

Logische formalisering in de sociale wetenschappen: een case study

Gábor Péli, Jeroen Bruggeman, Michael Masuch en Breannán Ó Nualláin*

Summary

Logical formalizing in the social sciences: A case study

It is usually assumed that theories should be consistent and coherent. Unfortunately, inconsistencies, incoherencies, or other logical defects are difficult to detect when a theory is stated in natural language (e.a., English). When a theory is translated into a formal logical language, its structure becomes more explicit, and better accessible for repair. Furthermore, new hypotheses can be derived from a given theory by using the formal machinery. In this paper we show how a formalization in a logical language can be done, by formalizing an important fragment of Michael T. Hannan's and John Freeman's Organizational Ecology in First Order Logic, examining its logical properties, and deriving new theorems.

1. Inleiding

Theorieën in de sociale wetenschappen zijn meestal in 'natuurlijke taal' gesteld (bijv. Nederlands). Sociale wetenschappers trachten logisch te redeneren, maar gebruiken daarbij zelden het instrumentarium van de formele logica. In feite kennen ze dit instrumentarium nauwelijks. Wel hebben ze kennis genomen van de neergang van het logisch positivisme, en daar houdt het mee op (Salmon, 1990).

* Center for Computer Science in Organization and Management, Universiteit van Amsterdam, dat wordt gefinancierd door NWO in een PIONIER project. De auteurs zijn Glenn Carroll, Natalie Glance, Anneke Hakkenberg, Michael Hannan, Jelka Hopster, Anja Krans, Rob Mokken, László Pólos en John Simons dankbaar voor hun commentaar op een eerdere versie.

Om verschillende redenen gaan wij tegen deze stroom in:

1. Logica is nooit weggeweest als informele standaard voor wetenschappelijk redeneren. Zij wijzen bijvoorbeeld wetenschappelijke tijdschriften artikelen af die tegenstrijdigheden bevatten, en geven de voorkeur aan goed beargumenteerde uitspraken en heldere teksten.
2. Logica heeft gedurende de laatste dertig jaar ingrijpende veranderingen ondergaan (Gabbay & Guenther, 1984-1989). Wat in het verleden nog een goede reden leek om formele logica te negeren kan nu een vooroordeel zijn.
3. Het gebruik van formele logica als gereedschap voor redeneren over echte problemen – in plaats van didactische voorbeelden – brengt een groot aantal formules met zich mee. Deze kunnen niet ‘met de hand’ worden verwerkt; rekenautomaten zijn nodig, net zoals bij de statistische verwerking van grote data-verzamelingen. De nodige programma’s (‘theorem-provers’) komen nu langzamerhand beschikbaar, en wettigen een nieuwe kijk op de logica (Bibel, 1987; Fitting, 1990; Ó Nuallain, 1993).

We beweren niet dat de logica een wondermiddel is. De epistemologie heeft het belang van niet-deductieve vormen van redeneren duidelijk gemaakt, zoals metaforen en analogieën (Hesse, 1966; Morgan, 1986). Ook is duidelijk geworden dat de negentiende-eeuwse idee van wetenschappelijke vooruitgang als een stapsgewijze procedure op de maat van de *modus ponens* niet werkt (Kuhn, 1962; Lakatos & Musgrave, 1970). De rol van creativiteit bij het bedenken van nieuwe theorieën lijkt groot, maar – als we hier met een analogie mogen redeneren – net als in de muziek moeten wetenschappelijke theorieën aan meer criteria voldoen dan creativiteit alleen. Theorieën worden bedacht in de ‘context of discovery’, maar verdedigd in de ‘context of justification’ (Popper, 1959), en de laatstgenoemde heeft regels en beperkingen die sterk verschillen van de ‘regels’ van creativiteit.

We leggen ons in dit artikel toe op consistentie, logische geldigheid en helderheid, omdat deze criteria de minimumeisen vormen van ieder wetenschappelijk betoog, onafhankelijk van persoonlijke voorkeuren:

1. Inconsistente (tegenstrijdige) theorieën kunnen niet overtuigen. Bovendien zijn ze niet bruikbaar voor empirische toetsing. Het heeft bijvoorbeeld weinig zin om een uitspraak empirisch te toetsen die zegt dat organisaties met eigenschap *e* deze eigenschap *e* niet bezitten. Zijn evidente tegenstrijdigheden al erg, verborgen tegenstrijdigheden zijn nog erger. Formele logica kan helpen bij het opsporen van zulke contradicties.
2. Logische geldigheid betreft het gebruik van afleidingsregels. Als deze regels verkeerd worden toegepast dan zijn conclusies niet langer geldig. Formele logica kan eveneens helpen om onjuist gebruik van afleidingsregels op te sporen.

3. Onduidelijke betogen zijn moeilijk te begrijpen. Formele logica kan helpen de argumentaties te verhelderen door gebruik te maken van een goed gedefinieerde taal.

Tegenwoordig zijn er vele logische systemen beschikbaar (Gabbay & Guethner, 1984, 1989; Gamut, 1991), variërend in uitdrukkingskracht en rekenkundig gedrag. In dit artikel kiezen wij voor de eerste-orde-logica, ook bekend als predikaat-logica, of eerste-orde-predikaat-logica (kortweg EOL). EOL combineert uitdrukkingskracht met relatief aantrekkelijke rekenkundige eigenschappen. Behalve de eenvoudiger propositielogica is EOL tegenwoordig de meest onderzochte logica.

EOL's semantiek is gebaseerd op de idee dat de wereld kan worden gerepresenteerd door een verzameling objecten (het discussiedomein), die al dan niet bepaalde eigenschappen bezitten, en die in verschillende relaties tot elkaar kunnen staan. EOL's taal weerspiegelt deze semantiek met symbolen voor:

1. *constanten* (namen voor objecten in het discussiedomein);
2. *predikaat symbolen* (namen voor eigenschappen van en relaties tussen objecten in het discussiedomein); wij gebruiken woorden beginnend met een hoofdletter (bijv. 'Size');
3. *kwantoren*, zoals, 'voor alle' (\forall) en 'er bestaat' (\exists);
4. *variabelen* (abstracte namen voor objecten in het domein, in grote lijnen vergelijkbaar met persoonlijke voornaamwoorden); variabelen zijn nodig om het gebruik van kwantoren mogelijk te maken. Wij gebruiken kleine letters x, x_1, y, \dots en kunnen nu zeggen 'Voor alle x, \dots ;
5. *logische connectieven* (zoals 'als-dan'). Logische connectieven maken het mogelijk uit eenvoudige uitdrukkingen complexere uitdrukkingen te verkrijgen. De vijf standaard-connectieven zijn ' \neg ' (negatie, niet), ' \vee ' (disjunctie, of), ' \wedge ' (conjunctie, en), ' \rightarrow ' (materieële implicatie, als-dan), en ' \leftrightarrow ' (equivalentie, dan-en-slechts-dan (desda)).

Adequate logische systemen met de uitdrukkingskracht van EOL hebben geldige regels voor gevolgtrekkingen en logische axioma's die de logica volledig maken. Geldige regels voor gevolgtrekkingen zorgen ervoor dat de conclusies waar zijn, gegeven dat de premissen waar zijn. Volledigheid garandeert dat alles wat (semantisch) waar is in principe kan worden afgeleid.

EOL's uitdrukkingskracht is echter beperkt. Zij is voldoende voor het formaliseren van relatief statische domeinen op eenvoudige wijze. Handelingstheorieën, dat wil zeggen, theorieën die gebaseerd zijn op het concept van (rationele) handeling of interactie, zijn gemakkelijker formaliseerbaar in logische talen die begrippen zoals handeling, preferentie en causaliteit apart kunnen behandelen. Dit is de voornaamste reden voor de keuze van de theorie van organisatie-ecologie als object van onze formalisering; organisatie-ecologie (OE)

ontkent dat rationele handelingen organisatiestructuren of -strategieën determineren (Hannan & Freeman, 1984: 149). Bovendien is OE een relatief volwassen, goed gepresenteerde theorie, hetgeen een poging tot formalisering vergemakkelijkt.

In dit artikel geven wij een voorbeeld van de toepassing van het logische instrumentarium aan de hand van een fragment van de organisatie-ecologie, het zogenaamde 'traagheids-fragment'. Wij laten zien hoe makkelijk dingen mis kunnen gaan – en ook werkelijk mis gaan – als je niet op je logische tellen past. Maar we laten ook zien hoe het gebruik van de formele logica tot de theorieontwikkeling zelf kan bijdragen.¹

2. Organisatie-ecologie

De meeste organisatietheorieën beschouwen organisaties als actoren die structuur en strategie rationeel aanpassen aan veranderende omgevingen (Thompson, 1967; Mintzberg, 1979). Organisatie-ecologie, daarentegen, stelt dat rationele aanpassing aan veranderingen slechts in geringe mate mogelijk is. Organisatiestructuren zijn onderhevig aan selectie door de omgeving. Als omstandigheden in de omgeving veranderen dan ontstaan nieuwe organisaties en nieuwe vormen van organisaties. Slecht aangepaste organisaties gaan ten onder.

OE gebruikt een aantal analogieën uit de biologie. Bij organismen leggen genen het handelingsrepertoire vast, terwijl dit bij organisaties gebeurt via doelen, gezagsverhoudingen, kerntechnologie (core technology), en marketing strategie (Hannan & Freeman, 1986), de vier hoofdkenmerken van organisaties. Organisaties met dezelfde hoofdkenmerken hebben dezelfde vorm, en alle organisaties met dezelfde vorm zitten in dezelfde populatie. Er zijn een heleboel factoren die flexibiliteit en aanpassing in de weg staan, zoals 'sunk costs', coalities, of het verlies van legitimiteit wanneer organisatiedoelen worden veranderd.

In OE wordt de omgeving als in hoge mate onvoorspelbaar beschouwd; dit compliceert rationele aanpassing. En als organisaties zich aanpassen, dan gaat dat langzaam. Dit feit wordt aangeduid met 'structurele traagheid'. In tegenstelling tot de gewone intuïties stelt OE dat succesvolle organisaties structureel traag zijn, niet flexibel. Organisaties moeten hun produkten of diensten betrouwbaar produceren (reliability), en hun beslissingen en handelingen rationeel verantwoorden (accountability). Om dit mogelijk te maken moeten ze hun structuren soepel 'reproduceren', maar factoren die reproduceerbaarheid vergemakkelijken staan flexibiliteit in de weg. Traagheid ontstaat als nevengevolg van reproduceerbaarheid.

OE ontkent niet de mogelijkheid van rationele aanpassing aan veranderingen. Maar als organisaties zich willen aanpassen, dan moeten ze reorganiseren, en reorganisaties zijn gevaarlijk. Er zijn additionele middelen voor nodig, en de leercurve begint opnieuw. En zelfs als een organisatie een reorganisatie overleeft, kan de omgeving ondertussen op onverwachte wijze zodanig zijn veranderd dat de reorganisatie tevergeefs is geweest. Pogingen tot aanpassing hebben dus meestal geen succes. Trage organisaties lopen minder risico om 'te overlijden' dan flexibele organisaties.

Traagheid is om nog een andere reden belangrijk voor OE, want zij verhindert dat organisaties van vorm veranderen. Vorm vervult voor OE dezelfde rol als de soort in biologische populaties, en geeft aan soorten de nodige stabiliteit. Zonder deze stabiliteit zouden konijnen in vossen kunnen veranderen en kerncentrales bijvoorbeeld in kruideniers.

3. Formalisering van het traagheidsgedeelte van organisatie-ecologie

Hannan en Freeman, de grondleggers van OE en de auteurs van het artikel 'Structural Inertia and Organizational Change' (1984), hebben hun theorie door middel van assumpties en theorema's gestructureerd. De belangrijkste conclusies van de theorie zijn gepresenteerd als theorema's, die uit een aantal expliciet genoemde aannamen afgeleid zouden kunnen worden. Het spreekt vanzelf dat deze structuur het logische werk aanzienlijk vereenvoudigd. We nemen aan dat de assumpties en theorema's van Hannan en Freeman de kern van de theorie bevatten, en nemen deze als uitgangspunt. Wij laten vervolgens zien hoe onze formalisering voor een analyse van de verklaringskracht van de theorie kan worden gebruikt. Het zal blijken dat de theorie naast een aantal kleine problemen een belangrijke *non-sequitur* bevat. Deze *non-sequitur* zit in de afleiding van theorema 1, het basis-theorema van het fragment.

Tabel 1. Assumpties en theorema's uit het traagheidsfragment van OE

Assumption 1:	Selection in populations of organizations in modern societies favors forms with high reliability of performance and high levels of accountability.
Assumption 2:	Reliability and accountability require that organizational structures be highly reproducible.
Assumption 3:	High levels of reproducibility of structure generate strong inertial pressures.
Theorem 1:	Selection within populations of organizations in modern societies favors organizations whose structures have high inertia.
Assumption 4:	Reproducibility of structure increases monotonically with age.
Theorem 2:	Structural inertia increases monotonically with age.
Theorem 3:	Organizational death rates decrease with age.
Assumption 5:	The level of structural inertia increases with size for each class of organizations.
Assumption 6:	The process of attempting reorganization lowers reliability of performance.
Theorem 4:	Attempts at reorganization increase death rates.
Assumption 7:	Organizational death rates decrease with size.
Assumption 8:	Structural reorganization produces a liability of newness.
Assumption 9:	The death rate of organizations attempting structural change rises with the duration of the reorganization.
Assumption 10:	Complexity increases the expected duration of reorganization.
Theorem 5:	Complexity increases the risk of death due to reorganization.

3.1. Theorema 1

Het eerste theorema is gebaseerd op drie assumpties. De cruciale uitdrukking in de eerste assumptie is 'selection favors'. Deze uitdrukking is voor de gehele theorie van groot belang, en verdient derhalve enige aandacht. Wat betekent 'selection favors'?

Laten we aannemen dat er op een gegeven moment t_1 een verzameling van objecten bestaat. Noem deze verzameling S_1 . Wanneer 'selectie' objecten verkiest met een eigenschap P, dan zou verwacht mogen worden dat deze selectie, wanneer toegepast op S_1 , een nieuwe verzameling S_2 oplevert op een volgend tijdstip t_2 . S_2 is dan een deelverzameling van S_1 , en de relatieve frequentie van eigenschap P in S_2 is hoger dan in S_1 , dus relatief meer objecten hebben P in S_2 dan in S_1 . Voor individuele organisaties kan dit worden uitgedrukt door te zeggen dat de overlevingskans van een object met P hoger is dan de overlevingskans van objecten zonder P. Op het groepsniveau is de 'sterftevoet' van een verzameling zonder P hoger dan van een verzameling objecten met P.

Als deze analyse van de notie 'selection favors' juist is, dan kan assumptie 1 worden verwoord als 'hoge mate van verantwoording (accountability) en hoge betrouwbaarheid leiden tot hoge overlevingskansen'. Wij hebben daarvoor niet eens de eerste-orde logica nodig, want alle objecten waar wij het over hebben

zijn organisaties. Wij gebruiken derhalve voorlopig de eenvoudiger propositielogica, (waar de betekenis van de logische connectieven dezelfde is als in EOL) en zeggen dat hogere verantwoording en hogere betrouwbaarheid hogere overlevingskansen impliceren:

(A1.P1) $higher_accountability \wedge higher_reliability \rightarrow higher_survival_chance$.

De tweede assumptie voor theorema 1 verbindt verantwoording/betrouwbaarheid met reproduceerbaarheid. Hierin staat het werkwoord 'requires'. We interpreteren 'requires' in termen van een noodzakelijke voorwaarde: als hoge verantwoording/betrouwbaarheid hoge reproduceerbaarheid vereist, dan moeten organisaties met een hoge mate van verantwoording/betrouwbaarheid een hoge mate van reproduceerbaarheid bezitten. De vertaling van assumptie 2 wordt dan:

(A2.P1) $higher_accountability \wedge higher_reliability \rightarrow higher_reproducibility$

Assumptie 3 verbindt reproduceerbaarheid en traagheid. Hierin staat het werkwoord 'generate'. 'Genereren' heeft een causale betekenis, dus zou verwacht mogen worden dat organisaties met hoge reproduceerbaarheid een hoge mate van traagheid vertonen. Deze aanname lijkt redelijk, en zal worden gebruikt voor assumptie 3:

(A3.P1) $higher_reproducibility \rightarrow higher_inertia$.

In theorema 1 komt opnieuw de uitdrukking 'selection favors' voor, dus:

(T1.P1) $higher_inertia \rightarrow higher_survival_chances$

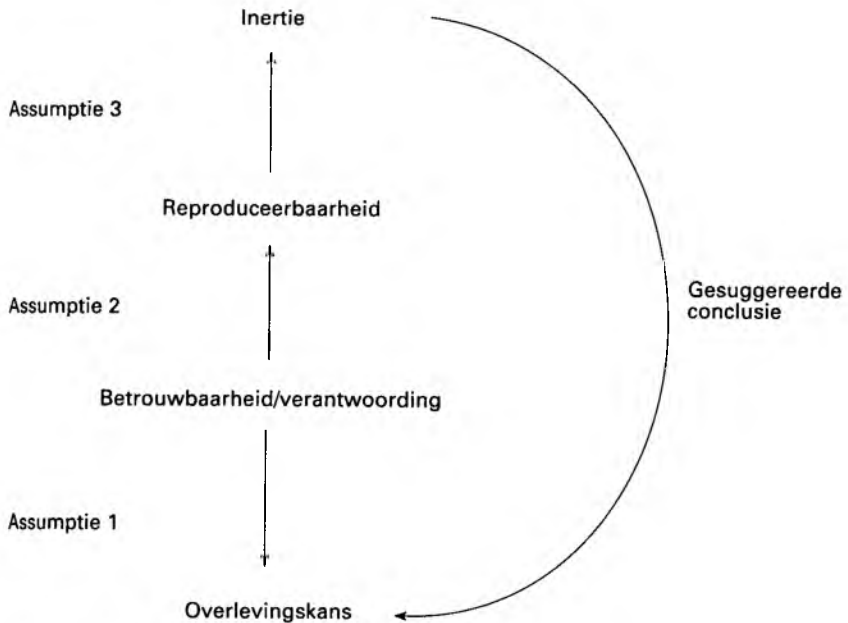
3.1.1 Kan theorema 1 worden afgeleid?

Op het eerste gezicht volgt theorema 1 uit de drie assumpties: als selectie hoge betrouwbaarheid/verantwoording verkiest, en als hoge betrouwbaarheid/verantwoording hoge reproduceerbaarheid vereist, en als hoge reproduceerbaarheid hoge traagheid genereert, dan verkiest selectie hoge traagheid. Maar deze laatste als/dan-bewering bevat een *non-sequitur* (tabel 2, figuur 1):

Tabel 2. De Structuur van de afleiding van theorema 1 (in Propositie-Logische Representatie)

(A1.P1)	$\text{higher_accountability} \wedge \text{higher_reliability} \rightarrow \text{higher_survival_chance}$
(A2.P1)	$\text{higher_accountability} \wedge \text{higher_reliability} \rightarrow \text{higher_reproducibility}$
(A3.P1)	$\text{higher_reproducibility} \rightarrow \text{higher_inertia}$
(T1.P1)	$\text{higher_inertia} \rightarrow \text{higher_survival_chance}$

Er is geen afleiding mogelijk van (T1.P1) uit (A1-A3.P1).



Figuur 1. Visualisering van de structuur van de afleiding van theorema 1.

Wat zouden wij in deze situatie kunnen doen? Wij zouden de theorie dood kunnen verklaren, want het eerste theorema is, zoals wij zagen, cruciaal voor de hele organisatie-ecologie. Maar wij zouden ook naar additionele aannames kunnen zoeken, die theorema 1 kunnen 'redden'. Het theorema wordt namelijk afleidbaar als men de richting van twee pijlen omkeert, of in de formules (A1.P1) en (T1.P1), of in de formules (A2.P1) en (A3.P1). Het omkeren van de pijlen in A1 en T1 is in tegenspraak met de analyse van de betekenis van de bevoording 'selection favors'.² Zou het zinvol zijn om aan te nemen dat traagheid

reproduceerbaarheid impliceert? En dat betrouwbaarheid/verantwoording reproduceerbaarheid impliceert? Wellicht niet in propositielogica, maar in eerste-orde-logica.

3.1.2 Eerste-orde representatie van theorema 1

Om het graduele verschil tussen groepen organisaties te beschrijven gebruiken we nu paren van organisaties, waarbij we aannemen dat de ene organisatie van zo'n paar de relevante eigenschap in hogere mate heeft dan de andere organisatie. In assumptie 1 nemen we aan dat de organisatie met lagere betrouwbaarheid/verantwoording een lagere overlevingskans heeft. Laat O de eigenschap 'organisatie' aangeven, Rel de relatie tussen een gegeven object en zijn betrouwbaarheid, Acc de relatie tussen een gegeven object en zijn verantwoording (accountability), en Sc de overlevingskans van een object, dan kunnen we als volgt formaliseren:

$$(A1.EOL1) \quad \forall x,y,r1,r2,a1,a2,p1,p2[(O(x) \wedge O(y) \wedge Rel(x,r1) \wedge Rel(y,r2) \wedge Acc(x,a1) \wedge Acc(y,a2) \wedge Sc(x,p1) \wedge Sc(y,p2) \wedge (r2 > r1) \wedge (a2 > a1)) \rightarrow (p2 > p1)]$$

(lees: Voor elke $x,y,r1,r2,a1,a2,p1,p2$, als x en y organisaties zijn, en $r1$, $a1$, en $p1$ zijn de 'reliability', 'accountability' en de 'survival chance' van x ; en $r2$, $a2$, en $p2$ zijn de 'reliability', 'accountability' en de 'survival chance' van y ; en $r2$ is groter dan $r1$ en $a2$ is groter dan $a1$, dan is $p2$ groter dan $p1$.)

Oplettende lezers hebben waarschijnlijk al opgemerkt dat we het voorbehoud 'in modern societies' in assumptie 1 niet hebben geformaliseerd. De eerste assumptie is de enige waarin dit voorbehoud voorkomt, maar het is duidelijk dat deze restrictie voor de gehele theorie geldt. We laten het voorbehoud derhalve weg om onnodig gecompliceerde formules te vermijden.

De tweede assumptie stelt dat verantwoording/betrouwbaarheid reproduceerbaarheid vereist. We weten al dat wij de richting van de pijl in assumptie 2 moeten veranderen om theorema 1 af te kunnen leiden. Maar we moeten de oude pijl op z'n plaats laten als we niet met de betekenis van 'require' willen knoeien (die een noodzakelijke voorwaarde uitdrukt, zoals we zagen). We moeten de pijl in omgekeerde richting toevoegen, en dat levert een bi-implicatie op. In propositielogica is een bi-implicatie erg sterk: zij zou tot uitdrukking brengen dat verantwoording/betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid equivalent zijn. In eerste-orde logica zijn de gevolgen van het gebruik van een bi-implicatie minder dramatisch, zoals de formule laat zien. Laat $Repr$ de relatie tussen een gegeven object en zijn reproduceerbaarheid uitdrukken, dan:

(A2.EOL1) $\forall x,y,r1,r2,a1,a2,rp1,rp2[(O(x) \wedge O(y) \wedge \text{Rel}(x,r1) \wedge \text{Rel}(y,r2) \wedge \text{Acc}(x,a1) \wedge \text{Acc}(y,a2) \wedge \text{Repr}(x,rp1) \wedge \text{Repr}(y,rp2)) \rightarrow ((rp2 > rp1) \leftrightarrow ((r2 > r1) \wedge (a2 > a1)))]$

(lees: Voor elke $x,y,r1,r2,a1,a2,p1,p2$, als x en y organisaties zijn, en $r1, a1$, en $rp1$ zijn de 'reliability', 'accountability' en de 'reproducibility' van x ; en $r2, a2$, en $rp2$ zijn de 'reliability', 'accountability' en de 'reproducibility' van y ; dan is $rp2$ groter dan $rp1$, dan en slechts dan als $r2$ groter is dan $r1$, en $a2$ groter is dan $a1$.)

In de representatie van (A2.EOL1) zijn verantwoording/betrouwbaarheid nog steeds semantisch te onderscheiden van reproduceerbaarheid, maar wel is gezegd dat verantwoording/betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid altijd samen moeten toenemen of samen afnemen. Dus, hoe hoger de verantwoording/betrouwbaarheid van een organisatie wordt, hoe reproduceerbaarder zij wordt, en vice versa. Schendt deze uitspraak de gedachtengang achter deze theorie? We denken van niet. Maar de uitspraak reduceert de verzameling organisaties waarvoor de theorie waar is (meer formeel: de klasse van modellen van de theorie) en daarmee de algemeenheid van de theorie, want nu zijn de gevallen uitgesloten waarbij de reproduceerbaarheid onafhankelijk van de betrouwbaarheid/verantwoording verandert.

We weten dat we eveneens de pijl in assumptie 3 moeten veranderen om theorema 1 te redden. We staan voor dezelfde keuzes als bij assumptie 2. Het omkeren van de pijl zou de causale interpretatie van het werkwoord 'generates' aantasten, dus kiezen we opnieuw voor de bi-implicatie. Wij gebruiken *Iner* om de relatie tussen een gegeven object en zijn traagheid aan te geven:

(A3.EOL1) $\forall x,y,rp1,rp2,i1,i2[(O(x) \wedge O(y) \wedge \text{Repr}(x,rp1) \wedge \text{Repr}(y,rp2) \wedge \text{Iner}(x,i1) \wedge \text{Iner}(y,i2)) \rightarrow ((rp2 > rp1) \leftrightarrow (i2 > i1))]$

(lees: Voor elke $x,y,rp1,rp2,i1,i2$, als x en y organisaties zijn, en $rp1$ en $i1$ zijn de 'reproducibility' en de 'inertia' van x ; en $rp2$ en $i2$ zijn de 'reproducibility' en de 'inertia' van y , dan is $rp2$ groter dan $rp1$, dan en slechts dan als $i2$ groter is dan $i1$.)

In de weergave van (A3.EOL1) stelt assumptie 3 nu dat hogere reproduceerbaarheid altijd gepaard gaat met hogere traagheid en vice versa.

We zijn minder zeker dan bij assumptie 2 dat deze interpretatie in de lijn ligt van OE. Theorema 1 is 'gered', maar de prijs is een beperking van de extensie van de theorie, dat wil zeggen de klasse van gevallen waarop deze van toepas-

sing is. Is deze beperking acceptabel, dan is A3.EOL1 een legitieme vertolking van assumptie 3, en theorema 1 is veilig. Hier volgt theorema 1 in EOL:

$$(T1.EOL1) \forall x,y,i1,i2,p1,p2[(O(x) \wedge O(y) \wedge \text{Iner}(x,i1) \wedge \text{Iner}(y,i2) \wedge \text{Sc}(x,p1) \wedge \text{Sc}(y,p2) \wedge (i2 > i1)) \rightarrow (p2 > p1)]$$

(lees: Voor elke $x,y,i1,i2,p1,p2$, als x en y organisaties zijn, en $i1$, $rp1$, en $p1$ zijn de 'inertia', de 'reproducibility', en 'survival chance' van x ; en $i2$, $rp2$, en $p2$ zijn de 'inertia', de 'reproducibility', en 'survival chance' van y ; en $i2$ is groter dan $i1$, dan is $p2$ groter dan $p1$.)

(T1.EOL1) volgt uit (A1-3.EOL1) door het twee keer toepassen van de 'cut rule'.

3.2. Theorema 2 t/m 5

Met de volgende theorema's zijn er minder problemen. Theorema 2 (structurele traagheid gaat samen met leeftijd) is inderdaad afleidbaar, zij het dat niet assumptie 4 voor de afleiding nodig is, zoals Hannan en Freeman suggereren, maar assumptie 3, want voor theorema 2 is een assumptie nodig die een verband geeft tussen reproduceerbaarheid en traagheid.³ Wij ontdekten dit ook pas nadat de formalisering voltooid was. Theorema 3 komt overeen met Stinchcombes beroemde hypothese over de kwetsbaarheid van nieuwe organisaties ('liability of newness'). Theorema 3 is eveneens afleidbaar, maar er is een soortgelijk probleem als bij theorema 2: niet alleen theorema 2 en assumptie 4 zijn nodig voor de afleiding van theorema 3, maar ook assumptie 3.

De laatste twee theorema's brengen een nieuw aspect van de theorie naar voren: aanpassing door reorganisatie. In de theorie als geheel speelt rationele aanpassing als succesvolle overlevingsstrategie een geringe rol. Organisaties kunnen een poging tot reorganisatie doen, maar dat is erg riskant. Dit is dan ook wat theorema 4 in feite zegt: reorganisaties verhogen het 'overlijdensrisico'.

Op het eerste gezicht is er een contradictie tussen één van de assumpties die theorema 4 onderbouwen en de eerdere assumpties. Uit assumpties 2 en 4 volgt dat betrouwbaarheid/verantwoording toeneemt met de tijd (wij komen hierop terug, want deze gevolgtrekking levert een nieuw theorema op). Assumptie 6 daarentegen verzekert dat betrouwbaarheid/verantwoording gedurende reorganisaties afneemt. Er zou zich een contradictie voordoen tenzij één van de voorgaande assumpties wordt beperkt tot periodes waarin niet gereorganiseerd wordt. Wij beperken assumptie 4 (beperking van andere assumpties zou nieuwe technische problemen oproepen).

Maar ook de beperking van assumptie 4 heeft gevolgen voor de betekenis van theorema's 2 en 3. Aangezien deze theorema's assumptie 4 vooronderstellen, worden zij door de beperking van assumptie 4 eveneens beperkt (tot reorganisatievrije periodes). Reorganisaties beperken reproduceerbaarheid, maar niet noodzakelijk traagheid. Ze kunnen traagheid doen toenemen, bijvoorbeeld als gevolg van de verwarring die vaak met reorganisaties gepaard gaat. Zulke reorganisaties zijn met assumptie 3 niet te verenigen. Dus moet ook de geldigheid van assumptie 3 worden beperkt.

Theorema 4 ('attempts at reorganization increase death rate') wordt door Hannan en Freeman gepresenteerd als gevolgtrekking uit assumptie 1 en assumptie 6. Assumptie 6 stelt dat betrouwbaarheid gedurende reorganisaties afneemt. Helaas is assumptie 6 niet sterk genoeg voor de afleiding van theorema 4, want de 'verantwoording' wordt in assumptie 6 niet genoemd, maar wel in theorema 4.

Helaas is assumptie 6, samen met de getemporaliseerde versie van (A1.EOL1), niet sterk genoeg om theorema 4 af te leiden, omdat hiervoor zowel betrouwbaarheid als verantwoording nodig zijn. We nemen aan dat Hannan en Freeman simpelweg vergeten zijn om 'verantwoording' in assumptie 6 te noemen (en voegen het derhalve toe aan assumptie 6).

Theorema 5 ('complexity increases the risk of death due to reorganization') zou moeten volgen uit assumptie 9 en assumptie 10. Assumptie 9 zegt dat lange reorganisaties gevaarlijker zijn dan korte reorganisaties. Assumptie 10 stelt dat complexiteit reorganisaties verlengt, maar er zijn problemen met deze assumptie. Omdat reorganisaties gevaarlijk zijn zullen vele organisaties juist tijdens de reorganisatie sneuvelen. Het lijkt redelijk om aan te nemen dat de dood van een organisatie tevens het einde van haar bestaan betekent. Maar als dat zo is dan zijn dodelijke reorganisaties mogelijkwijs relatief kort, en dat is in tegenspraak met assumptie 10.

Er zijn nog andere problemen met theorema 5. De uitdrukking 'risk of death due to reorganization' laat verschillende interpretaties toe. Een interpretatie is dat de genoemde uitdrukking de fractie van 'overleden' organisaties aanduidt (gedurende de reorganisatieperiode). Deze interpretatie zou theorema 5 op triviale wijze waar maken omdat de dood toeslaat naarmate de tijd voortschrijdt, dus hoe langer de reorganisatieperiode, hoe groter de kans om niet te overleven. Een andere interpretatie zou 'risk of death due to reorganization' gelijkstellen aan dat deel van de sterftevoet dat voor rekening van reorganisaties komt. Neem twee organisaties x en y , die vergelijkbare reorganisaties beginnen op ta met dezelfde initiële overlevingskansen. De reorganisatieperiode van de minder complexe organisatie x duurt voort tot tb , dus haar overlevingskansen zal op-

nieuw toenemen na *tb*. De meer complexe organisatie *y* is nog in reorganisatie tot *tc*, dus haar overlevingskans zal blijven dalen tot *tc*. In het licht van deze opzet betekent 'risk of death due to reorganization' een verschil tussen overlevingskansen van *x* en *y*. We kiezen de tweede, niet-triviale interpretatie van theorema 5.

Helaas zijn theorema 4 en assumptie 10 niet sterk genoeg om theorema 5 (in de tweede interpretatie) af te leiden. Assumptie 9 garandeert dat overlevingskansen gedurende reorganisaties afnemen, maar zegt niets over de gradiënt van afname. Het is niet uitgesloten dat meer complexe organisaties een hogere levensverwachting hebben dan de minder complexe organisaties, als hun overlevingskansen minder snel afnemen. Wel kunnen we theorema 5 uit theorema 4 en assumptie 10 afleiden, als complexere organisaties geen hogere overlevingskansen hebben op *tb*.

Deze conclusie is niet zonder sociologisch belang. Hannan en Freeman zeggen alleen dat complexiteit nadelig is omdat reorganisaties erdoor verlengd worden. Nu blijkt dat complexiteit geen positieve invloed op overlevingskansen kan hebben tijdens reorganisaties. We noemen deze nieuwe beperking assumptie 11.

3.3. Zes nieuwe theorema's

Formalisering is niet alleen van belang voor het traceren van logische problemen, maar ook voor het ontdekken van nieuwe, voorheen onbekende implicaties van de theorie. Een zo'n theorema kwamen wij al tegen. Het bleek dat assumptie 2 en 4 tezamen impliceren dat betrouwbaarheid en verantwoording eveneens toenemen met de tijd (theorema 6, zie tabel 3 voor een overzicht).

Assumptie 6 in de oorspronkelijke formulering was niet sterk genoeg voor de afleiding van theorema 4. Maar de 'sterke' versie, die wij vervolgens introduceerden, tezamen met assumptie 2, impliceert een uitspraak waaraan al eerder gerefereerd werd: reproduceerbaarheid neemt gedurende reorganisaties af. Omdat reorganisaties op structurele veranderingen mikken wordt de reproduceerbaarheid van de oude structuur verlaagd – dat is de reden van theorema 7.

Dan is er de combinatie van assumptie 5 (structurele traagheid gaat omhoog met de omvang van de organisatie) en theorema 1. Tezamen leveren deze de conclusie op dat het overleidenrisico van grote organisaties kleiner is. Wij waren deze stelling al tegengekomen, en wel als assumptie 7. Het blijkt dus nu dat wij de theorie kunnen vereenvoudigen, en tegelijkertijd de verklarende kracht van de theorie verhogen, door assumptie 7 te schrappen en door het corresponderende theorema te vervangen (theorema 8).

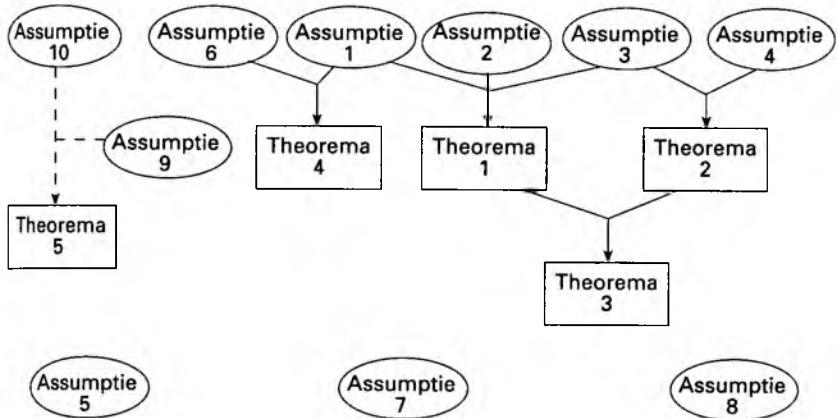
Er zijn nog meer nieuwe theorema's. Uit de vijfde assumptie tezamen met

andere assumpties kunnen twee nieuwe theorema's worden afgeleid. Assumpties 3 en 5 impliceren dat grote organisaties een hogere reproduceerbaarheid hebben dan kleine organisaties (buiten reorganisatieperiodes) (theorema 9). Hebben wij eenmaal theorema 9, dan kunnen wij opnieuw assumptie 2 gebruiken en 'ontdekken' dat grote organisaties hogere betrouwbaarheid/verantwoording hebben dan kleine organisaties, althans onder normale omstandigheden, dat wil zeggen als er geen reorganisaties plaatsvinden.

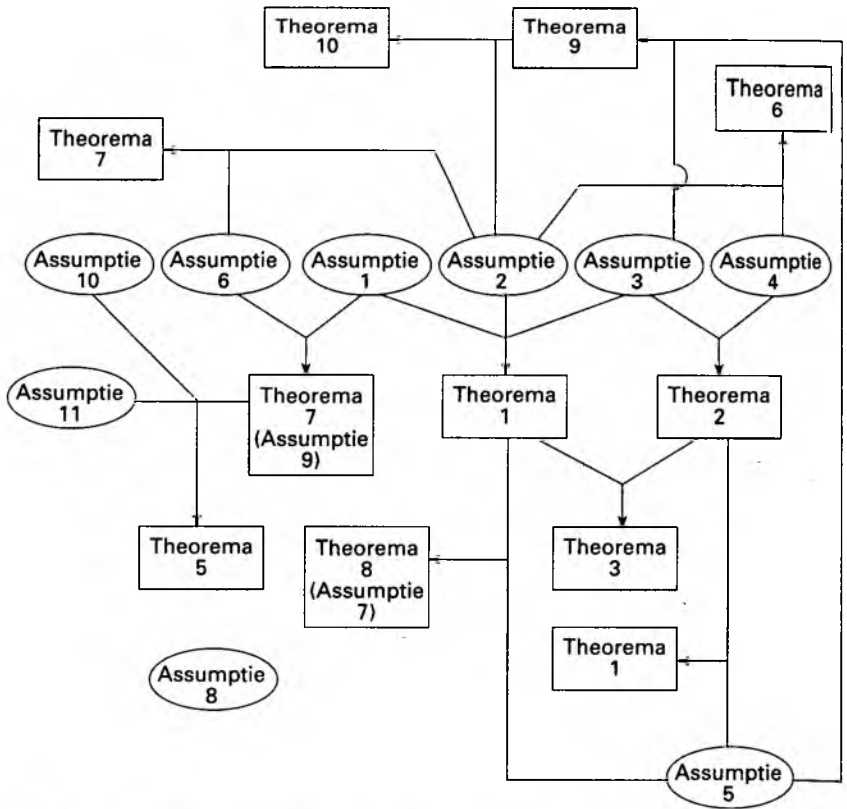
Een derde nieuw theorema is afleidbaar uit assumptie 5 en theorema 2. Als de traagheid van organisaties buiten reorganisatieperiodes toeneemt (theorema 2), en als de traagheid van een organisatie toeneemt met haar omvang (assumptie 5), dan kan de omvang van een organisatie, buiten reorganisatieperiodes, niet afnemen. Dit zou de sociologische intuïtie kunnen tegenspreken, en we zullen er later nog op terugkomen.

Tabel 3. Nieuwe theorema's als gevolg van de formalisatie

Theorema 6:	Betrouwbaarheid en verantwoording van organisaties verbeteren met de tijd.
Theorema 7:	De reproduceerbaarheid van organisaties neemt gedurende reorganisaties af.
Theorema 8:	Kleine organisaties hebben een groter overlijdensrisico dan grote organisaties.
Theorema 9:	Kleine organisaties hebben een lagere reproduceerbaarheid dan grote organisaties.
Theorema 10:	Kleine organisaties hebben een lagere betrouwbaarheid/verantwoording dan grote organisaties.
Theorema 11:	De omvang van organisaties kan niet verminderen tenzij een reorganisatie plaats vindt.



Figuur 2a. De graaf van assumpties en theorema's uit het originele traagheidsfragment.



Figuur 2b. De graaf van assumpties en theorema's uit het geformaliseerde traagheidsfragment.

4. Discussie en conclusies

4.1. Consistentie

Voor zover we door de lens van eerste-orde-logica kunnen zien, is het traagheidsfragment van organisatie-ecologie consistent, althans de uiteindelijke door ons geformuleerde verzameling formules. Wel moest er een onderscheid worden gemaakt tussen organisaties in reorganisatie (theorema's 4 en 5) en organisaties onder normale (= reorganisatie-vrije) condities (theorema's 1, 2, en 3). Er zou een contradictie ontstaan als geen onderscheid wordt gemaakt tussen

afnemende overlevingskansen gedurende reorganisaties en toenemende overlevingskansen onder normale omstandigheden. Dus in de meest letterlijke vertolking is de theorie van de traagheid van organisaties inconsistent.

Semantisch gezien betekent consistentie dat er een interpretatie is die de theorie waar maakt. In afwezigheid van zo'n interpretatie heeft de theorie logisch gezien geen model; empirisch toetsen is zinloos omdat elke (correcte) waarneming de theorie falsifieert. Het toetsen van een theorie die niet kan worden bevestigd is even zinloos als het toetsen van een theorie die niet gefalsificeerd kan worden. Kortom, het is zinloos de theorie in haar meest letterlijke vertolking empirisch te toetsen, omdat elke toetsing de theorie moet falsifiëren. Merk op dat deze (negatieve) voorwaarde in de literatuur vaak wordt vergeten, terwijl zij even belangrijk is als de bekende (positieve) voorwaarde dat theorieën potentiële falsificatoren moeten hebben, dat wil zeggen, interpretaties die de negatie van de theorie waar maken.

Wel is het zo dat wij een consistente versie van de theorie verkrijgen als wij op het onderscheid tussen perioden met en zonder reorganisaties letten. Dat hebben wij in onze formalisering dan ook gedaan. Het resultaat is uiteindelijk een consistente theorie.

Consistentie is echter niet voldoende. Empirische theorieën moeten falsifieerbaar zijn, en de eis van potentiële falsificatoren vergt in logische termen dat de theorie geen tautologie is, dat wil zeggen dat er een interpretatie is die de theorie falsifieert (Popper, 1959). Technisch gesproken: de theorie moet contingent zijn. Gelukkig voldoet de gemodificeerde versie van de theorie aan de eis van contingentie, want wij kunnen laten zien dat de negatie van de theorie ten minste één model heeft.

4.2. *Logische geldigheid*

Logische geldigheid betreft de vraag of de afleidingen correct zijn uitgevoerd, met andere woorden of de verklaringen in de theorie logisch gezien kloppen. Het verschil tussen consistentie en logische geldigheid kan als volgt worden verhelderd: bekijk een theorie enerzijds als beschrijving (een verzameling 'losse' formules), en anderzijds als verklaring (een verzameling formules waarin een afleidingsstructuur bestaat doordat bepaalde formules – door middel van afleidingsregels – afleidbaar zijn uit andere formules). Een theorie kan consistent zijn zonder een afleidingsstructuur. Maar in dat geval staat de logische geldigheid, en daarmee de verklarende kracht van de theorie op het spel.

In het oorspronkelijke artikel van Hannan en Freeman zijn er enkele obstakels voor logische geldigheid. Een belangrijk punt betreft de 'richting van de pijlen' in de eerste drie assumpties. Bij inspectie van de betekenis van 'selec-

tion favors' valt op dat de pijlen de verkeerde kant op wijzen, zoals al eerder door Young (1988) werd opgemerkt. Op het propositionele niveau zou de afleiding van theorema 1 de equivalentie vereisen van 1) reproduceerbaarheid, 2) betrouwbaarheid/verantwoording, en 3) traagheid, waarmee ten minste één van de drie assumpties overbodig zou worden. In eerste-orde-logica kan een zwakkere, beter accepteerbare, interpretatie worden gegeven van deze equivalentie. De pijlen wijzen in de juiste richting als men aanneemt dat betrouwbaarheid/verantwoording covarieert met reproduceerbaarheid, en dat reproduceerbaarheid covarieert met traagheid.

Van minder belang zijn de problemen met de afleiding van theorema 4 uit assumptie 6 (die niet mogelijk was tenzij 'verantwoording' aan de assumptie werd toegevoegd), en de gevallen waar andere assumpties nodig waren dan de gesuggereerde assumpties. Bovendien is in het bewijs van theorema 5 een extra beperking nodig betreffende de overlevingskansen gedurende reorganisaties (assumptie 11).

We denken niet dat de gemodificeerde assumpties tegen de strekking van OE ingaan, wel tasten zij de algemeenheid van de theorie aan. In de oorspronkelijke vorm zou assumptie 2 ook op totalitaire bureaucratieën slaan, namelijk op organisaties die hoge (en mogelijk toenemende) reproduceerbaarheid gepaard laten gaan met lage (en mogelijk afnemende) betrouwbaarheid (Kornai, 1980; Masuch, 1991). Zulke organisaties zijn nu uitgesloten.

Door de formalisering kon de verklarende kracht van de theorie worden vergroot. Assumptie 7 kon als theorema uit assumptie 5 en theorema 1 worden afgeleid, en assumptie 9 werd overbodig. Tevens konden enkele nieuwe theorema's worden afgeleid. Het eerste nieuwe theorema (theorema 6), gebaseerd op assumpties 2 en 4, stelt dat de betrouwbaarheid en mate van verantwoording toenemen met de tijd; mits er geen reorganisaties plaatsvinden. Het tweede nieuwe theorema (theorema 7) beargumenteert dat reproduceerbaarheid gedurende reorganisaties afneemt, en is afgeleid uit assumpties 2 en 6. Het derde nieuwe theorema (theorema 9, uit assumpties 3 en 5) stelt dat reproduceerbaarheid hoger is voor grote organisaties dan voor kleine. Theorema 9 en assumptie 2 impliceren op hun beurt theorema 10: grotere organisaties vertonen hogere betrouwbaarheid en een hogere mate van verantwoording. Het laatste nieuwe theorema (theorema 11) gaat over omvang. Het blijkt dat organisaties niet in omvang kunnen afnemen (zonder reorganisatie). Als traagheid toeneemt met de tijd (theorema 2), en als traagheid toeneemt met omvang (assumptie 5), dan zou men tot een contradictie komen door aan te nemen dat organisatieomvang wel kan afnemen, maar dit lijkt erg overdreven. Gelukkig maakt de niet-in-reorganisatie-beperking (voor theorema 2) theorema 1 beter accepteerbaar. Vanuit sociologisch oogpunt kan men stellen dat inkrimping buitengewone ma-

nagementactiviteiten vereist, en daarom als reorganisatie bestempeld kan worden. Figuren 2a en b tonen de oude en de nieuwe verklarende structuur van de traagheidstheorie.

4.3. Helderheid

Het verhelderen van de natuurlijke taal van het traagheids-fragment was een heel karwei, ondanks het feit dat we slechts met een klein aantal zinnen te maken hadden. Enige onduidelijkheden:

Individuele Organisaties versus Populaties. Er is in de originele theorie enige verwarring omtrent het niveau van analyse. Hannan en Freeman benadrukten herhaaldelijk het belang van het onderscheid tussen individuele organisaties en populaties, maar dit onderscheid wordt in het traagheids-artikel niet ondubbelzinnig aangehouden. Sommige uitspraken in de tekst verwijzen naar beide niveaus, zelfs binnen dezelfde argumentatie (bijv. de argumentatie die leidt tot theorema 1). Andere uitspraken gaan over afzonderlijke organisaties, maar gebruiken begrippen die alleen geldig zijn voor verzamelingen van organisaties. Sterftevoet, bijvoorbeeld, wordt genoemd in uitspraken over reorganisaties, maar reorganisaties zijn toestanden van afzonderlijke organisaties, niet van populaties.

We hebben dit probleem opgelost door te veronderstellen dat Hannan en Freeman in termen van experimentele groepen dachten toen zij het artikel schreven. Als de gehele argumentatie in de vorm van experimentele groepen wordt gegoten, dan zouden de meeste dubbelzinnigheden verdwijnen omdat elke groep op maat kan worden samengesteld, al naar gelang de vereisten van de vergelijking. De tekst van het artikel lijkt deze veronderstelling te steunen, bijvoorbeeld waar beperkingen een 'ceteris paribus'-effect bewerkstelligen (1984). Onze aanpak lost niet alle problemen op, en de invulling van het begrip 'klasse', dat in assumptie 5 verschijnt, staat nog open.

Selectie versus Retentie. Het effect van selectie wordt in het traagheidsfragment alleen door de sterftevoet gerepresenteerd. Naast de sterftevoet zou ook de geboortevoet een rol moeten spelen bij de samenstelling van populaties. Hannan en Freeman hebben zich in het traagheidsartikel niet met geboortecijfers beziggehouden (dat deden zij elders). Maar als geboortecijfers of geboortevoet niet belangrijk zijn voor het traagheidsgedeelte van de theorie, dan kan selectie als retentie worden geïnterpreteerd. Retentie zou in deze context betekenen dat organisaties met hoge traagheid een goede kans hebben om oud te worden.

Organisatietyologieën. Er waren dubbelzinnigheden betreffende de classificatie van organisaties. De basiscategorie in OE is de organisatievorm, en de

empirische referent is een populatie. Het traagheidsartikel noemt, afgezien van vormen, klassen van organisaties, een begrip waaraan geen inhoud wordt gegeven. Klassen kunnen geïnterpreteerd worden als experimentele groepen, maar dan is niet duidelijk waarom ze pas bij assumptie 5 opduiken. Hoe het ook zij, we weten niet wat klassen zijn.

Al met al laat onze formalisering de theorie grotendeels intact, maar reduceert de extensie. Onder normale omstandigheden (buiten reorganisatieperiodes) nemen traagheid, reproduceerbaarheid, betrouwbaarheid, mate van verantwoording, omvang, en overlevingskansen van organisaties toe als ze ouder worden. Gedurende reorganisaties wordt dit beeld omgekeerd. Traagheid, reproduceerbaarheid, betrouwbaarheid, verantwoording en overlevingskans nemen tijdens een reorganisatie af, terwijl een afname van de omvang een reorganisatie vereist.

Organisaties waarbij betrouwbaarheid/verantwoording niet covarieert met reproduceerbaarheid, bijvoorbeeld totalitaire bureaucratieën, zijn van de extensie van de theorie buitengesloten (hoewel men kan stellen dat de samenlevingen waarin zulke organisaties voorkomen niet 'modern' zijn en daarom sowieso niet door de theorie worden beschreven). Organisaties waarbij reproduceerbaarheid niet covarieert met traagheid zijn eveneens uitgesloten.

4.4. Logische formalisering

Is het allemaal de moeite waard? We verwachten dat kritische lezers de volgende vragen zullen stellen:

Waarom formaliseren? Is natuurlijke taal niet goed genoeg? Natuurlijke taal is voor veel doeleinden uitstekend; geen enkele formele taal overtreft haar in flexibiliteit en uitdrukingskracht. Natuurlijke taal is onmisbaar in de beginfase van theoriebouw, wanneer ideeën worden gevormd en gemodificeerd. Maar natuurlijke taal is geen goed medium om vast te stellen of redeneringen correct en consistent zijn.

Op dit moment zijn logica's voor natuurlijke taal beperkt tot kleine deelverzamelingen van natuurlijke taal. Formele talen die de uitdrukingskracht van natuurlijke taal zouden hebben staan geen bewijzen van consistentie toe. In afwezigheid van een formele machinerie moeten consistentie en geldigheid van afleidingen 'met de hand' worden gecontroleerd. Dit maakt de ontdekking van inconsistenties een kwestie van geluk, of inspiratie.

Waarom eerste-orde-logica? De keuze voor eerste-orde-logica is puur pragmatisch. Er bestaan meer expressieve en flexibele formele talen, maar hun rekenkundige implementaties zijn nog experimenteel. Bovendien is geen van de formele talen die ons bekend zijn bijzonder geschikt voor de formalisering van

sociaalwetenschappelijke teksten (voor een overzicht: Huang & Masuch, 1991). Wij zijn dan ook bezig zelf zo'n taal te ontwikkelen (Huang, Masuch & Pólos, 1993)

OE is geen handelingstheorie. Dat betekent dat OE, in principe, geschikt is voor een eerste-orde-formalisering. Er is geen formeel criterium om te besluiten of EOL geschikt is voor OE (zulke criteria bestaan wel voor wiskundige theorieën). Lezers moeten helaas zelf beslissen of de herformuleringen van onze formules in natuurlijke taal de betekenissen van de oorspronkelijke assumpties en theorema's weergeven.

Is deze benadering niet erg pedant? Jazeker, volgens de huidige normen wel. Redeneren in de sociale wetenschappen is doorgaans erg informeel. Er ligt weinig nadruk op consistentie en logische geldigheid van redeneringen, wat gerechtvaardigd zou zijn als het nagaan van logische correctheid van theorieën gemakkelijk zou zijn. Hoewel consistentie en logische geldigheid in de sociale wetenschappen wel nastrevenswaardig worden geacht, bleek in deze case study dat deze eigenschappen in de praktijk moeilijk te realiseren zijn, zelfs in een klein deel van een gevestigde theorie zoals OE. Aan de andere kant bleek dat consistentie en logische geldigheid wél bereikbaar zijn als voldoende moeite wordt gedaan. Eén case study bewijst niet al te veel, maar we verwachten dat weinig lezers zullen beweren dat de logische constructie van andere theorieën veel beter in elkaar zit. Maar als dat zo is kan men concluderen dat veel theorieën thans niet aan deze logische criteria voldoen. Dit zou echter wel kunnen, als men maar voldoende pedant was geweest.

De meeste sociale wetenschappers lijken tevreden te zijn met empirisch onderzoek. Zodra een theorie klaar is wordt getracht de theorie empirisch te toetsen, en als de toets de theorie niet falsifieert, dan heeft zij een model – en is daarom consistent. Maar het empirisch toetsen van een theorie is afhankelijk van de operationalisering en de metingen. Voorts is toetsing sterk afhankelijk van de beschikbare data. Bovendien zijn de meeste operationalisering van cruciale begrippen in de sociale wetenschappen instabiel en controversieel, zodat het moeilijk is om schijn en werkelijkheid uit elkaar te houden (Freeman, 1986). Empirisch onderzoek biedt geen uitkomst voor logische problemen binnen de theorie, en het toetsen van een logisch incorrecte theorie is zinloos. Een logische analyse kan relatief goedkoop van achter een bureau gebeuren, en kan kostbaar empirisch onderzoek van een zinloze theorie voorkomen.

Sociale wetenschappers accepteren de hoge eisen van de wiskundige statistiek en hoge psychische en monetaire kosten van statistisch goed onderzoek worden aanvaard. Binnen de statistiek is het precisie alom, ongeacht de 'pedante' indruk die dat wellicht op buitenstaanders maakt. Dus waarom niet ook hoge eisen als het om de constructie van theorieën gaat?

Wat is het belang voor empirisch onderzoek? Doordat de logische analyse de theorie consistent en de redeneringen geldig heeft gemaakt, wordt voorkomen dat zinloos, en mogelijk kostbaar, onderzoek wordt gedaan in de hoop een theorie te bevestigen die geen model kan hebben in de logische zin van het woord. Verder zorgen de nieuwe theorema's ervoor dat de theorie een groter aantal potentiële falsificatoren heeft. Eveneens belangrijk is dat een logische theorie de onderzoeker kan leiden naar geschikte data, door te helpen een beter inzicht te krijgen in de extensie van de theorie. Het toetsen van de eerste drie theorema's van het traagheidsartikel bijvoorbeeld, waarbij zich onder de cases ook organisaties in reorganisatie kunnen bevinden, zou de resultaten verzwakken.

5. Suggesties voor verder onderzoek

Het materiaal dat in dit artikel werd gepresenteerd is met behulp van een theoremprover tot stand gekomen, die bewijzen van alle theorema's leverde, METAFOR (Ó Nualláin, 1993). Men kan zich afvragen op welke andere manieren het proces van formaliseren geautomatiseerd kan worden. Drie richtingen lijken veelbelovend.

De eerste richting is het vertaalproces van natuurlijke taal naar een logische taal. Op dit terrein wordt veel onderzoek gedaan dat in de toekomst wellicht hulpmiddelen kan opleveren voor deze stap in het formaliseringsproces.

Op korte termijn is het realistischer om twee aspecten van het werken met logische formalismen te automatiseren. Een theoremprover doet niet meer dan een theorema bevestigen of ontkennen. De onderzoeker vermoedt dat een bepaald theorema uit gegeven assumpties volgt, en vraagt de theorembewijzer of dat klopt.

Een tweede richting kan daarom zijn te zoeken naar een manier waarop interessante nieuwe theorema's automatisch uit een gegeven theorie kunnen worden afgeleid. Lenat (1976) heeft onderzocht of dit binnen de (wiskundige) verzamelingenleer mogelijk is. Maar de wijze waarop de wiskunde in elkaar zit verschilt zeer sterk van de wijze waarop organisatietheorieën in elkaar zitten. Het zoeken naar heuristieken voor organisatietheorieën zal daardoor zeker niet gemakkelijk zijn.

Een derde richting voor verder onderzoek betreft geautomatiseerde hulp wanneer het bewijzen van een bepaald theorema niet lukt. De huidige theorembewijzer geeft in zo'n geval een tegenvoorbeeld, maar doet geen suggesties voor modificaties van de theorie waarmee het gewenste resultaat alsnog bereikt kan worden. Nieuwe hypothesen kunnen misschien automatisch gegenereerd worden door een soort omkering van de standaard deductieve gevolgtrekkings-

genererende benadering (Morgan, 1971). Op deze manier kunnen axioma's worden gegenereerd die, mits ze aan de theorie worden toegevoegd, het bewijs van het theorema helpen geven.

Van natuurlijke taal naar formele taal. Toen we aan dit onderzoek begonnen dachten we dat een tamelijk oppervlakkige kennis van de theorie, tezamen met genoeg kennis van logica, voldoende was om een uitvoerige formalisering te maken. Het bleek al snel dat een diepgaande kennis van de theorie nodig was om een redelijk resultaat te kunnen verkrijgen. Er zijn enkele pragmatische regels als aanknopingspunt. Allereerst moet een goed inzicht in de te formaliseren theorie worden verkregen. Verder is het handig gebleken om vanuit de gegeven theorie in natuurlijke taal op weg te gaan via een aantal semi-geformaliseerde tussenstappen. Meer ervaring in en onderzoek naar het probleem van het vertalen van natuurlijke naar formele taal is nodig om hiervoor een praktische methodologie te ontwikkelen.

Beperkingen van eerste-orde-logica. Naast de formalisering van OE hebben we getracht om Thompsons *Organizations in Action* (1967) te formaliseren. Het bleek dat handelingstheorieën (waaronder contingentietheorieën van organisaties) gemakkelijker formaliseerbaar zijn in een logische taal die rijker is dan EOL. Voor zulke theorieën is het handig om een taal te hebben die verandering expliciet kan behandelen (Huang et al., 1992). Het is belangrijk om bestaande talen te evalueren en zo nodig aan te passen aan de behoeften van de sociale wetenschappen.

Noten

1. Dit artikel geeft een samenvatting van een langer stuk, dat de volledige formalisering van het traagheidsfragment bevat plus een inleiding tot de EOL. Geïnteresseerde lezers kunnen dit stuk bij de auteurs opvragen (CCSOM-Report 92-88). Ons adres: CCSOM, Universiteit van Amsterdam, Oude Turfmarkt 151, 1012 GC Amsterdam. Andere geformaliseerde gedeelten van OE staan in Péli en Masuch (1993), in Péli (1993) en in Péli en Bruggeman (1992). Een breder scala van formele methoden toegepast in de organisatiesociologie is te vinden in Masuch (1990) en Masuch en Warglien (1992).
2. Het omkeren van de pijl in assumptie 1 zou voor theorema 4 fataal zijn, omdat in dat geval ook de causale relatie in de andere premisse, assumptie 6, omgekeerd zou moeten worden. De nieuwe versie van assumptie 6 (afnemende betrouwbaarheid impliceert een poging tot reorganisatie) zou heel ver van de originele theorie af komen te liggen.
3. Wij laten vanaf nu het gebruik van formules achterwege. Zoals gezegd is de volledige formalisering in CCSOM-Report 92-88 te vinden.

Literatuur

Bibel, W. (1987). *Automated theorem proving* (tweede druk). Braunschweig: Vieweg.

- Fitting, M. (1990). *First-order logic and automated theorem proving*. New York: Springer.
- Freeman, J. (1986). Data quality and the development of organizational social science. *Administrative Science Quarterly*, 31, 298-303.
- Gabbay, D. & Guenther, F. (red.). (1984 – 1989). *Handbook of philosophical logic*. Dordrecht: Reidel.
- Gamut, L.T.F. (1991). *Logic, language and meaning. Volume 1, 2*. Chicago: Chicago University Press.
- Hannan, M.T. & Freeman, J. (1984). Structural inertia and organizational change. *American Sociological Review*, 49, 149-164.
- Hannan, M.T.; Freeman, J. (1986). Where do organizational forms come from? *Sociological Forum*, 1, 50-72.
- Hesse, M. (1966). *Models and analogies in science*. Notre Dame, Ind. NDUP.
- Huang, Z., & Masuch, M. (1991). *Reasoning about action: A comparative survey*. CCSOM-Report 91-37.
- Huang, Z., Masuch, M. & Pólos, L. (1992). *ALX. An action logic for agents with bounded rationality*. CCSOM-Report 93-70.
- Kapur, D. (red.) (1992). *Automated deduction – CADE 11, Lecture notes in AI 607*. Berlin: Springer.
- Kornai, J. (1980). *The economy of shortage*. Amsterdam: North-Holland.
- Kuhn, T.S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Lakatos, I.; Musgrave, A. (red.) (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lenat, D.B. (1976). *AM: An artificial intelligence approach to discovery in mathematics as heuristic search*. Technical Report STAN-CS-76-570. Stanford University, Dept. of Computer Science.
- Masuch, M. (red.) (1990). *Organization, management and expert systems: Models of automated reasoning*. Berlin: De Gruyter.
- Masuch, M. & Warglien, M. (red.) (1992). *Artificial intelligence in organization and management theory*. Amsterdam. North-Holland.
- Mintzberg, H. (1979). *The structuring of organizations*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Morgan, G.C. (1971). Hypothesis generation by machine. *Artificial Intelligence*, 2, 179-197.
- Morgan, G. (1986). *Images of organizations*. Beverly Hills: Sage.
- Ó Nuallain, B. (1993). *Mixing Metaphor. A system description of the Metaphor theorem prover*. CCSOM-Report 93-79.
- Péli, G. & Bruggeman, J.P. (1992). *Populations and forms: A rational reconstruction*. CCSOM Report, 92-44.
- Péli, G. (1993). *A logical formalization of population dynamics: the density dependence model of organizational ecology*. CCSOM Report, in druk.
- Péli, G.; Masuch, M. (1993). *The logic of propagation strategies*. CCSOM Report 93-100.
- Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
- Salmon, W.S. (1990). *Four decades of scientific explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Stinchcombe, A.L. (1965). Social structure and organizations. In: J.G. March (red.), *Handbook of organizations*. Chicago: Rand McNally.
- Stinchcombe, A.L. (1991). The conditions of fruitfulness of theorizing about mechanisms in social science. *Philosophy of the Social Sciences*, 21, 3, 367-388.
- Thompson, J.D. (1967). *Organizations in action*. New York: McGraw Hill.
- Young, R.C. (1988). Is population ecology a useful paradigm for the study of organizations? *American Journal of Sociology*, 94, 1, 1-24.