

Speltheorie

Door het baanbrekende werk van Von Neumann en Morgenstern zijn vele economen het belang van de speltheorie gaan inzien. Sindsdien heeft de theorie zich gestaag ontwikkeld en momenteel is haar positie ijzersterk. Een ruime meerderheid van de theoretische artikelen in toonaangevende economische tijdschriften, of het nu micro-, macro- of bedrijfseconomische onderwerpen betreft, maakt gebruik van speltheoretische methoden, argumenten en inzichten. In het navolgende wordt inzicht gegeven in wat speltheorie is en waarom de theorie momenteel bij economen zo populair is.

PROF. DR. E.E.C. VAN DAMME*

De speltheorie bestudeert het gedrag van beslissers (spelers) in situaties waarin de acties van de spelers elkaar wederzijds beïnvloeden en waarvan de uitkomst door alle acties gezamenlijk bepaald wordt. Een betere naam zou wellicht 'meerpersoons interactieve beslissingstheorie' zijn. De naam 'speltheorie' vindt zijn oorsprong in het feit dat de wiskundige structuur van interactieve beslissingssituaties vaak overeenstemt met die van gezelschapsspelen zoals schaken, bridge of poker. In het overgrote deel van de speltheoretische literatuur worden de aannames gemaakt dat alle spelers intelligent en rationeel zijn, en dat de spelers van elkaar weten dat ze intelligent en rationeel zijn¹. Een speler wordt intelligent genoemd als hij het spel volledig doorziet, dat wil zeggen als hij de gevolgen van elke beslissing kan overzien. Rationeel gedrag heeft de beperkte betekenis van het consequent en consistent nemen van beslissingen die in overeenstemming zijn met de eigen doelstellingen. De speltheoretische analyse neemt de doelstellingen van de spelers als uitgangspunt en spreekt hierover geen moreel oordeel uit: bij gegeven preferenties (nutsfuncties) wordt onderzocht wat de gevolgen zijn als iedere speler zijn eigenbelang optimaal nastreeft.

Het belang van de speltheorie voor de economie zal iedere lezer duidelijk zijn: zodra de aanname van volkomen mededinging (dat wil zeggen volledig transparante markten waarop alle actoren de prijzen als gegeven beschouwen) opgegeven wordt, is men formeel in een speltheoretische context. Bilaterale onderhandelingen, de meest diverse vormen van oligopolistische concurrentie evenals markt vormen waarbij niet alle participanten over volledige informatie beschikken, kunnen als spel gemodelleerd worden. Het verschil met de standaard economische aanpak is dat de speltheorie geen ad hoc concepten gebruikt om specifieke situaties op te lossen, maar dat methoden en concepten ontwikkeld worden die in principe in alle interactieve beslissingssituaties toepasbaar zijn. Vaak bestaan er geen grote verschillen tussen de resultaten die verkregen zijn met behulp van de algemene speltheoretische aanpak en resultaten die verkregen zijn met behulp van een meer ad hoc aanpak, maar soms leidt de algemene aanpak ook tot nieuwe inzichten.

Toepassingen van de speltheorie in de economie verlopen via een geïkt patroon: uit een economisch probleem worden de essentiële elementen gedestilleerd, deze wor-

den vervolgens in een vereenvoudigd speltheoretisch model (een zogenaamd 'spel') geïntegreerd, het spel wordt dan met behulp van een oplossingsconcept geanalyseerd en de verkregen resultaten worden ten slotte weer terug vertaald in economische termen. Het construeren van een speltheoretisch model is geen routinezaak, maar een substantieel onderdeel van de theoretische analyse. Niet alleen is men gedwongen de gemaakte aannames te rechtvaardigen, een spelmodel dwingt ook tot het volledig doordenken van de situatie. Strategisch denken betekent vooral je verplaatsen in de schoenen van de andere participanten, jezelf afvragen wat hun doelen en opties zijn en hoe zij op jouw acties zullen reageren. De speltheorie biedt een kader waarbinnen systematisch over deze aspecten nagedacht kan worden. Zorgvuldige modellering kan reeds helpen ernstige blunders te vermijden².

De speltheorie vervult een belangrijke rol bij het classificeren van interactieve beslissingssituaties. Classificatie stelt ons in staat verschillende economische situaties aan elkaar te relateren en gemeenschappelijke kenmerken te ontdekken. Met behulp van speltheorie is kennisoverdracht van de ene economische context naar de andere mogelijk. Zo zijn toepassingen van de speltheorie op het gebied van de industriële organisatie³ verder ontwikkeld dan die op

*. De auteur is hoogleraar economie aan het CentER for economic research, Katholieke Universiteit Brabant. Hij dankt P. Kop Jansen voor zijn hulp bij berekeningen en R. Beetsma, H. Bloemen, R. Gradus, H. Houba en F. de Jong voor hun commentaar.

1. Formeel wordt aangenomen dat rationaliteit 'common knowledge' is, dat wil zeggen elke speler weet dat elke speler weet dat... dat elke speler rationeel is. Zie R. Aumann, *Agreeing to disagree*. *Annals of Statistics*, jg. 4, blz. 1236-1239.

2. Blunders kunnen ontstaan doordat een beslisser meent de situatie volledig te controleren of omdat hij aanneemt dat de andere participanten niet op zijn acties zullen reageren. Een dramatisch voorbeeld betreft het voorstel ontwikkelingsgelden te gebruiken om de schuldenlast van derde-wereldlanden te verlichten. Dit kan neerkomen op het wegschenken van het geld aan schuldeisers: Bolivia gaf in 1988 \$ 34 mrd. aan ontwikkelingshulp uit om de marktwaarde van de schuld met \$ 0,4 mrd. te verminderen. Zie J. Bulow en K. Rogoff, *The buyback boondoggle*, *Brookings Papers on Economic Activity*, 1988, nr. 2, blz. 675-698. De blunder is de aanname dat de marktprijs van de schuld niet zal reageren als een land een gedeelte van de schuld aflost.

3. Voor een overzicht, zie J. Tirole, *The theory of industrial organization*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1988.

andere economische deelgebieden en veel inzichten op dit gebied zijn later vertaald naar problemen op onder andere het gebied van de internationale handel⁴ en de macro-economie⁵.

Gegeven de enorme reikwijdte van de speltheorie is het onmogelijk binnen de hier geboden ruimte een overzicht te geven van alle toepassingen van de theorie in de economie. Ik volsta daarom met enkele verwijzingen. Het recente tekstboek van Kreps gaat het verst door de micro-economie zelfs geheel met een deel van de speltheorie te identificeren⁶; macro-economische toepassingen worden behandeld door Persson en Tabellini⁷; het belang van de speltheorie voor de bedrijfseconomie wordt beschreven door McMillan⁸; Tirole biedt een overzicht van de speltheoretische aanpak op het gebied van de industriële organisatie⁹, Rasmusen illustreert het belang van de theorie voor de informatie-economie¹⁰, Helpman en Krugman¹¹ en McMillan¹² geven een overzicht van de strategische theorie van de internationale handel en Cooter en Rubinfeld bespreken een speltheoretische aanpak van de economische theorie van het recht¹³. Binnen de financiering en de accounting speelt de speltheorie ook een belangrijke rol, maar hier zijn nog geen recente overzichten verschenen¹⁴. Als men het *Journal of Finance* op een willekeurige bladzijde openslaat is de kans echter groot dat het betreffende artikel een speltheoretisch karakter heeft. Voor elementaire inleidingen in de speltheorie verwijs ik naar Shubik¹⁵, Kreps¹⁶ of Dixit en Nalebuff¹⁷.

In de volgende paragraaf wordt ingegaan op enige speltheoretische terminologie en worden een paar eenvoudige spelletjes besproken. Daarna wordt de historische ontwikkeling van de theorie geschetst aan de hand van een aantal baanbrekende artikelen en ten slotte worden een paar speltheoretische principes en toepassingen besproken.

Speltheorie

Modellen

De speltheorie bestaat uit een collectie van modellen, methoden, technieken, inzichten en ideeën, die een kader vormen waarbinnen men systematisch over strategische vragen kan nadenken. Om een marktform of economische institutie waarin strategisch handelen mogelijk is tot een spel te herleiden, moet men bepalen wat de spelregels zijn, dat wil zeggen dat men gedwongen is de volgende vragen te beantwoorden:

- wie zijn de spelers (dat wil zeggen welke actoren kunnen de uitkomst beïnvloeden) en welke doelen streven ze na;
- welke acties heeft elke speler ter beschikking;
- in welke volgorde worden de zetten gedaan, dat wil zeggen wat is de tijdsstructuur van het spel;
- welke informatie heeft een speler als hij een beslissing moet nemen;
- wat zijn de consequenties van gekozen acties;
- is het mogelijk bindende contracten af te sluiten of bindende verplichtingen aan te gaan;
- welke coalities van spelers kunnen gevormd worden?

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen coöperatieve en niet-coöperatieve modellen. Deze terminologie is enigszins misleidend. Een spel wordt coöperatief genoemd als er een extern (dat wil zeggen niet door de spelregels gespecificeerd) mechanisme bestaat met behulp waarvan overeenkomsten en verplichtingen verbindend verklaard kunnen worden. In een niet-coöperatief spel is binding en zelfbinding alleen mogelijk als de regels van het spel dit inderdaad toestaan. Niet-coöperatieve

modellen zijn dus gedetailleerder en ze zijn in feite fundamenteel omdat de mogelijkheid contracten af te sluiten altijd expliciet in de regels kan worden opgenomen. De meest gedetailleerde niet-coöperatieve beschrijving levert de zogenaamde 'uitgebreide vorm': hierin wordt elk institutioneel detail expliciet gemodelleerd. De zogenaamde 'strategische vorm' levert een meer compacte beschrijving, die voor theorievorming vaak beter geschikt is. In deze vorm wordt slechts beschreven welke strategieën (volledig uitgewerkte speelplannen) de spelers tot hun beschikking hebben en tot welke uitkomst elke combinatie van strategieën leidt. Het uitgangspunt in een niet-coöperatieve analyse is het individu en de analyse onderzoekt de interactie tussen individuen in een gegeven institutionele context. Niet-coöperatieve modellen sluiten goed aan bij conventionele economische modellen. Momenteel zijn vooral deze modellen (en dan met name eenvoudige spelen in uitgebreide vorm) erg populair in de economie. In dit overzicht zal de niet-coöperatieve theorie dan ook de meeste aandacht krijgen.

In de coöperatieve theorie concentreert men zich op de groep en op het verdelingsprobleem: welke coalitie zal gevormd worden en hoe zal het surplus verdeeld worden? Het coöperatieve model is de zogenaamde 'coalitievorm'; deze specificeert welke coalities mogelijk zijn en welke uitbetalingen voor elke coalitie realiseerbaar zijn. De coöperatieve theorie staat verder af van het bed van de econoom omdat hierin procedures en regels niet expliciet gemodelleerd worden, het model is abstracter en de analyse probeert onder andere ook de vraag te beantwoorden hoe en welke instituties gevormd worden. Elk van de genoemde spelvormen heeft zijn voor- en nadelen, en elke vorm kan iets aan ons inzicht in de situatie bijdragen. In een invloedrijk artikel stelde J. Nash dan ook voor om problemen zowel coöperatief als niet-coöperatief aan te pakken¹⁸.

Oplossingsconcepten

In veel speltheoretische analyses worden sterke rationaliteitsaannames gemaakt. De spelers worden gekarak-

4. Zie A. Dixit, *Strategic aspects of trade policy*, in: T.F. Bewley (red.), *Advances in economic theory: fifth world congress*, Cambridge University Press, New York, 1987, blz. 329-362.

5. Voor een overzicht, zie T. Persson en G. Tabellini, *Macroeconomic policy, credibility and politics*, Harwood Academic Publishers, Chur, Zwitserland, 1990; of K. Rogoff, *Reputation, coordination and monetary policy*, in: R. Barro (red.), *Modern business cycle theory*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1989.

6. D.M. Kreps, *A course in microeconomic theory*, Princeton University Press, 1990.

7. T. Persson en G. Tabellini, op.cit., 1990.

8. J. McMillan, *Strategic decisions – using game theory in management*, University of California, San Diego, 1989.

9. J. Tirole, op.cit., 1988.

10. E. Rasmusen, *Games and information – an introduction to game theory*, Basil Blackwell Ltd, 1989.

11. E. Helpman en P. Krugman, *Trade policy and market structure*, MIT Press, 1989.

12. J. McMillan, *Game theory in international economics*, Harwood International Publishers, Chur, Zwitserland, 1986.

13. R. Cooter en D. Rubinfeld, *Economic analysis of legal disputes and their resolution*, *Journal of Economic Literature*, jg. 27, 1989, blz. 1067-1097.

14. Een goed maar ietwat gedateerd overzicht is J. Demski en D. Kreps, *Models in managerial accounting*, *Journal of Accounting Research*, jg. 20, 1982, blz. 117-148. Veel moderne literatuur is gebaseerd op R. Wilson, *Auditing: perspectives from multiperson decision theory*, *Accounting Review*, jg. 58, 1983, blz. 305-318.

15. M. Shubik, *Game theory in the social sciences. Concepts and solutions*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1982.

16. D. Kreps, *Game theory and economic modelling*, Oxford University Press, 1990.

17. A. Dixit en B. Nalebuff, *Thinking strategically*, Princeton University, 1990.

18. J. Nash, *Two-person cooperative games*, *Econometrica*, jg. 21, 1953, blz. 128-140.

Economische theorie: de stand van zaken

Niet of nauwelijks beïnvloed door de waan van de dag zijn overal ter wereld economische-wetenschaps-beoefenaren bezig de economische kennis te vergroten en het economische inzicht te verdiepen. Hun bijdragen zijn in het algemeen niet spectaculair en met de resultaten van hun onderzoekingen timmeren zij niet aan de weg. Hun bevindingen worden in internationale vaktijdschriften gepubliceerd die voor niet-inge-wijden nauwelijks toegankelijk zijn. Van daaruit sijpelt de verworven kennis langzaam door naar vakgenoten en naar gebruikers bij de overheid en in het bedrijfsleven die er hun voordeel mee trachten te doen. Bijna niemand overziet wat er in alle specialistische wereldjes waarin het economische vakgebied is onderverdeeld, gaande is. Daarom verschijnt in *ESB* een reeks overzichtsartikelen, waardoor de lezers in de gelegenheid worden gesteld kennis te nemen van de ontwikkelingen in verschillende deelgebieden van het vak. Wat is, theoretisch en empirisch, de stand van zaken en waar houdt men zich aan de frontlijn van de economische wetenschap mee bezig?

Eerder verschenen in deze reeks artikelen over:

- moderne vermogensmarkttheorie (9 mei 1984);
- macro-economische modelbouw (5 december 1984);
- statische theorieën van de industriële organisatie (28 augustus 1985);
- dynamische theorieën van de industriële organisatie (30 juli 1986);
- monetaire theorie (15/22 april 1987);
- regionale economie (22 juli 1987);
- economische organisatie (2 september 1987);
- marketing (30 maart/ 6 april 1988);
- strategiebepaling door ondernemingen (7 december 1988).
- arbeidseconomie (25 januari 1989);
- economische methodologie (29 maart 1989);
- econometrie (30 augustus 1989);
- public choice (1 november 1989).
- macro-economie en economische politiek (10 januari 1990).

De gehele reeks artikelen in deze serie zal binnenkort in boekvorm verschijnen bij Academic Service. Lezers van *ESB* krijgen de gelegenheid het boek tegen gereduceerde prijs te bestellen.

teriseerd door Von Neumann-Morgenstern-nutsfuncties¹⁹, ze hebben als enige doel de verwachte waarde van deze nutsfunctie te maximaliseren en ze bezitten de intellectuele capaciteiten om de noodzakelijke berekeningen foutloos en kosteloos uit te voeren. Echte mensen van vlees en bloed voldoen vaak zelfs bij benadering niet aan deze aannames. Bijgevolg is het problematisch de speltheorie als een zuiver beschrijvende theorie te zien; in situaties waarin spelers niet rationeel handelen is de voorspellende waarde van de theorie vaak gering. Zo zal ook (normatief) een speltheoreticus zelf niet noodzakelijk een spel in overeenstemming met de theorie spelen, tenzij hij ervan overtuigd is dat zijn opponenten dat ook doen. De speltheorie kan het best geïnterpreteerd worden als een analytische theorie: onderzocht wordt wat de consequenties zijn als alle individuen intelligent zijn en rationeel handelen.

Speltheoretische oplossingsconcepten formaliseren intuïties over welke uitkomsten verwacht kunnen worden als

het spel door rationele spelers wordt gespeeld. Zulke intuïties zijn slecht ontwikkeld in complexe situaties. De onderzoeksstrategie die gevolgd wordt bestaat er dan ook uit de intuïtie te ontwikkelen met behulp van relatief eenvoudige situaties, de verkregen inzichten vervolgens te abstraheren tot algemene principes en deze dan toe te passen op meer complexe situaties om zo de intuïtie aan te scherpen alsmede het gebied af te bakenen waarop deze geldig is.

Het veelvoud van oplossingsconcepten dat men in de coöperatieve speltheorie aantreft, reflecteert het feit dat onze intuïtie minder goed ontwikkeld is in weinig gestructureerde situaties²⁰. Veel van deze concepten hebben een axiomatische karakterisering, dat wil zeggen er wordt een beperkt aantal natuurlijke-consistentie-eisen opgelegd waaraan de oplossing zou moeten voldoen en men laat dan zien dat deze axioma's de oplossing volledig bepalen. Op zich genomen is elk axioma intuïtief; het feit dat verschillende collecties van axioma's tot verschillende oplossingsconcepten aanleiding geven, impliceert dat er geen oplossingsconcept bestaat dat aan alle axioma's voldoet. Bijgevolg is er geen perfect oplossingsconcept en kunnen niet al onze intuïties tegelijkertijd juist zijn.

Het basisconcept in de niet-coöperatieve theorie is het Nash-evenwichtconcept²¹. Aangezien in een niet-coöperatief spel afspraken niet bindend zijn, is een afspraak alleen zinvol als hij zelfbindend is, dat wil zeggen als het voor elke speler optimaal is zich aan de afspraak te houden zolang ook de anderen zich aan de afspraak houden. Een Nash-evenwicht is een combinatie van strategieën met de eigenschap dat iedere speler optimaal speelt gegeven de strategieën van de andere spelers. Afspraken zijn dus alleen stabiel als ze een Nash-evenwicht vormen. Dit evenwichtconcept correspondeert met een extreme vorm van consistente rationale verwachtingen: elke speler heeft verwachtingen over wat de andere spelers zullen doen en kiest de strategie die gegeven deze verwachtingen het hoogste nut oplevert; een Nash-evenwicht is een situatie waarbij ex post vastgesteld wordt dat de gekozen strategieën met de ex ante geformuleerde verwachtingen overeenstemmen.

De speltheorie kent ook zwakkere evenwichtconcepten die toelaten dat niet alle spelers dezelfde correcte verwachtingen hebben. Deze concepten laten echter meestal veel oplossingen toe, ze hebben een geringe voorspellende waarde en ze hebben daarom (nog) niet veel toepassingen gevonden²².

Recent onderzoek heeft laten zien dat in dynamische spelen niet alle Nash-evenwichten als stabiele overeenkomsten beschouwd kunnen worden. Sommige Nash-evenwichten worden ondersteund door ongelooftwaardige dreigementen, dat wil zeggen bedreigingen die ex post, als ze werkelijk uitgevoerd zouden moeten worden, ook degene die de bedreiging geuit heeft zelf schade berokkenen. Intel-

19. In een appendix van J. von Neumann en O. Morgenstern, *The theory of games and economic behaviour*, Princeton University Press, 1947 wordt bewezen dat een risicopreferentie-relatie die aan bepaalde (natuurlijke) consistentie-axioma's voldoet, beschreven kan worden door een nutsfunctie die de eigenschap heeft dat een alternatief A boven B geprefereerd wordt precies dan als de verwachte nutswaarde van A hoger is dan die van B.

20. Zie bij voorbeeld J. Rosenmüller, *The theory of games and markets*, North-Holland, Amsterdam, 1981. De belangrijkste coöperatieve concepten zijn de Shapley-waarde, de kern (core), de onderhandelingsverzameling, de Von Neumann-Morgenstern-oplossingen, de nucleolus en de Harsanyi-waarde.

21. J. Nash, Equilibrium points in n-person games, *Proceedings of the National Academy of Science U.S.A.*, jg. 36, 1950, blz. 48-49 en John Nash, Non-cooperative games, *Annals of Mathematics*, jg. 54, 1951, blz. 286-295.

22. Zie bij voorbeeld D. Bernheim, Rationalizable strategic behavior, *Econometrica*, jg. 52, 1984, blz. 1007-1029, en D. Pearce, Rationalizable strategic behavior and the problem of perfection, *Econometrica*, jg. 52, 1984, blz. 1029-1051.

Figuur 1. Prisoners' dilemma

	adv.	niet
adv.	35,35	60,25
niet	25,60	50,50

Figuur 2. Coördinatieprobleem

	markt	thuis
markt	3,3	0,2
thuis	2,0	2,2

Figuur 3. Standaardisatie

	α	β
α	4,2	1,1
β	3,3	2,4

ligente spelers doorzien dat deze dreigementen niet uitgevoerd zullen worden en negeren ze. Meer verfijnde oplossingsconcepten²³ elimineren evenwichten die op loze dreigingen steunen door te eisen dat spelers in elke situatie datgene doen wat gegeven de situatie waarin zij zich bevinden ook inderdaad optimaal is.

Voorbeelden

De nu volgende voorbeelden zijn niet gekozen omdat ze realistische modellen van economische situaties zijn. Ze zijn gekozen omdat ze eenvoudig zijn en in scherpe vorm aspecten illustreren die in veel conflictsituaties optreden. In alle voorbeelden zijn er twee spelers die gelijktijdig tussen twee acties kiezen. De uitbetalingen (nutsfuncties) van de spelers worden in een matrix weergegeven. De rijen van deze matrix corresponderen met de keuzes van de ene speler, de kolommen corresponderen met de keuzes van de andere speler. In elk vierkant van de matrix is het eerste getal steeds het nut van de rijspeler, het tweede getal is het nut van de kolomspeler.

Als eerste bekijken we een economische variant van het bekende prisoners' dilemma. Twee bedrijven die hetzelfde produkt maken moeten gelijktijdig kiezen al dan niet te adverteren. Adverteren vergroot niet de totale afzet (deze is altijd honderd), maar beïnvloedt wel de verdeling van de klanten over de bedrijven. Als beide bedrijven dezelfde actie kiezen hebben ze een even groot marktaandeel; als slechts één bedrijf adverteert heeft dit een aandeel van 75%. De advertentiekosten zijn precies gedekt als aan vijftien klanten meer verkocht kan worden. In figuur 1 kan men zien dat, als geen bindende afspraken gemaakt kunnen worden, elk bedrijf zal adverteren. Immers onafhankelijk van wat de ander doet geldt dat de extra omzet verkregen door te adverteren, de advertentiekosten meer dan compenseert. Het eindresultaat is inefficiënt: beide bedrijven zouden een hogere winst hebben als ze niet zouden adverteren. Het prisoners' dilemma steekt in veel situaties de kop op. Men kan bij voorbeeld denken aan de wapenwedloop, de milieuproblematiek, overbevissing, pressiegroepen in de politiek, oligopolistische prijszetting en de verschaffing van publieke goederen.

Het tweede voorbeeld is een coördinatieprobleem. Twee spelers moeten gelijktijdig beslissen al dan niet naar een centrale markt te gaan om hun goederen te ruilen. Ruil is de best mogelijke uitkomst voor beiden en wordt door beiden met vijf nutseenheden gewaardeerd. Als een speler niet naar de markt gaat, kan hij zijn eigen produktie consumeren. Deze wordt met twee nutseenheden gewaardeerd. Ten slotte geldt dat de kosten om naar de markt te gaan en terug te keren het equivalent van twee nutseenheden bedragen. In figuur 2 kan men zien dat er twee Nash-evenwichten zijn: beiden gaan naar de markt of beiden blijven thuis. Het eerste evenwicht is voor beiden beter dan het tweede, maar het is ook veel riskanter: als een speler thuis blijft heeft hij altijd twee nutseenheden, als hij naar de markt gaat en pech heeft, heeft hij nul nutseenheden. De speltheoretici zijn verdeeld over de vraag welk van deze evenwichten nu de rationele oplossing van het spel is²⁴.

Het bovenstaande coördinatieprobleem (althans een variant daarvan met de naam hertenjacht) werd reeds in 1762 door Rousseau gebruikt om zijn analyse van het 'contrat social' te motiveren²⁵. In de leer der internationale betrekkingen staat het probleem bekend als het veiligheidsdilemma²⁶, het is een eenvoudig model voor paniek op de beurzen, en het heeft dezelfde structuur als modellen voor Keynesiaanse coördinatieproblemen²⁷.

Het laatste voorbeeld is een standaardisatieprobleem (zie figuur 3). Men komt het in de literatuur tegen onder de naam 'battle of the sexes', of 'chicken' (lafaard). Twee producenten, A en B (van bij voorbeeld computers of videorecorders) produceren incompatibele systemen, α resp. β . Consumenten zijn terughoudend in hun aankopen zolang niet duidelijk is welk systeem uiteindelijk zal overwinnen. Standaardisatie is aantrekkelijk voor beide producenten omdat dan de omzet stijgt. Echter, A profiteert relatief meer als de uiteindelijke standaard α wordt, terwijl B natuurlijk het liefst ziet dat β algemeen geaccepteerd wordt. In een Nash-evenwicht geeft een van beide partijen toe, maar wie uiteindelijk toegeeft hangt af van welke speler de meeste risico's kan en durft te nemen.

Historisch overzicht

Von Neumann, Morgenstern, Nash en Shapley

Speltheorie is ontsproten aan het brein van John von Neumann, een van de grootste wiskundigen van deze eeuw. In zijn in 1928 verschenen artikel over gezelschapsspelen²⁸ ontwikkelde hij de basisbegrippen (uitgebreide en strategische vorm, zuivere en gemengde strategieën) die systematische analyse van conflictsituaties mogelijk maakten en bewees hij dat in twee-persoons nulsomspelen optimale strategieën voor beide spelers bestaan. Nulsomspelen zijn spelen waarin er geen 'gains from trade' zijn (wat de ene speler wint moet door de ander betaald worden). In deze spelen komt optimaal spelen zowel overeen met voorzichtig spelen (het maximale verlies minimaliseren) als met agressief spelen (de minimale schade bij de ander maximaliseren). Voor economen was de theorie niet direct relevant en zij schonken er weinig aandacht aan. Een andere belangrijke bijdrage werd in 1913 geleverd door de

23. Voor een overzicht, zie E. van Damme, *Stability and perfection of Nash equilibria*, Springer Verlag, 1987.

24. Voor een overzicht van de argumenten, zie de appendix van J. Harsanyi en R. Selten, *A general theory of equilibrium selection in games*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1988.

25. Zie D. Lewis, *Convention: a philosophical study*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1969.

26. Zie R. Jervis, *Cooperation under the security dilemma*, *World Politics*, jg. 30, 1978, blz. 167-214.

27. Zie R. Cooper en A. John, *Coordinating coordination failures in Keynesian models*, *Quarterly Journal of Economics*, jg. 103, blz. 441-463 en de literatuur die daarin geciteerd wordt.

28. J. von Neumann, *Zur Theorie der Gesellschaftsspiele*, *Mathematische Annalen*, jg. 100, 1928, blz. 295-320.

wiskundige Zermelo²⁹ die bewees dat voor intelligente en rationele spelers schaken een oninteressante bezigheid is: ofwel wit of zwart heeft een winnende strategie ofwel elke speler kan ervoor zorgen dat de ander niet wint. Deze stelling is vooral van belang omdat zij laat zien hoe krachtig de standaard rationaliteitsaannames is.

gedurende de oorlog werkte Von Neumann in Princeton³⁰ samen met de econoom Oskar Morgenstern. Hun in 1944 gepubliceerde boek sloeg in als een bom³¹. Het boek beschrijft de eerste toepassingen van de speltheorie op economische en politieke problemen, bouwt de theorie van de nulsomspelen uit, introduceert coöperatieve spelen en oplossingsconcepten daarvoor, en levert een axiomatische rechtvaardiging voor de aanname van verwachte nutsmaximalisatie. In de jaren vijftig publiceerde John Nash een aantal baanbrekende artikelen, zowel op het gebied van de coöperatieve als de niet-coöperatieve theorie. Hij introduceerde het fundamentele (Nash-)evenwichtsconcept en hij bewees dat elk (eindig) spel een evenwicht heeft³². Ook formuleerde hij een abstract coöperatief onderhandelingsmodel en liet hij zien dat natuurlijke-consistentie-aannames het onderhandelingsprobleem oplosbaar maken³³. Ten slotte gaf hij een voorbeeld van een niet-coöperatieve onderhandelingsprocedure waarvan de robuuste evenwichten precies de axiomatische oplossing opleveren. Ongeveer tegelijkertijd definieerde Lloyd Shapley zijn waarde voor coöperatieve spelen met overdraagbaar nut. De eerste toepassing hiervan, als een index voor macht in politieke situaties, liet niet lang op zich wachten³⁴. Een overzicht van de stand van zaken in de jaren vijftig wordt gegeven in het invloedrijke boek van Luce en Raiffa³⁵, dat tot zeer recent veruit het beste tekstboek op het gebied van de speltheorie was.

Ontwapening en volkomen mededinging

In de jaren zestig werd belangrijk speltheoretisch onderzoek gestimuleerd door het Amerikaanse Arms Control and Disarmament Agency (ACDA). Het ACDA, dat als belangrijkste taak had internationale verdragsonderhandelingen voor te bereiden, gaf een groep speltheoretici, waaronder Aumann, Harsanyi, Maschler, Scarf en Selten, opdracht te onderzoeken of beslissingstheorie tot ontwapening zou kunnen bijdragen. Het eindrapport van deze groep is een voorbeeld van toegepaste wetenschap op zijn best³⁶. De ACDA-opdracht bracht John Harsanyi ertoe een methode te ontwikkelen met behulp waarvan situaties met onvolledige informatie tot spelen gereduceerd konden worden³⁷. Harsanyi's werk is het fundament waarop de gehele moderne literatuur op het gebied van de informatie-economie gebouwd is.

Het ACDA-onderzoek bracht Selten ertoe formele criteria voor geloofwaardigheid van dreigingen en beloften te definiëren en op hun consequenties te onderzoeken³⁸. Zijn werk lokte een hele literatuur uit over evenwichtsverfijningen³⁹ en dient als basis voor een groot aantal artikelen op het gebied van de industriële organisatie⁴⁰. Schelling⁴¹ ontwikkelde het belangrijke inzicht, dat het in veel gevallen beter is gebonden te zijn: als men niet op zijn bod terug kan komen dan moet de ander wel toegeven. De onderhandelingen waarbij ACDA betrokken was waren niet eenmalig: de supermachten hadden (en hebben, dank zij de succesvolle onderhandelingen) een langdurige relatie. Als modellen voor zulke situaties waarin de huidige acties de toekomst beïnvloeden, werden dynamische spelen ontwikkeld. De analyse van deze spelen leidde tot de formulering van het belangrijke 'folk theorem', de volkswijsheidsstelling, dat verreikende gevolgen heeft. Deze stelling⁴² zegt dat (als interactie vaak genoeg plaatsvindt) bindende contracten niet nodig zijn: informele gentlemen's agreements gekoppeld aan (geloofwaardige) dreigingen om de relatie niet te continueren als een van de partners de overeenkomst verbreekt, zijn net zo stabiel. Binnen het ACDA-project werd ook een begin gemaakt met het bestuderen

van herhaalde spelen met onvolledige informatie. Deze spelen modelleren onderhandelingen waarbij men in de loop van de tijd geleidelijk leert wat de doelstelling van de ander is en waarin men zelf moet kiezen hoe snel de eigen informatie te openbaren. De analyse is in hoge mate complex. Momenteel begint men de eerste toepassingen van deze modellen in de economische literatuur te zien⁴³.

In de jaren zestig werd ook op het gebied van de coöperatieve theorie een belangrijk resultaat geboekt, het zogenaamde equivalentieprincipe. Dit principe zegt dat als economische actoren vrij met elkaar kunnen onderhandelen, markten die groot zijn en waarop informatie perfect is op dezelfde manier functioneren als wanneer er een Walrassiaanse veilingmeester zou zijn. Dit resultaat – grote markten functioneren als Walrassiaanse markten – rechtvaardigt de gangbare praktijk om volledige mededinging te identificeren met de aanname dat actoren prijsvolgers zijn⁴⁴.

Begrensd rationaliteit

De laatste twee decennia werden gekenmerkt door een gestage uitbouw van de theorie en vooral door het feit dat de belangrijkste ontwikkelingen niet in de theorie zelf maar in haar toepassingen plaatsvonden. Men kan de economische theorie zien als een rij dominostenen die een voor een omvallen voor het geweld van de speltheorie. Voor een overzicht verwijs ik de lezer opnieuw naar de in de inleiding genoemde boeken. Op het gebied van de industriële organisatie en dat van de informatie-economie zijn de ontwikkelingen het meest revolutionair geweest.

Op het terrein van de industriële organisatie was de belangrijkste impuls de vraag hoe effectief limietprijzetting en dreigingen met prijsoorlogen zijn om monopolie macht te behouden⁴⁵. De speltheorie bood de mogelijkheid het

29. E. Zermelo, Über eine Anwendung der Mengenlehre auf die Theorie des Schachspiels, *Proceedings of the 5th International Congress of Mathematicians*, jg. 2, blz. 501-504.

30. Het academische klimaat in het Princeton van toen en het genie Von Neumann worden beschreven in S.J. Heims, *J. von Neumann and N. Wiener: from mathematics to the technologies of life and death*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1980.

31. Zie J. von Neumann en O. Morgenstern, op.cit.

32. J. Nash, Equilibrium points in n-person games, *Proceedings of the National Academy of Science U.S.A.*, jg. 36, 1950, blz. 48-49 en J. Nash, Non-cooperative games, *Annals of Mathematics*, jg. 54, 1951, blz. 286-295.

33. J. Nash, op.cit., 1953.

34. L. Shapley, A value for n-person games, in: H. Kuhn en A. Tucker (red.), Contributions to the theory of games, *Annals of Mathematical Studies*, jg. 28, 1953, Princeton University Press, Princeton, NJ.

35. R.D. Luce en H. Raiffa, *Games and decisions: introduction and critical survey*, Wiley, New York, 1957.

36. *Reports to the US Arms Control and Disarmament Agency*, prepared by Mathematica, Inc., Princeton, ST-80, 1966; ST-116, 1967; ST-140, 1968.

37. Zie J.C. Harsanyi, Games with incomplete information played by 'Bayesian' players, deel I, II en III, *Management Science*, jg. 14, 1968, blz. 159-182, 320-332, 468-502. De truc bestaat daaruit dat men een speler(type) invoert voor elk stuk informatie dat een speler mogelijkwijs bezit.

38. R. Selten, Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit, *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, jg. 12, 1965, blz. 301-324.

39. Zie Van Damme, op. cit., 1987.

40. Zie J. Tirole, op. cit., 1988.

41. T.C. Schelling, *The strategy of conflict*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1960.

42. Van Damme, op. cit., 1987, hoofdstuk 8.

43. Zie bij voorbeeld G. Nöldeke en E. van Damme, Signaling in a dynamic labor market, *Review of Economic Studies*, jg. 57, 1990, blz. 1-24; I. Gale en J. Stiglitz, The informational context of initial public offerings, *Journal of Finance*, jg. 44, 1989, blz. 41-57.

44. Zie bij voorbeeld A. Mas-Colell, An equivalence theorem for a bargaining set, *Journal of Mathematical Economics*, 1988 en M. Osborne en A. Rubinstein, *Bargaining and markets*, Academic Press Inc., 1990.

45. J. Tirole, op. cit., 1988.

debat te structureren. Op het gebied van de informatie-economie waren de artikelen van Akerlof⁴⁶, Rothschild en Stiglitz⁴⁷ en Spence⁴⁸ fundamenteel. Elk van deze drie artikelen bevatte een aspect dat voor de klassieke theorie paradoxaal was (inefficiëntie van evenwichten, het niet bestaan van evenwichten, of het bestaan van vele Pareto-geordende evenwichten), maar dat met behulp van de speltheorie beter begrepen kon worden. Een bijzonder belangrijke ontwikkeling was de toepassing van speltheorie op de evolutionaire biologie⁴⁹. Ideeën die eerst in een biologische context werden ontwikkeld worden nu op economische problemen toegepast.

De toegenomen belangstelling leidde er ook toe dat de zwakke punten van de theorie duidelijker aan het licht kwamen. Problematisch is onder andere de multiplicititeit van evenwichten die men in veel situaties aantreft en het feit dat de uitkomsten vaak niet robuust zijn; kleine veranderingen in de regels van het spel kunnen grote gevolgen hebben. In het bijzonder kwam er veel kritiek op de sterke rationaliteitsaannamen. Experimenten maakten duidelijk dat, althans in bepaalde situaties, menselijk gedrag duidelijk verschilt van ideaal rationeel gedrag, zodat de voorspellende waarde van de theorie vaak gering is. Deze kritiek heeft speltheoretici er onder andere toe gebracht diverse formele modellen voor begrensde rationele spelers te ontwikkelen. Spelers worden bij voorbeeld gezien als computers die capaciteitsbeperkingen hebben en er wordt niet alleen gekeken naar welke beslissingen genomen worden maar ook hoe beslissingen tot stand komen⁵⁰. Andere modellen⁵¹ formaliseren het leer- en gedachtenproces van de spelers met behulp van het idee dat spelers een complex spel altijd zullen reduceren tot het 'dichtbijzijnde' eenvoudige spel. In experimenten met simpele spelen kan men spelers expliciet vragen waarom ze tot een bepaalde beslissing komen. Reinhard Selten heeft sinds de jaren vijftig een groot aantal experimenten gedaan waaruit hij regulariteiten destilleert waaraan denkprocessen van spelers voldoen. Op deze manier is hij onder andere in staat gebleken een succesvolle beschrijvende theorie voor duopolie-situaties te ontwikkelen⁵².

Toepassingen

Tijdsinconsistentie, reputatie en samenwerking

In veel situaties ontstaan inefficiënte uitkomsten omdat dreigingen en/of beloften niet volledig geloofwaardig zijn. In zulke situaties zullen spelers naar middelen zoeken om zich te binden, om de anderen te overtuigen dat ze hun beloften gestand zullen doen. Een jong kunstenaar die een hoge prijs voor zijn litho's vraagt omdat hij er maar tien gemaakt heeft, zal deze prijs alleen krijgen als hij geloofwaardig kan maken dat hij de gebruikte steen vernietigd heeft. Een regering wil investeringen bevorderen door lage winstbelastingen te beloven en zoekt naar middelen om bedrijven ervan te overtuigen dat zij ex post deze belofte niet zal breken. Staatsobligaties kunnen alleen tegen een hoge koers worden uitgegeven als de belofte ex post de inflatie niet op te jagen geloofwaardig is. Bij herhaalde interactie zijn dreigingen en beloften in het algemeen geloofwaardiger omdat het niet gestand doen ervan harder bestraft kan worden. Als een regering nu onverwacht de inflatie opdrijft wordt zij daarvoor in de toekomst door beleggers gestraft doordat deze een hoger rendement op toekomstige staatsleningen zullen verlangen. Als de toekomst belangrijk genoeg is geeft de regering er de voorkeur aan de opgebouwde reputatie niet te verliezen.

Het belang van reputatie en herhaalde interactie kan eenvoudig in het prisoners' dilemma van figuur 1 worden geïllustreerd. Veronderstel dat dezelfde spelers dit spel

elke dag spelen, dat ze afspreken dat ze geen van beiden zullen adverteren, en dat als de ene speler op een dag toch adverteert de ander vanaf dat moment zal adverteren totdat de eerste zijn fout inziet, toegeeft en een keer niet adverteert; vanaf dat moment zullen beiden weer niet adverteren. Deze afspraak is zelfbindend; de dreiging disciplineert de spelers zodanig dat het nooit in hun eigenbelang is te adverteren⁵³. Bovendien heeft de afspraak het gevolg dat elke dag de efficiënte uitkomst resulteert.

Asymmetrische informatie en inefficiëntie

Met behulp van standaard economische theorie is het moeilijk allerlei inefficiënties te verklaren. Waarom worden bij voorbeeld een werkgever en een vakbond het pas eens na een staking die beide partijen geld kost? Ze hadden er toch beter aan gedaan de staking te vermijden door al meteen de uiteindelijke overeenkomst af te sluiten? De informatie-economie geeft als antwoord dat dit niet mogelijk was omdat ex ante de benodigde informatie nog niet beschikbaar was en dat inefficiënties een natuurlijk gevolg zijn van informatie-asymmetrieën. Bij bilaterale onderhandelingen pretendeert een koper dat het object voor hem minder waard is dan het in werkelijkheid is en een verkoper probeert de prijs op te drijven door de waarde gunstiger voor te stellen. In bepaalde gevallen worden de partijen het niet eens hoewel er wel 'gains from trade' zijn. Zulke efficiëntieverliezen zijn onvermijdbaar, maar de speltheorie kan aangeven bij welke onderhandelingsprocedure de verliezen minimaal zijn⁵⁴. Elders ben ik uitgebreid ingegaan op instituties en mechanismen die efficiëntieverliezen als gevolg van informatieproblemen tegengaan⁵⁵, daarom zal ik hier volstaan met de algemene principes aan te geven. De kernwoorden zijn 'signaling' en 'screening'. Door middel van 'screening' probeert de slechter geïnformeerde partij de ander er toe te brengen zijn informatie vrijwillig bloot te geven (bij voorbeeld verzekeringsmaatschappijen bieden een menu van contracten aan; de keuze verraadt iets over de risicoklasse van de consument). 'Screening' kan dus leiden tot zelfselectie. Onder 'signaling' verstaat men dat de geïnformeerde marktzijde in dusdanige activiteiten in-

46. G. Akerlof, The market for lemons, *Quarterly Journal of Economics*, jg. 84, 1970, blz. 488-500.

47. M. Rothschild en J. Stiglitz, Equilibrium in competitive insurance markets, *Quarterly Journal of Economics*, jg. 90, 1976, blz. 629-650.

48. M. Spence, Job market signalling, *Quarterly Journal of Economics*, jg. 87, 1973, blz. 355-374.

49. Zie J. Maynard Smith, *Evolution and the theory of games*, Cambridge University Press, Cambridge, Mass., 1982 en, voor een minder technische illustratie, R. Dawkins, *The selfish gene*, Oxford University Press, 1976.

50. Het basiswerk op dit gebied werd gedaan door H. Simon, *Models of bounded rationality*, deel 2, MIT Press, 1982. Een aantal recente ontwikkelingen wordt beschreven in A. Rubinstein, *Lectures on bounded rationality*, draft 1989, University of Pennsylvania.

51. Zie bij voorbeeld H. Carlsson en E. van Damme, *Global games and equilibrium selection*, CentER for Economic Research, discussion paper.

52. R. Selten, M. Mitzkewitz, G. Uhlich, *Duopoly strategies programmed by experienced players*, University of Bonn, DP B-106, 1988.

53. Als een speler niet afwijkt heeft hij elke dag een winst van 50. Als hij op een dag adverteert, dan heeft hij die dag een hogere winst van 60, maar hij zal de volgende dag een winst van 25 moeten accepteren omdat de concurrent anders altijd blijft adverteren (en in deze situatie is de maximale winst 35). Het is dus eenvoudig in te zien dat het beter is nooit te adverteren. Zie E. van Damme, Renegotiation-proof equilibria in repeated prisoners' dilemma, *Journal of Economic Theory*, jg. 47, 1989, blz. 206-217.

54. R. Myerson en M. Satterthwaite, Efficient mechanisms for bilateral trading, *Journal of Economic Theory*, jg. 29, 1983, blz. 265-281. Zie ook R. Wilson, Game theoretic analysis of trading processes, blz. 33-70 in T. Bewley, *Advances in economic theory*, Cambridge University Press, 1987.

55. E. van Damme, *Informatie, incentives en economische efficiëntie*, Tilburg University Press, 1990.

vesteert dat het voor de andere partij gemakkelijker wordt de informatie te achterhalen. Zo zijn bij voorbeeld goede garantievoorwaarden of uitgebreide en kostbare reclamecampagnes een signaal voor goede kwaliteit. In het genoemde overzicht ga ik ook in op de efficiëntie-eigenschappen van verschillende veilingmethoden, op de zogenaamde 'vloek van de winnaar' (je betaalt altijd meer voor een produkt dan het uiteindelijk waard is) en op de vraag hoe incentives optimaal gestructureerd kunnen worden (de beste manier om je doel te bereiken is anderen te doen inzien dat het in hun belang is jouw belangen te behartigen).

Coöperatieve toepassingen

Veel markten zijn tweezijdig, dat wil zeggen de actoren kunnen in twee volledig gescheiden groepen verdeeld worden (bij voorbeeld werkgevers en werknemers, huurders en verhuurders, en (op de huwelijksmarkt) mannen en vrouwen). Gale en Shapley hebben bewezen dat er op zo'n markt altijd een stabiele allocatie bestaat en zij hebben een algoritme gegeven waarmee zo'n stabiele toewijzing berekend kan worden⁵⁶. (Een matching wordt stabiel genoemd als er geen paar te vinden is dat niet met elkaar gekoppeld is en dat elkaar boven hun respectieve partners preferiert.) Een overzicht van de theorie en de toepassingen wordt gegeven door Roth en Sotomayer⁵⁷. Krantenartikelen suggereren dat ook veel bemiddelingsbureaus in Nederland hun service zouden kunnen verbeteren door van het algoritme gebruik te maken.

De coöperatieve theorie heeft belangrijke toepassingen gevonden op het gebied van de kostenallocatie⁵⁸. Een typisch probleem is het volgende. Er moet een beslissing genomen worden al dan niet een tunnel te graven en, als de tunnel gegraven wordt, welke soorten verkeer (voetgangers, fietsers, auto's, vrachtauto's, goederen- en personen-treinen) er gebruik van moeten kunnen maken. Als beslist is wat voor soort tunnel het moet worden, dan moet ook nog bepaald worden hoeveel elke verkeerssoort aan de kosten moet bijdragen. Natuurlijk moet het zo zijn dat het gebruik van de tunnel voor de spoorwegen minder kost dan wanneer zij zelf een eigen spoorwegtunnel zouden graven en het is ook gewenst dat efficiëntieverbeteringen bij de spoorwegen die tot daling van de constructiekosten van de tunnel bijdragen vertaald worden naar lagere toltarieven voor treinen. Dergelijke aannamen over het kostentoe-wijzingsmechanisme leiden vaak tot de conclusie dat de Shapley-waarde⁵⁹ (een bepaald coöperatief oplossings-concept) gebruikt moet worden om de kosten te berekenen.

Dezelfde Shapley-waarde heeft ook belangrijke toepassingen gevonden bij de analyse van macht in politieke systemen. Het idee dat aan deze waarde ten grondslag ligt is dat macht gerelateerd is aan de kans om de spil te zijn

waar alles om draait. Als men nooit de doorslaggevende stem heeft dan heeft men geen macht. Beschouw bij voorbeeld de Veiligheidsraad van de Verenigde Naties. Deze bestaat uit vijftien leden, waarvan vijf permanent zijn en vetorecht hebben. De tien roterende leden hebben geen vetorecht. De regels zijn dat een resolutie aangenomen wordt als ten minste negen leden vóór stemmen en als er geen vetostemmen zijn. Het zal duidelijk zijn dat permanente leden een veel grotere macht hebben. Berekening van de Shapley-waarde maakt duidelijk hoeveel: de Shapley-waarde van een roterend lid is 0,186%, de waarde van een permanent lid is 19,6%, met andere woorden een permanent lid heeft meer dan honderd maal zoveel macht. Het is ook interessant machtsindices te berekenen voor de huidige samenstelling van de Tweede Kamer der Staten Generaal. De tabel geeft de Shapley-waarde (omgerekend in aantallen zetels) voor het spel dat gebaseerd is op de (onjuiste) aanname dat kamerleden altijd volgens partijlijnen stemmen. Opmerkelijk is natuurlijk dat de PvdA volgens deze index slechts evenveel macht heeft als de VVD hoewel ze meer dan tweemaal zoveel zetels heeft⁶⁰, dat D'66 niet meer macht heeft dan Groen Links, en dat de drie grootste partijen samen bijna negentig procent van de macht hebben.

Conclusie

De ontwikkeling van de speltheorie is niet revolutionair, maar evolutionair geweest. De door Von Neumann voor het nulsomspel ontwikkelde concepten zijn in de loop van de tijd in een steeds bredere context toegepast. De theorie is erg flexibel gebleken: zij werd uitgebreid van nulsomspelen naar niet-nulsomspelen, van het statische geval naar het dynamische geval, van situaties met volledige informatie naar situaties waarin informatie onvolledig kan zijn. Momenteel wordt gewerkt aan het integreren van irrationeel of begrensd rationeel gedrag in het model. Het is moeilijk te zeggen waar in de economie speltheorie tot echt nieuwe inzichten heeft geleid. Vaak bestaat het succes van de theorie daarin dat ze in staat is intuïtie op zodanige wijze te formaliseren dat deze naar een andere of bredere context overgedragen kan worden. Weinig conclusies zijn echt verrassend; nadat men de analyse gedaan heeft is men meestal in staat te zeggen: o ja, maar natuurlijk, nu ik er wat beter over denk, is het wel logisch dat dit het resultaat is. De theoretische ontwikkeling is hand in hand gegaan met de ontwikkeling van de toepassingen. Momenteel overtreft de vraag naar speltheoretische resultaten het aanbod en het is waarschijnlijk dat economen in de toekomst tot de conclusie komen dat de speltheorie (nog) niet zoveel kan als zij dachten (of hoopten), en dan kan de cyclus weer opnieuw beginnen. Het is jammer dat in de curricula van de economische faculteiten in Nederland zo weinig aandacht aan speltheorie besteed wordt, omdat studenten zo de taal niet leren die internationaal onder economen wordt gesproken.

E.E.C. van Damme

Tabel. Zetelverdeling en machtsverdeling (Shapley-waarden) van politieke partijen

Partij	Zetels	Macht ^a
CDA	54	55,8
PvdA	49	38,5
VVD	22	38,5
D'66	12	5,8
Groen Links	6	5,8
SGP	3	2,9
GPV	2	1,3
RPF	1	0,8
CP	1	0,8

a. Macht uitgedrukt in aantal zetels. Dit is de Shapley-waarde van het spel waarin de partijen de spelers zijn en een coalitie de waarde 150 (dat wil zeggen de absolute macht) heeft als zij ten minste 76 zetels heeft, en anders de waarde 0.

56. D. Gale en L. Shapley, College admissions and the stability of marriage, *American Mathematics Monthly*, jg. 69, 1962, blz. 9-15.

57. A. Roth en M. Sotomayer, *Two-sided matching: a study in game theoretic modelling and analysis*, Cambridge University Press, 1990.

58. Voor een overzicht zie Young, *Methods and principles of cost allocation*, North Holland, 1985.

59. Shapley, op.cit., 1953.

60. De reden is dat het CDA en de VVD samen ook juist de absolute meerderheid hebben.