel inperkt en aan de andere kant niet te ver uitbreidt. De beperking schuilt in de eis dat  $y$  een abstract systeem moet zijn, de uitbreiding in het feit dat hij het opstellen van theorieën en het analyseren van abstracte systemen als synoniemen ziet<sup>6)</sup>. Een uitgangspunt dat, zoals zal worden aangetoond, wel in overeenstemming is met de methodologie. Gegeven het feit dat ook Churchman als voorwaarde voor simulatie - zie punt c - noemt de benadering van de werkelijkheid, is het moeilijk het verschil tussen  $x$  en  $y$ , mede gelet op de punten a en b, aan te geven<sup>7)</sup>. Bovendien zouden niet tot de simulatie worden gerekend alle gevallen waarin men - zonder een aan een theorie ontleende voorkennis - wel bepaalde aspecten van de werkelijkheid kan meten, terwijl men met behulp van een abstract systeem  $x$  tracht bepaalde hypothesen omtrent deze werkelijkheid te toetsen, of tracht een inzicht in het „gedrag” van deze werkelijkheid te verkrijgen. Voorwaarde d van Churchman heeft als achtergrond de overweging dat de waarden van de parameters in het abstracte systeem  $x$  doorgaans door middel van een steekproef zijn bepaald. Dit betekent dat conclusies die men op grond van uitkomsten van het systeem  $x$  trekt slechts gelden binnen de grenzen van de betrouwbaarheid die men op grond van de steekproef kan stellen. Soms is het echter mogelijk de waarde van een variabele eenduidig te bepalen. Niettemin is het ook in die gevallen gebruikelijk van simulatie te spreken. Voorwaarde d is derhalve niet algemeen geldig.

Rekening houdende met de bezwaren tegen de definitie van Churchman naar voren gebracht, zou men simulatie nu als volgt kunnen omschrijven. Er is van simulatie sprake als men een abstract systeem  $x$  kan opstellen, dat in een of andere „taal” kan worden weergegeven zodanig dat een oplossing van het gestelde probleem kan worden gevonden. Deze oplossing moet aan twee voorwaarden voldoen:

- a binnen bepaalde grenzen een benadering van de werkelijkheid geven. Deze benadering moet zodanig zijn dat er van een zekere analogie met deze werkelijkheid kan worden gesproken;
- b de oplossing moet zijn gevonden met behulp van een op consistentie verifieerbare analyse. In de volgende paragrafen zal worden aangetoond dat de inhoud van dit begrip verificatie verschilt van de betekenis die het doorgaans heeft.

## 7 *Simulatie, instrumenten en methoden*

De in de vorige paragraaf gegeven definitie van simulatie sluit bepaalde vormen

<sup>6)</sup> Duidelijk komt dit naar voren in C. W. Churchman: *On Inquiring Systems*, rapport SP - 877 System Development Corporation, Santa Monica 1962.

<sup>7)</sup> Volgens Churchman zijn de verzamelingen  $x$  en  $y$  niet isomorf, d.w.z. niet eenduidig gelijk. Zou dit wel het geval zijn dan zou er tussen de verzamelingen een equivalentierelatie bestaan. Een dergelijke relatie is:

a reflexief, d.w.z. elke verzameling is equivalent met zichzelf. ( $x \infty x$ , voor zowel  $x$  als  $y$ ).

b symmetrisch: uit  $x \infty y$  volgt  $y \infty x$ .

c transitief: uit  $x \infty y$  en  $y \infty z$  volgt  $x \infty z$ .

Het bestaan van symmetrie in de simulatie moet ten sterkste worden betwijfeld. Daarnaast bestaat over het probleem van de reflexiviteit van relaties in het algemeen in de wetenschap geen overeenstemming.

ervan uit, met name die waarin het abstracte systeem uit die definitie zou worden ergoten in de vorm van een analoog model. De uiteenzetting beperkt zich tot de simulatie met behulp van digitale elektronische rekenmachines, in het Angelsaksisch veelal aangeduid met de term digital simulation. Voorts worden de problemen rond de vragen waarom en wanneer simulatie toe te passen eveneens buiten beschouwing gelaten<sup>8)</sup>.

Terecht merken Naylor c.s. op dat het opstellen van simulatiemodellen en het werken ermee een aantal problemen oproept die kunnen worden gerekend tot de klassieke problemen van elk wetenschappelijk onderzoek<sup>9)</sup>. De onderstaande negen punten, die volgens hen de belangrijkste stappen omvatten voor het uitvoeren van een simulatie-experiment, zullen dat duidelijk maken.

- 1 Formulering van het probleem.
- 2 Verzamelen en bewerken van gegevens (real world data).
- 3 Formulering van een mathematisch model.
- 4 Schatting van de parameters in dat model op grond van het materiaal verkregen bij punt 2.
- 5 Evaluatie van het model en de geschatte parameters.
- 6 Het opstellen van een programma voor de rekenmachine.
- 7 Falsificatie van het model.
- 8 Het samenstellen van simulatie-experimenten.
- 9 De analyse van de simulatiegegevens.

In deze paragraaf zal voornamelijk aandacht worden besteed aan enkele van de problemen rond de punten 6, 8 en 9.

Het gebruik van abstracte systemen brengt met zich mee dat het tijdselement bij het opstellen van simulatiemodellen een belangrijke rol speelt. Men kan dan ook een onderscheid maken tussen continue en discrete modellen, een onderscheid dat vooral van belang is voor het opstellen van een programma voor de rekenmachine<sup>10)</sup>. In een dynamische analyse gaat het in het geval van een discreet model om het vastleggen van de verschillende toestanden van het systeem in de tijd. In een continu model is het aantal toestanden als het ware oneindig en derhalve niet van belang. Men moet echter eindige differentievergelijkingen ontwikkelen die het verband tussen de exogene variabelen en parameters aan de ene en de endogene variabelen aan de andere kant weergeven. Het gebruik van deze vergelijkingen waardoor men voor een continue analyse toch weer wordt gebonden aan een, in dit geval vast, tijdsinterval brengt voor het oplossen van problemen van enige omvang grote bezwaren met zich mee. De belangrijkste daarvan zijn, naast de hiervoor genoemde, de onmogelijkheid tussentijds de waarden van exogene data en parameters te veranderen en de grote problemen die de samenstelling van een dergelijk model met zich mee brengt. Het bekendste voorbeeld van een model uit deze groep is dat van de industriële dynamica van Forrester<sup>11)</sup>. Het grote voordeel van de continue modellen is dat er bij het samen-

---

<sup>8)</sup> Zie voor een bespreking van deze vragen de literatuur, o.a. T. H. Naylor c.s., t.a.p., en de artikelen in het Simulatienummer, *Maandblad voor Accountancy en Bedrijfs-huishoudkunde*, 39e jrg. (1965), nr. 2/3.

<sup>9)</sup> T. H. Naylor c.s., t.a.p., hfst. 2.

<sup>10)</sup> D. Teichroew en J. F. Lubin: „Computer Simulation - Discussion of the Technique and Comparison of Languages”, *Communications of the A C M*, Vol. 9 (1966), nr. 10.

<sup>11)</sup> J. W. Forrester, t.a.p.

stellen van programma's voor de rekenmachine minder problemen rijzen dan in het geval van de discrete modellen<sup>12)</sup>).

In het geval van het discrete model bestaat het abstracte systeem uit de volgende onderdelen.

- 1 *Componenten*, elementen of sub-systemen die een bepaalde functie - handeling - verrichten.
- 2 Van de ene component naar de andere bewegen zich *stromen* van grootheden, men zou kunnen zeggen goederen in bewerking. Deze stromen zullen veelal niet continu zijn en bestaan uit elkaar op onregelmatige wijze opvolgende grootheden.
- 3 Dit niet continue karakter en de onregelmatigheid in de opvolging ontstaan door de beperkte capaciteit van verwerking in elk der componenten en het stochastische karakter van de exogene variabelen of de parameters in het model. Hierdoor ontstaan als endogene variabelen in het systeem *rijen wachtenden* voor één of meer componenten of als een endogene variabele, het gehele systeem typerende, de gemiddelde doorlooptijd van een bepaalde grootheid.

Het belangrijkste oogmerk voor de bestudering van deze systemen is het onderzoek van het „gedrag” van het systeem en het vaststellen van de vereiste capaciteit ervan. Vrijwel alle simulatiemodellen kunnen worden teruggebracht tot de bovenstaande constructie. Dat heeft ertoe geleid dat men een aantal „simulatietalen” heeft ontwikkeld die men kan gebruiken bij het samenstellen van een programma voor de rekenmachine. Met het ontwikkelen van deze talen komt men de toekomstige gebruiker tegemoet bij de oplossing van een aantal problemen die rijzen indien hij een programma zou willen samenstellen met behulp van één der probleemgeoriënteerde programmatalen, als ALGOL, FORTRAN en PLI.

Terecht merken Krasnow en Merikallio op dat het gebruik van de term simulatietaal voor de aanduiding van deze programma's onjuist is<sup>13)</sup>. Men kan beter van een assemblagetaal voor het samenstellen van simulatieprogramma's spreken. Immers al deze talen zijn zodanig opgebouwd dat de gebruiker de bovengenoemde drie onderdelen van zijn probleem er in kan onderbrengen. Vele van de assemblagetalen die Teichroew en Lubin noemen maken gebruik van een probleemgeoriënteerde taal, de meeste van Fortran<sup>14)</sup>. De twee bekendste assemblagetalen zijn Simscript en GPSS<sup>15)</sup>. Al deze assemblagetalen hebben bepaalde eigenschappen met elkaar gemeen<sup>16)</sup>. Een daarvan is dat men bij de simulatie veelal niet werkt met variabelen die één waarde hebben, maar met variabelen die, afhankelijk van het moment, een wisselende verzameling van waarden kunnen omvatten (bijv. een rij wachtenden). Zowel het werken met als het bewaren van variabelen bestaande uit een verzameling van meerdere waarden leveren

<sup>12)</sup> Een aantal toepassingen van continue modellen wordt genoemd door Teichroew en Lubin, t.a.p., p. 725. Een van de bekendste hiervan is die van Forrester waarvoor voor de rekenmachine een assemblagetaal, Dynamo genaamd, werd ontworpen.

<sup>13)</sup> H. S. Krasnow en R. A. Merikallio: „The Past, Present, and Future of General Simulation Languages”, *Management Science*, Vol. 11 (1964), nr. 2.

<sup>14)</sup> Teichroew en Lubin t.a.p., p. 726, tabel II.2.

<sup>15)</sup> *General Purpose Systems Simulator II*, IBM Data Processing Application, 1963; H. Markowitz, B. Hausner en H. Karr: *Simscript: A Simulation Programming Language*, Englewood Cliffs 1963. Voor een bespreking van een aantal andere talen zie, Teichroew en Lubin, t.a.p. en Krasnow en Merikallio, t.a.p.

<sup>16)</sup> Teichroew en Lubin, t.a.p., pp. 730 e.v. en de tabellen III.

bij de toepassing van de normale probleemgeoriënteerde programmeringstalen problemen op. Deze problemen ondervangt men door expliciet met de mogelijkheid rekening te houden dat een variabele meerdere waarden kan omvatten. Een van de bekendste methoden om dit te doen is gebruik te maken van het begrip *lijst* (list). Een lijst is een verzameling waarden, waarbij elk woord bestaat uit twee delen, nl. een deel bevattende de informatie en een deel dat verwijst naar het adres van het volgende woord in de lijst<sup>17</sup>). Door het ontwerpen van speciale programmeertalen, zoals LISP (List Processor) van McCarthy, of door het opnemen van speciale instructies, zoals in de assemblagetalen voor simulatieproblemen, is het mogelijk met lijsten te werken alsof het variabelen zijn<sup>18</sup>). Vrijwel alle bekende assemblagetalen voor simulatieproblemen bevatten de mogelijkheid toevalscijfers uit één of meer van de bekende verdelingen te genereren. Daarnaast kunnen van de endogene variabelen door de programma's bepaalde grootheden van statistische aard, als verwachtingswaarde en standaarddeviatie, worden berekend. Voorts beschikken de assemblagetalen over routines om bepaalde rapporten als uitvoer te verschaffen.

Het samenstellen van experimenten voor de simulatie en de evaluatie ervan levert grote problemen, van voornamelijk statistische aard, op. Twee van deze problemen zullen hier worden genoemd<sup>19</sup>). Dit zijn:

*a* het probleem van de convergentie;

*b* het probleem van de steekproef, in dit specifieke geval de bepaling van het aantal perioden dat de simulatie moet omvatten.

Het probleem van de convergentie raakt dat van het evenwicht dat in het voorgaande artikel reeds werd aangestipt. Het begrip evenwicht werd daar opgemerkt is in een dynamische analyse, uitgaande van een veranderlijke toestand, niet of nauwelijks bruikbaar. Immers in een veranderlijke toestand worden de zgn. evenwichtswaarden geheel of mede bepaald door de exogene variabelen. Het hangt mede van de aard van de verdelingsfuncties, in het bijzonder van de grootte van de spreiding, van deze variabelen af of een al of niet stabiele toestand zal ontstaan. Het begrip stabiliteit vervangt dat van evenwicht. *Eén* van de voorwaarden voor de stabiliteit van een systeem is dat de schatting van de onbekende parameters in het systeem asymptotisch raak kan worden genoemd<sup>20</sup>). Over het algemeen is de snelheid van de stochastische convergentie gering. De reden hiervoor moet ondermeer worden gezocht in het feit dat de standaarddeviatie van het gemiddelde  $\sigma_{\bar{x}}$  van  $n$  waarnemingen worden gevonden door:

$$(1) \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

<sup>17</sup>) Het begrip woord omvat het aantal bits van een geheugenpositie in de rekenmachine.

<sup>18</sup>) P. M. Woodward: „List Programming”, *Advances in Programming and Non-Numerical Computation*, ed. L. Fox, Oxford 1966; A. Newell, F. M. Tonge, E. A. Feigenbaum, B. F. Green en G. H. Mealy: *Information Processing Language - V Manual*, Englewood Cliffs 1965.

<sup>19</sup>) R. W. Conway: „Some Tactical Problems in Digital Simulation”, *Management Science*, Vol. 10 (1963), nr. 1; D. S. Burdick en Th. H. Naylor: „Design of Computer Simulation Experiments for Industrial Systems”, *Communications of the ACM*, Vol. 9 (1966), nr. 5, tevens hfst. 9 van Th. H. Naylor c.s., t.a.p.

<sup>20</sup>) Een schatting van een parameter is asymptotisch raak als deze voor een onbegrensd stijgend aantal waarnemingen stochastisch convergeert naar die onbekende parameter, J. Hemelrijk: *Syllabus van een oriënterende cursus Mathematische Statistiek*, Mathematisch Centrum, Amsterdam 1956/1957.

Deze geringe snelheid van convergeren wordt bevestigd door de resultaten van vele simulaties. Er zijn bij het uitvoeren van simulaties in elk geval twee manieren om de convergentie, zo die mogelijk is, sneller te laten optreden. Deze twee methoden zijn<sup>21)</sup>:

a Een juiste keuze van de uitgangssituatie. Een onjuist gekozen uitgangssituatie - in vele gevallen wordt bijv. de triviale situatie gekozen dat de produktiefactoren volledig onbezet zijn en dat er nergens, afgezien van een rij wachtende orders, rijen wachtende grootheden zijn - kan het optreden van convergentie geruime tijd verhinderen.

b Bij het uitvoeren van verschillende experimenten dezelfde verstoringen in de exogene variabelen gebruiken. Deze methode, die tot een aanzienlijke reductie van de spreiding kan leiden, heeft als groot nadeel dat er een afhankelijkheid ontstaat tussen de verschillende experimenten. Dit brengt dan met zich mee dat vele van de gebruikelijke statistische technieken, die juist uitgaan van een onafhankelijkheid, bijv. de variantieanalyse, niet kunnen worden gebruikt. Een van de grote problemen bij de simulatie is dat de juiste statistische technieken nog ontbreken om de verschillende experimenten, zowel onderling als bij een toetsing ten opzichte van het basismateriaal, op significante verschillen te onderzoeken. Wellicht dat een toepassing van de factoranalyse, dit in verband met de afhankelijkheid, en de spectraalanalyse, omdat het meer gaat om het toetsen van reeksen cijfers dan individuele waarnemingen, betere resultaten zullen geven.

## 8 *Methodologische perikelen*

De methodologie ondervindt in de economie weinig belangstelling. Deze geringe belangstelling is waarschijnlijk verantwoordelijk voor het feit dat de stellingen uit de methodologie, waaraan men in de economie aandacht besteedt, alle reeds voor de tweede wereldoorlog, in het bijzonder door M. Weber, L. Robbins en W. Eucken, zijn ontwikkeld<sup>22)</sup>. Reeds voor de tweede wereldoorlog, in het bijzonder door het werk van Karl Popper, had de methodologie veranderingen ondergaan, die nu algemeen worden geaccepteerd en die het twijfelachtig maken of de stellingen op dit gebied die in de economie nog steeds worden beleden houdbaar zijn<sup>23)</sup>. Wil men de betekenis van de simulatie en die van de bestudering van intern-gedragsmodellen (behavioral models), die nauw aan elkaar verwant zijn, in de economie uiteenzetten dan zal men de methodologie als uitgangspunt hiervoor moeten gebruiken<sup>24)</sup>. Het is met name in het methodologische vlak dat de grote verschilpunten tussen de gebruikelijke analyse en de simulatie moeten worden gezocht. Doet men dit niet, dan loopt elke discussie over dit onderwerp het gevaar te worden gevoerd vanuit onvergelykbare standpunten.

Men kan het werkterrein van de moderne methodologie in navolging van De

<sup>21)</sup> Conway, t.a.p.

<sup>22)</sup> Een goede uiteenzetting over de toepassing van deze stellingen in de economie vindt men in, F. J. de Jong: „Enkele opmerkingen over de methode van analyse in de economie”, *Wijsgerig Perspectief*, 7e jrg. (1966), nr. 2.

<sup>23)</sup> Zie voor de moderne methodologie, K. R. Popper: *Conjectures and Refutations*, Londen 1962, voor economen van belang is vooral, H. Albert: *Theorie und Realität*, Tübingen 1964. Een zeer goede Nederlandse publicatie over dit onderwerp is, A. D. de Groot: *Methodologie*, Den Haag 1961.

<sup>24)</sup> J. L. Bouma: *De toepassing van intern-gedragsmodellen in de bedrijfseconomie*, Leiden 1967.

Groot afbakenen met wat hij noemt de empirische cyclus. Deze cyclus wordt gevormd door de begrippen observatie → inductie → deductie → toetsing → evaluatie. Een theorie omvat dan:

- a. een theoretisch model, langs deductieve weg tot stand gekomen en eventueel losgemaakt van de empirie;
- b. de daaruit afgeleide hypothesen en voorspellingen, beide met verbindingen met de empirie;
- c. de empirische bevindingen met de toetsingsresultaten en de evaluatie ervan<sup>25</sup>). De toetsingsresultaten en de evaluatie kunnen weer de invoer (observatie → inductie) vormen voor een nieuwe empirische cyclus. Bij de toetsing moeten vooraf precieze verificatienormen zijn vastgesteld. Dit is noodzakelijk omdat zich drie mogelijkheden kunnen voordoen:
  - 1 de voorspelling is uitgekomen,
  - 2 de voorspelling is niet uitgekomen,
  - 3 de voorspelling kan niet worden geverifieerd.

In dat laatste geval blijkt, veelal door het onvoldoende specificeren van de verificatienormen, de voorspelling niet falsifieerbaar. Men gaat er in het algemeen van uit dat een bepaald theoretisch model of een hypothese waar is, zolang deze niet is gefalsificeerd. Door de verificatie vindt empirische toetsing of *confirmatie* van een theorie plaats. Zoals De Groot opmerkt: „Ceteris paribus zal de confirmatiewaarde van een met positief resultaat geverifieerde voorspelling, of van een afgeleide meer specifieke hypothese, des te geringer zijn naarmate er meer, en meer ingrijpende verbijzonderingsstappen tussen liggen, of naarmate de „logische afstand” tot de oorspronkelijke theorie (of hypothese) groter is. Overeenstemming met de theorie in een bijzonder geval of onder bijzondere condities zegt weinig over de juistheid van de theorie in het algemeen; en wij zijn dikwijls vrijwel gedwongen om „bijzondere condities” in te voeren als wij tot een concrete, verifieerbare voorspelling willen komen”<sup>26</sup>).

De hiervoor uiteengezette fasen van de empirische cyclus kunnen nu enerzijds worden vergeleken met de negen stappen noodzakelijk voor de uitvoering van een simulatie, anderzijds met de in de economie gebruikelijke methodologische instrumenten. De eerste twee fasen van de empirische cyclus zullen hier de invoerkant van de cyclus worden genoemd, de twee laatste fasen de uitvoerkant ervan. De derde fase komt dan overeen met het model van een theorie. Een vergelijking van de negen stappen voor het oplossen van een probleem met behulp van simulatie met de 5 fasen van de empirische cyclus leert dat, afgezien van de eerste stap en fase, de volgende vier aan elkaar gelijk zijn. De volgende vier stappen bij de simulatie zijn noodzakelijk om het verschil tussen de eerste stap en eerste fase te ondervangen. Immers bij de simulatie gaat men uit van een probleem en tracht daarvoor een oplossing te geven, bij de theorievorming gaat men uit van observatie en tracht daarvoor een verklaring te geven. Het verschil is zeker niet principieel, omdat men moet bedenken dat de uitvoer van de ene empirische cyclus weer kan dienen als invoer voor een volgende. Daarnaast zijn de laatste vier stappen voor het oplossen van simulatieproblemen meer een uitvloeisel van het instrument, dat men bij deze methode van onderzoek gebruikt, dan een gevolg van een verschil in benadering.

<sup>25</sup>) A. D. de Groot, t.a.p., pp. 85 e.v.

<sup>26</sup>) A. D. de Groot, t.a.p., p. 83.

Vergelijkt men de in de economie gebruikelijke methodologische instrumenten hiermee, dan blijkt er slechts één punt van overeenstemming te bestaan en die vindt men in de deductieve fase van de empirische cyclus. De klemtoon in de economie ligt op het consistente karakter van het model, terwijl de nadruk bij de simulatie ligt op de analogie met de werkelijkheid<sup>27)</sup>. Aan het ontwikkelen van modellen die zich lenen voor empirische toetsing wordt, met uitzondering van door econometristen opgestelde macro-economische modellen, in de economie geen aandacht besteed. Het zal geen verwondering wekken dat dit standpunt ook bepaalde gevolgen heeft voor de invoerkant van de cyclus. Om tot consistente modellen te kunnen komen gaat men uit van axioma's, die men aprioristisch als juist meent te kunnen aanvaarden, zoals Robbins<sup>28)</sup>, of men tracht via de isolerende abstractie structurelementen voor de opbouw van een model te vinden, zoals Eucken<sup>29)</sup>. Vertaald in termen van de simulatieaanpak en de empirische cyclus betekent dit dat de invoer zich niet leent voor falsificatie. Het is in het bijzonder het instrument van de isolerende abstractie dat de breuk tussen de fase van de deductie en die van de toetsing heeft teweeggebracht. De gedachte dat men uitgaande van de isolerende abstractie door middel van de afnemende abstractie tot toetsbare hypothesen zou kunnen komen, moet als onjuist van de hand worden gewezen. Onjuist, omdat het afnemen van de abstractie impliceert dat het isolerende element op een gegeven moment moet worden losgelaten.

Het uitgangspunt bij de opbouw van een model moet worden gezocht in de generaliserende abstractie, waarbij men de falsifiëring van in- en uitvoer mogelijk moet maken. Doet men dit dan verliest het in de economie bekende onderscheid tussen juist en actueel haar waarde. Juist en niet actueel en niet juist en actueel kunnen dan dezelfde oorzaak hebben, nl. dat de invoer niet kan worden geverifieerd. Het onderscheid juist en actueel kan dan ook beter worden vervangen door dat tussen waar en niet waar. Waar betekent geverifieerd - niet falsificeerbaar, niet waar, betekent geverifieerd, wel falsificeerbaar. Overigens kan men ook in het geval van de generaliserende abstractie een onderscheid maken tussen modellen die hypothesen opleveren die niet geografisch en tijdrumtelijk zijn gebonden en modellen waaruit hypothesen resulteren die dit wel zijn. In het algemeen is de confirmatiewaarde van de eerste hoger, omdat zij minder gemakkelijk kunnen worden getoetst. De tweede zou men, wat overdreven geformuleerd, theorieën op het tweede plan kunnen noemen. Men zal er, in het bijzonder door toepassing van de empirische cyclus, voortdurend naar streven theorieën op een hoger plan te brengen, d.w.z. er hypothesen van een meer algemeen karakter, ook wel nomologische hypothesen genoemd, aan te ontlenen.

Zoals reeds werd opgemerkt bestaan er tussen de wetenschapsbeoefening volgens de empirische cyclus en de aanpak van problemen met behulp van simulatie geen grote verschillen. Het verschilpunt tussen beide moet worden gezocht aan de invoerkant. Bij de simulatie gaat men expliciet uit van een bepaald probleem, bij de empirische cyclus zal deze probleemstelling impliciet aanwezig moeten zijn. In het laatste geval kan deze, eventueel met een bepaalde verande-

<sup>27)</sup> Deze analogie moet tot uitdrukking komen in een hoge voorspellende waarde van het systeem.

<sup>28)</sup> L. Robbins: *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, Londen 1949, pp. 78 e.v.

<sup>29)</sup> W. Eucken: *Die Grundlagen der Nationalökonomie*, Berlijn 1950, pp. 69 e.v.

ring, worden ontleend aan een voorgaande cyclus of anders kan deze op een groot aantal andere manieren ontstaan<sup>30</sup>). Essentieel is echter dat men, meestal door opeenvolgende empirische cycli, de logische volgorde van in- naar uitvoer tracht vast te houden. Bij de systeemanalyse ligt de zaak veelal anders. Men start met een probleem en tracht dit op te lossen. Deze oplossing probeert men dan als het ware te vinden uitgaande van het idee van de „black box”. Deze zwarte doos heeft een bekende in- en uitvoer, wat er echter binnen in deze doos plaats heeft weet men niet. Men stelt nu bepaalde hypothesen op die het proces in de doos *zouden* kunnen beschrijven. Het al of niet juiste karakter van deze hypothesen wordt getoetst aan de hand van de erop gebaseerde voorspellingen t.a.v. uitvoer. Worden deze niet gefalsifieerd dan *zouden* de hypothesen gezamenlijk een verklaring kunnen geven van het proces in de doos.

Een gevolg van dit verschil in benadering is dat er verschillen optreden in de verificatieprocedure. Deze verschillen zijn.

- 1 Het is mogelijk een model te toetsen aan de hand van data uit het verleden, omdat een model zal steunen op algemene veronderstellingen. Uiteraard verdient het de voorkeur de toetsing te verrichten d.m.v. een vergelijking van voorspelling en in de toekomst te realiseren grootheden, maar om vele redenen kan dit wel onmogelijk zijn. Een systeem zal men alleen kunnen toetsen aan de hand van voorspellingen van gebeurtenissen die nog moeten optreden. Toetsing m.b.v. data uit het verleden geeft geen enkele garantie, omdat men het systeem altijd zodanig kan specificeren dat in het verleden plaats gevonden gebeurtenissen er door worden aangegeven.
- 2 Een model zal in het algemeen zijn getoetst op het consistente karakter van de er in opgenomen relaties. Bij een systeem in het geval van de simulatie gaat het primair om het *stellen* van hypothesen die tot een goede voorspelling leiden. Problemen rijzen dan speciaal in die gevallen waarin men de simulatie wil gebruiken bij het opstellen van theorieën. Voorbeelden daarvan zijn in par. 2 genoemd, in het bijzonder de theorievorming in het kader van de intern-gedragsmodellen. Deze gedragsmodellen zullen bij de voorspelling van het „gedrag” van een bepaald systeem moeten uitgaan van specifieke hypothesen en de daarbij behorende waarden van de parameters. Deze hypothesen hebben dikwijls een sterk beschrijvend karakter, d.w.z. dat zij aangeven hoe de beslissingsprocedures binnen een onderneming worden uitgevoerd. Men kan deze hypothesen op een hoger plan brengen, bijv. door de parameters niet te specificeren en ze in bepaalde groepen, naar de aard van de doeleinden waarvoor ze worden gebruikt of naar de aard van de problemen die ze moeten oplossen, onder te brengen. Baanbrekend werk is in dit opzicht verricht door Simon, March en andere Amerikaanse onderzoekers<sup>31</sup>). Men zou zich als taak kunnen stellen op een nog hoger plan de vraag naar het „waarom” van de in deze hypothesen vastgelegde procedures te beantwoorden. Dan rijst een nieuw verificatieprobleem, omdat men moet vaststellen of het antwoord op de vraag

---

<sup>30</sup>) De wijze waarop een probleemstelling kan ontstaan is nog altijd één van de meest mysterieuze delen van de methodologie, zie A. D. de Groot, t.a.p.

<sup>31</sup>) R. M. Cyert en J. G. March, t.a.p.; C. P. Bonini, t.a.p.; J. G. March en H. A. Simon: *Organizations*, New York 1961; H. J. Leavitt: *Managerial Psychology*, Chicago 1964; een uiteenzetting over de relaties tussen de Nederlandse bedrijfseconomie en de intern-gedragsmodellen geeft J. L. Bouma: *Ondernemingsdoel en Winst*, Leiden 1966.

naar het waarom in overeenstemming is, d.w.z. kan worden getoetst, aan de hand van de reeds opgestelde hypothesen op een lager plan. Deze toetsing is, door het ontbreken van data, adequate toetsingsmethoden en verificatienormen, een probleem waaraan, ook in de methodologie, tot nu toe geen enkele aandacht is besteed. Zeker is dat in dit verband een benadering vanuit wetenschappen, ingedeeld en onderscheiden naar een kenobject, weinig waarborgen biedt dat ooit een oplossing zal worden gevonden. Door het interdisciplinaire karakter van de problemen zal men meer resultaten mogen verwachten van een nauwere samenwerking tussen de diverse vakgebieden, of van de ontwikkeling van nieuwe wetenschappen die niet meer aan een kenobject zijn gebonden maar die vanuit een bepaalde overeenstemming in methodiek zijn ontstaan. Voorbeelden van deze laatste zijn het operationeel onderzoek en de cybernetica. Misschien dat de simulatie op de rekenmachine in de toekomst een zodanige formaliteit in de methodiek voor het oplossen van problemen met zich zal meebrengen dat hieruit een nieuwe wetenschap ontstaat. De oplossing van het hier geschetste probleem zou dan in het bijzonder op het terrein van deze wetenschap liggen.

Na deze uiteenzetting is het mogelijk terug te keren naar de definitie van Churchman. Wil men de werkelijkheid in een abstract systeem  $y$  formuleren, zodanig dat deze afbeelding zeer nauwkeurig is, dan rijst de vraag welke zin het nog heeft daarnaast een systeem  $x$  te ontwerpen dat een minder nauwkeurige afbeelding geeft. De enige reden hiervoor zou kunnen zijn, en dit is dan geheel in overeenstemming met de gedachtengang van Churchman, dat het abstracte systeem  $y$  wordt gezien als een theorie waaruit moeilijk toetsbare hypothesen kunnen worden afgeleid. Deze hypothesen zou men dan met het systeem  $x$  kunnen trachten op te stellen. Deze interpretatie sluit geheel aan bij die van de werking van de empirische cyclus, zoals hiervoor uiteengezet. Zou deze interpretatie de gedachtengang van Churchman juist weergegeven, dan moet voorwaarde  $b$  uit zijn definitie echter wel op een bijzondere wijze worden geïnterpreteerd.

## 9 *Systeem en simulatie*

In tabel II werd simuleren gekoppeld aan data genereren, berekenen en besturen. In het algemeen zal de simulatie kunnen worden gebruikt voor zowel de verklaring als de toepassing<sup>32)</sup>. In de eerste sector van deze twee heeft men het meeste werk verricht. Verwacht mag worden dat hieruit bepaalde conclusies t.a.v. de toepassing kunnen worden getrokken. In het bijzonder zal de simulatie op het gebied van wat men nu systeemonderzoek noemt een grotere rol moeten gaan spelen dan er nu doorgaans voor wordt ingeruimd. Immers de mogelijkheid bestaat nu ontworpen systemen te bestuderen op hun „gedrag” onder hypothetische omstandigheden. Het op deze wijze gecreëerde laboratorium stelt de mens in staat na te gaan hoe systemen zich zullen en kunnen gedragen, welke factoren daarbij van essentieel belang zijn en welke informatie van buiten een storende invloed op het systeem kan uitoefenen. Het behoeft geen betoog dat het kennen van al deze grootheden van essentieel belang is voor de opbouw van enerzijds nieuwe systemen, anderzijds voor de constructie van adequate normen

<sup>32)</sup> Voor een verdere uiteenzetting over de voorwaarden voor toepassing van deze technieken zie men, A. Bosman: „De elektronische rekenmachine: rekenen en redeneren”, *Bedrijfseconomische Verkenningen*, red. J. L. Bouma en H. Willems, Den Haag 1965.

voor de besturing van bestaande systemen<sup>33</sup>). Met name t.a.v. dit laatste punt bestaat er dikwijls nog veel misverstand over de vraag welke rol de elektronische rekenmachine als besturend apparaat hierbij kan spelen.

Het „gedrag” van de bedrijfshuishouding wordt bepaald door de honderden beslissingen die daarin dagelijks worden genomen. Door deze beslissingen wordt de bedrijfshuishouding bestuurd. Het ligt daarom voor de hand bij de opbouw van de organisatie van een dergelijke huishouding de besturing centraal te stellen. Het nemen van beslissingen in een organisatie kan men in de vorm van die van een systeem weergeven. De informatie kan men beschouwen als de invoer, het nemen van de beslissingen geschiedt dan in het uitvoeringselement en de beslissingen zelf zijn de uitvoer<sup>34</sup>). Vergelijkt men deze drie stappen met die welke in paragraaf 3 als essentieel voor de opbouw van een systeem werden genoemd, dan ziet men dat de terugkoppeling ontbreekt. Het al of niet aanwezig zijn van dit element speelt in het vraagstuk van de rol van de rekenmachine in de besturing een belangrijke rol. Om dit aan te tonen zullen drie soorten beslissingen worden onderscheiden. De eerste twee van deze drie liggen enerzijds dicht bij elkaar, anderzijds echter, als men een overbrenging van deze beslissingen naar een rekenmachine op het oog heeft, liggen ze mijlen ver van elkaar af. Dicht bij elkaar liggen ze, omdat ze beide worden genomen op grond van een afwijking tussen een expliciet gestelde norm en de realiteit.

- 1 Bij de beslissingen in het *besturingsvlak* wordt op grond van deze afwijking onmiddellijk, via de terugkoppeling, een actie ondernomen. Terugkoppeling is eerst mogelijk indien de oorzaak, die heeft geleid tot de afwijking, kan worden onderkend en kan worden aangegeven welke maatregel, in het geval van meerdere maatregelen welke combinatie daarvan, moeten worden genomen om de afwijking op te heffen.
- 2 De beslissingen in het *onderhandelingsvlak* verschillen van die genoemd onder 1 op één of een combinatie van de volgende vier punten.
  - a. De norm is tot stand gekomen door een aggregatie over een bepaald tijdsinterval, hetgeen betekent dat een vergelijking eerst aan het einde van dit interval mogelijk is. Er treedt dus een relatief grote vertraging op tussen de oorzaak en het moment van actie.
  - b. Door deze vertraging kan de oorzaak op het moment van actie al weer zijn opgeheven.
  - c. Door de aggregatie is de oorzaak veelal niet zonder meer te onderkennen, maar moet men eerst gaan onderzoeken welke deze oorzaak was of welke deze oorzaken waren. Dit leidt dan weer tot een grotere vertraging.
  - d. Zelfs al is de oorzaak direct bekend, dan staat het nog geenszins vast welke actie moet worden ondernomen. Men kan veelal kiezen uit een verzameling van acties, waarbij de keuze niet alleen wordt bepaald door de oorzaak

---

<sup>33</sup>) Er zal hier verder geen aandacht worden besteed aan alle toepassingen van simulatie en systemen. De lezer wordt daarvoor voor de simulatie verwezen naar het Simulatienummer van het *Maandblad voor Accountancy en Bedrijfshuishoudkunde*, jrg. 39 (1965), nr. 2/3 en de daarin genoemde literatuur en naar T. H. Naylor e.a., t.a.p.

<sup>34</sup>) Het betreft hier een zgn. cascadeschakeling, zie par. 3, waarbij men zich de vraag kan stellen of hier wel van een systeem kan worden gesproken. Volgens de in par. 3 gegeven definitie zou dit niet het geval zijn.

maar vaak in nog sterkere mate door de omstandigheden op het moment van de keuze.

Over het algemeen zullen deze acties weinig tijd van voorbereiding vragen.

- 3 Beslissingen in het *planningsvlak* worden genomen aan de hand van een vergelijking tussen een bepaalde verwachting en de realiteit. Tot deze beslissingen moeten worden gerekend die op het gebied van uitbreidingsinvesteringen, assortimentsveranderingen en organisatorische veranderingen. Het kenmerkende van deze beslissingen is dat zij een relatief lange tijd van voorbereiding kunnen vereisen, dat er dikwijls een lange tijd van invoering noodzakelijk is en dat het daarom gewenst is de uitvoering van de beslissing zelf te controleren.

Beslissingen in het besturingsvlak kunnen bij een juiste programmering door de rekenmachine worden genomen. Simulatie kan bij de voorbereiding voor deze programmering van belang zijn om het verband tussen oorzaak en verstoring zo goed mogelijk te kunnen onderkennen. Toepassing ervan is mogelijk in het voorraadbeheer, met name in al die gevallen waarin deze voorraden niet direct aan de produktie zijn gekoppeld. Van essentieel belang voor het systeem is het in dat geval, dat de vraagontwikkeling zo goed mogelijk wordt voorspeld. Beslissingen in het onderhandelingsvlak, één van de belangrijkste categorieën in de bedrijfshuishouding, men denke hierbij aan de budgettering, lenen zich, op grond van de hiervoor genoemde oorzaken, niet zonder meer voor programmering en derhalve voor verwerking op de rekenmachine. Het ligt derhalve voor de hand dat men de laatste jaren naarstig zoekt naar oplossingen om deze beslissingen te kunnen automatiseren<sup>35</sup>). Vele van deze onderzoeken trachten deze oplossing te vinden door inschakeling van de rekenmachine bij de informatieverwerking of door inschakeling van deze machine bij de interpretatie van de geconstateerde afwijkingen tussen norm en realiteit. Langs deze weg bereikt men, naar de mening van de schrijver, geen oplossing. Het probleem moet worden aangepakt van de zijde van de normvaststelling en met name door het op een andere wijze toepassen van de aggregatie. Slaagt men hierin dan kan, althans indien men beschikt over een rekenmachine van voldoende capaciteit wat betreft het interne en externe geheugen, op een relatief eenvoudige wijze het principe van de terugkoppeling worden gebruikt<sup>36</sup>). Beslissingen in het planningsvlak lenen zich op dit moment zeker nog niet voor automatisering. De rekenmachine en ook de simulatie kan hier worden gebruikt om de beslissingsvoorbereiding te verbeteren.

---

<sup>35</sup>) Zie hiervoor bijv. H. Vermeulen: „What Effect Should the New Computer Techniques Have on the Processing of Business Information for Decision-Making by Management”, *Philips Administration Review*, jrg. 20 (1966), nr. 4.

<sup>36</sup>) Op welke wijze de aggregatie moet worden toegepast is uiteengezet in A. Bosman en J. L. Meij: *Networkplanning and Budgeting*, ES/TIMS congres, Warschau 1966. In deze „paper” wordt het probleem van de terugkoppeling aangestipt maar niet verder uitgewerkt. De schrijver hoopt hierop binnenkort nader terug te komen. Een goede uiteenzetting over de toepassing van de terugkoppeling in het kader van de beslissingen in het onderhandelingsvlak geeft C. G. D. Maarschalk: *The Principle of Organization Control Circuits*, rapport C. 7 CIOS XIV Congress, Rotterdam 1966. Het is echter uit zijn verhaal niet duidelijk hoe de standaards (onze normen) worden bepaald.