

Andreas Diekmann

ro
ro
ro

SPIELTHEORIE

**Einführung,
Beispiele,
Experimente**

rowohlt's
enzyklopädie

Über den Verfasser

Andreas Diekmann, Prof. Dr. rer. pol., geb. 1951 in Lübeck; Studium der Soziologie, Psychologie und Methodenlehre an den Universitäten Hamburg und Wien. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Hamburg (bis 1980). 1980–84 Assistent am Institut für Höhere Studien in Wien, 1984–87 Akademischer Rat am Institut für Soziologie der Universität München. Habilitation 1987 an der Universität München, Wissenschaftlicher Leiter am «Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen» (ZUMA) in Mannheim (1987–89). Professor für Statistik und Sozialwissenschaftliche Methodenlehre an der Universität Mannheim (1989–90). Direktor des Instituts für Soziologie an der Universität Bern und Professor für Empirische Sozialforschung und Sozialstatistik (1990–2003). Seit 2003 Professor für Soziologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich.

Ausgewählte Buchpublikationen: Die Befolgung von Gesetzen, Berlin 1980 (Duncker & Humblot). Dynamische Modelle sozialer Prozesse, München 1980 (Oldenbourg). Methoden zur Analyse von Zeitverläufen, Stuttgart 1984 (Teubner, mit P. Mitter). Umweltsoziologie, Reinbek 2001 (rowohlts enzyklopädie, mit P. Preisendörfer). Hrsg.: Stochastic Modelling of Social Processes, New York 1984 (Academic Press, mit P. Mitter). Hrsg.: Paradoxical Effects of Social Behavior. Essays in Honor of Anatol Rapoport, Heidelberg 1986 (Physica, mit P. Mitter). Hrsg.: Handbuch der Demographie, Bd. 1 und 2, 2000 (Springer, mit U. Müller und B. Nauck). Hrsg.: Methoden der empirischen Sozialforschung, Sonderheft 44 der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Opladen 2006. Empirische Sozialforschung, Reinbek 2008 (Neuausgabe; rowohlts enzyklopädie).

Andreas Diekmann

Spieltheorie

Einführung, Beispiele, Experimente

rowohlts enzyklopädie
im Rowohlt Taschenbuch Verlag

rowohlts enzyklopädie
Herausgegeben von Burghard König

2., überarbeitete Auflage August 2010

Originalausgabe
Veröffentlicht im Rowohlt Taschenbuch Verlag,
Reinbek bei Hamburg, April 2009
Copyright © 2009 by Rowohlt Verlag GmbH,
Reinbek bei Hamburg
Umschlaggestaltung anyway, Walter Hellmann
Satz Proforma PostScript (InDesign) bei
Pinkuin Satz und Datentechnik, Berlin
Druck und Bindung CPI – Clausen & Bosse, Leck
Printed in Germany
ISBN 978 3 499 55701 9

Inhalt

Vorwort	7
Einleitung	9
1 Normalform von Spielen und Nash-Gleichgewicht	21
2 Extensivform, Strategien, Teilspielperfektheit	46
3 Eine Anwendung. Das Vertrauensproblem, soziale Normen und Institutionen	59
4 Entscheidungstheorie, Spieltheorie und rationales Handeln	69
5 «Des einen Freud ist des anderen Leid». Nullsummenspiele, Sattelpunkte und gemischte Strategien	90
6 Soziale Dilemmata	105
7 Wiederholte Spiele: Evolution von Kooperation	134
8 Evolutionäre Spieltheorie	167
9 Ich weiß nicht, wer du bist. Spiele mit unvollständiger Information	179
10 Experimentelle Spieltheorie	200
Formale Definitionen einiger Begriffe	228
Kleines Lexikon der Begriffe	231
Literatur zur Ergänzung und Vertiefung	240
Literaturverzeichnis	243
Sachregister	261

Vorwort

Die Spieltheorie befasst sich mit Modellen strategischen Handelns in sozialen Interaktionen. Diese sind Grundlage aller Sozialwissenschaften wie Ökonomie, Soziologie, Sozialpsychologie, Politikwissenschaften bis hin zu Ethnologie und empirischer Rechtswissenschaft. Die Spieltheorie stellt damit eine präzise, «einheitliche Sprache für die Sozialwissenschaften» (Gintis 2000) und Werkzeuge zur genauen Analyse strategischer Situationen zur Verfügung. Seit Jahren ist die Spieltheorie ein äußerst dynamisches Forschungsgebiet. Entdeckungen auf dem Gebiet wurden durch mehrere Nobelpreise ausgezeichnet. Mit Modellen für wiederholte Spiele, asymmetrische Information, Signalspiele und evolutionäre Spiele konnten neue Anwendungsfelder erschlossen werden. Mit der Wiederentdeckung der Spieltheorie in der Ökonomie nahm auch die experimentelle Spieltheorie einen rasanten Aufschwung. Dieses Buch greift die neuen Entwicklungen auf und versucht in verständlicher Weise, in das Gebiet der modernen Spieltheorie einzuführen. Ausführlich werden Beispiele aus Soziologie, Ökonomie, Politikwissenschaften und anderen Disziplinen behandelt, und besonderes Gewicht wird auch auf die Darstellung von Ergebnissen experimenteller Spieltheorie gelegt. Die Grundlagen erschließen sich ohne vertiefte Mathematikkenntnisse. Ich habe versucht, Herleitungen und Ergebnisse präzise darzustellen, ohne aber die Verständlichkeit durch übermäßigen Notationsaufwand zu belasten. Die Prinzipien und zentralen Ergebnisse der meisten Kapitel sollten, unterstützt durch die Beispiele, auch ohne formale Kenntnisse nachvollziehbar sein. Das Buch soll anregen und Appetit auf mehr machen, auf die faszinierende Welt der modernen Spieltheorie und ihrer Anwendungen.

Ich bedanke mich für die Anfertigung von Graphiken und die Hilfe bei der Recherche und Korrektur des Manuskripts bei Matthias Näf. Für wertvolle Hinweise und Kommentare gilt mein Dank Norman Braun, Wojtek Przepiorka und Thomas Voss. Einen Teil des Buches habe ich

am Nuffield College, Oxford, geschrieben. Ganz herzlich bedanke ich mich für die Gastfreundschaft. Dem Verlag und dem Herausgeber der Reihe *rowohlts enzyklopädie*, Burghard König, danke ich für die Unterstützung dieses Projekts. Verbleibende Fehler gehen natürlich zulasten des Autors.

Zürich, im Oktober 2008

Andreas Diekmann

Vorwort zur zweiten Auflage

Ich freue mich, dass bereits nach einem Jahr eine zweite Auflage der «Spieltheorie» gedruckt wird. Das gibt mir Gelegenheit, einige Druckfehler zu korrigieren, die sich in eine erste Auflage immer einschleichen. Für die Hinweise von Leserinnen und Lesern bin ich sehr dankbar. Gleichzeitig möchte ich auf die Internetseite zur Spieltheorie aufmerksam machen: <http://www.socio.ethz.ch/publications/spieltheorie>. Dort findet man weitere Literatur zum Download und zahlreiche Übungsaufgaben. Anregungen sind stets willkommen.

Zürich, im Juni 2010

Andreas Diekmann

Einleitung

Eine Gruppe von zehn Personen geht zu einem Abendessen in ein Restaurant. Die Rechnung, so die Vereinbarung, wird gemeinsam getragen und durch die Zahl der Köpfe geteilt. Weniger zivilisierte Personen werden in diesem Fall einen größeren Appetit als bei individueller Abrechnung entwickeln. Jede Mehrausgabe wird zu neun Zehnteln durch die anderen Tischgenossen subventioniert. Wenn alle Gäste dieser Logik folgen, wird die Rechnung zum Schaden aller aufgebläht. Das gleiche Prinzip lässt sich bei vielen Problemen beobachten: Der gähmend leere Kühlschrank in einer Wohngemeinschaft, die Abholzung von Wäldern, die Überfischung von Gewässern und allgemein die Übernutzung von Ressourcen sind Beispiele.

Individuelle Rationalität mehrt nicht immer das allgemeine Wohl wie in der Theorie von Adam Smith, sondern führt oft zu kollektiver Selbstschädigung. Sozialpsychologen sprechen von sozialen Dilemmata oder sozialen Fallen, Ökonomen von Kollektivgutproblemen, Soziologen und Politikwissenschaftler vom Problem sozialer Ordnung. Es gibt viele Varianten sozialer Fallen. Und es gibt Gegengifte: Institutionen, soziale Normen, soziale Sanktionen und unter gewissen Bedingungen die Selbstorganisation von Kooperation. Die jeweilige Struktur eines sozialen Dilemmas kann mit den Methoden und Modellen der Spieltheorie präzise analysiert werden. Die Spieltheorie befasst sich zwar nicht ausschließlich mit sozialen Dilemmata, aber sie begegnen uns doch sehr häufig in den einschlägigen Untersuchungen. Die spieltheoretische Analyse ermöglicht die Auffindung von Lösungen, und in der experimentellen Spieltheorie können Hypothesen, die sich aus den Modellen ergeben, empirisch untersucht werden.

Auch wenn sich viele Anwendungen der Spieltheorie auf Interaktionen von zwei oder wenigen Personen beziehen, so befassen sich die Modelle nicht nur mit der Mikrowelt kleiner Gruppen.

Internationale Konflikte, Rüstungswettlauf, die Ausbeutung knapper Umweltressourcen, Handelsbeziehungen und Kartelle, der Kollaps von Finanzmärkten, die Erkundung der Möglichkeit sozialer Kooperation unter eigennützig handelnden Akteuren, Tauschbeziehungen, die Entstehung sozialer Normen und Konventionen, die Produktion kollektiver Güter, Vertrauen und Betrug auf elektronischen Märkten, die Glaubwürdigkeit angekündigter Drohungen und Sanktionen und viele andere Themen können mit spieltheoretischen Modellen genauer behandelt werden. Oftmals führen die Theorien zu neuen und überraschenden Vorhersagen. Nicht immer ist der Mächtigste der Stärkste, und unter bestimmten Bedingungen kann es den Schwachen gelingen, den Mächtigen in die Schranken zu verweisen oder sogar auszunehmen. Voraussetzung spieltheoretischer Modelle ist immer, dass es sich um strategische Situationen handelt, dass sozusagen die Schicksale der Akteure wechselseitig miteinander verknüpft sind. Drohungen, Bluff, asymmetrische Information (nur die Spieler selbst kennen ihre wahren Präferenzen, nicht aber die Mitspieler), ehrliche und falsche Signale sind das Salz verfeinerter spieltheoretischer Modelle.

Nicht immer sind Hypothesen über die Folgen sozialer Interaktionen offensichtlich, und nicht selten erweisen sich offensichtliche Hypothesen als falsch. So lässt sich zeigen, 1. dass mehr Transparenz auf Märkten zur Folge haben kann, dass Verbraucher eher von Kartellen durch höhere Preise ausgebeutet werden (Kapitel 1). 2. Die Verletzung sozialer Normen ist auch dann zu erwarten, wenn die Normbrüche mit Sicherheit erkannt werden und die Sanktionen schwerer wiegen als der Gewinn durch die Normverletzung. Die kritische Bedingung ist die Glaubwürdigkeit des Vollzugs von Sanktionsdrohungen, in der Sprache der Spieltheorie die Frage nach der Teilspielperfektheit eines Gleichgewichts (Kapitel 2). 3. Paradoxerweise kann eine zusätzlich gebaute Entlastungsstraße dazu führen, dass die Fahrzeit der Autofahrer wächst, obwohl die Anzahl der

Autos «im System» unverändert bleibt (Kapitel 6). 4. Auch unter vollkommen eigennützig handelnden Akteuren kann in Dilemmasituationen Kooperation entstehen, wenn sie wiederholt miteinander interagieren. Ein bemerkenswertes historisches Beispiel ist die Kooperation feindlicher Soldaten im Ersten Weltkrieg (Kapitel 7). 5. Bei Vertrauensproblemen (z. B. bei der Vermietung einer Wohnung) kann die Möglichkeit der Hinterlegung einer Kaution eine erwünschte Nebenfolge hervorrufen: Das Ausmaß sozialer Diskriminierung wird verringert (Kapitel 9). Die fünf Beispiele beziehen sich auf Ergebnisse von Untersuchungen mit spieltheoretischen Modellen. Die Spieltheorie verhilft dazu, Interaktionsstrukturen zu analysieren und Bedingungen für die Geltung der Hypothesen herauszuarbeiten. Insofern ist die Spieltheorie ein wichtiges Instrument der Theorieentwicklung in den Sozialwissenschaften.

Die Beispiele deuten auch darauf hin, worum es in der Spieltheorie zentral geht: Die Spieltheorie befasst sich mit Entscheidungen in Situationen strategischer Interdependenz. Wenn man im Supermarkt vor der Qual der Wahl steht, unter hundert verschiedenen Produkten einen Joghurtbecher auszuwählen («Entscheidung unter Sicherheit», Kapitel 4), oder wenn man überlegt, ob es nicht doch besser sei, bei heraufziehenden Wolken für den Spaziergang den Regenschirm unter den Arm zu klemmen («Entscheidung unter Risiko», Kapitel 4), dann handelt es sich zweifellos um Entscheidungsprobleme. Diese fallen aber nicht in den Bereich der Spieltheorie. Der Grund ist, dass das Ergebnis der Entscheidung nicht von den Entscheidungen anderer Akteure abhängt. Wenn man den Regenschirm daheim lässt und es regnet, wird man eben nass, gleichgültig wie viele andere Spaziergänger sich für die Mitnahme des Schirms entschieden haben. Beim eingangs erwähnten Restaurantbeispiel variiert dagegen die Höhe der Rechnung in Abhängigkeit vom Verhalten der Tischgenossen. Je größer die Anzahl der unkooperativen Gäste, desto höher fällt die Rechnung aus. Die Handlungen der anderen haben einen Einfluss auf das Ergebnis, das ich durch meine Handlung erziele.

In einer Geschichte von Arthur Conan Doyle flieht Sherlock Holmes vor seinem Widersacher Moriarty mit dem Zug Richtung Dover. Unterwegs gibt es einen Halt in Canterbury. Moriarty folgt Holmes mit einem

Sonderzug. Sollte Holmes in Dover von Moriarty erwischt werden, dürfte es für ihn übel ausgehen. Also überlegt Holmes, den Zug in Canterbury zu verlassen. Natürlich weiß er, dass Moriarty diese Möglichkeit auch in Erwägung ziehen wird. Moriarty wird deshalb überlegen, den Sonderzug in Canterbury anzuhalten. Dann aber wäre es doch besser, die Fahrt bis Dover fortzusetzen. Aber wenn auch Moriarty diese Folgerung nachvollzieht? Und so geht die Überlegung weiter – ein infinites Regress. Dieses Beispiel (es stammt von Oskar Morgenstern, dazu ausführlich Kapitel 5) illustriert die Interdependenz der Handlungen und die strategischen Überlegungen der Akteure. Jeder Spieler muss die Situation gewissermaßen durch die Augen der Mitspieler betrachten und daraufhin seine eigene Strategie abstimmen. Dabei hat die Spieltheorie auch für den infinites Regress eine Lösung parat (Kapitel 5).

Aufgaben und Ziele der Spieltheorie

Im Mittelpunkt aller Sozialwissenschaften stehen soziale Interaktionen. Sie bilden die Basis für die Formulierung von Theorien und Hypothesen über soziale Zusammenhänge und Prozesse auf der Mikro- und Makroebene der Gesellschaft. Die Spieltheorie ist sozusagen die Mathematik der sozialen Interaktionen. Sie stellt die Methoden und formalen Modelle bereit, um soziale Interaktionen präzise zu beschreiben. So gibt es z. B. viele verschiedene Arten sozialer Dilemmata. Je nach Struktur einer «sozialen Falle» wird auch die Lösung unterschiedlich ausfallen. Oft sind es nur kleine Unterschiede, die aber eine erhebliche Wirkung auf die Handlungsstruktur ausüben. Zum Beispiel geht das Chickenspiel aus dem Gefangenendilemma durch die Vertauschung von nur zwei benachbarten Präferenzwerten hervor (Kapitel 1). Oder eine kleine Änderung des Informationsbezirks verwandelt ein simultanes in ein sequenzielles Spiel. Die Struktur des Spiels und seine Lösung ändern sich dadurch grundlegend (Kapitel 2). Mit der verbalen Umgangs- oder Fachsprache würden die unterschiedlichen Strukturen kaum bemerkt werden. Erst mit fein abgestimmten Instrumenten, mit einer formalen Sprache sozialer Interaktionen, gelingt es, die Differenzierungen zu erkennen. Mit den

Worten von Gintis (2000) ist die «Spieltheorie eine universelle Sprache zur Vereinheitlichung der Sozial- und Verhaltenswissenschaften (behavioural sciences)». Selbst wenn man keinen Anspruch an die prognostische Kraft spieltheoretischer Modelle stellt, so ist bereits die Analyse und Klassifikation unterschiedlicher Interaktionsstrukturen eine wichtige Leistung der Spieltheorie.

Die Spieltheorie trägt darüber hinaus zur Theoriebildung in den Sozialwissenschaften bei. Auch hier ist nicht der deskriptive Gehalt, die Vorhersagekraft spieltheoretischer Modelle, allein entscheidend. Wenn eine Interaktionsstruktur mit einem spieltheoretischen Modell formalisiert wird, erhält man zunächst eine Art «benchmark», einen Referenzpunkt, der festhält: Wie würden sich die Akteure entscheiden, wenn sie strikten Rationalitätskriterien Folge leisten? Wenn man in der Praxis systematische Abweichungen beobachtet (was oft, aber keineswegs immer vorkommt), stellt sich erst die Forschungsfrage: Wie kommt es, dass Akteure systematisch die Rationalitätsannahmen verletzen? Oder handeln sie vielleicht «rational», haben aber andere Handlungsziele (Präferenzen), als das Modell behauptet?

Binmore (1992) argumentiert, dass folgende Minimalbedingung erfüllt sein muss, damit spieltheoretische Modelle zutreffende Vorhersagen machen können: Erstens muss die Spielstruktur einfach sein. Zweitens müssen die Akteure Erfahrungen mit der Spielstruktur haben. Und drittens müssen die Anreize hoch genug sein, damit sich optimale Strategien lohnen. Die Minimalvoraussetzungen sind aber keine Garantie. Selbst wenn alle drei Voraussetzungen erfüllt sind, kann man in Experimenten Diskrepanzen zwischen spieltheoretischen Hypothesen und dem Verhalten von Versuchspersonen nachweisen.

Möglicherweise kann die «Rationalitätslücke» oder die Fehleinschätzung der Präferenzen im Modell durch Zusatzannahmen behoben werden, sodass man zu prognosefähigen Theorien kommt. Dies ist das Forschungsprogramm der verhaltensorientierten (behavioural) Spieltheorie, von dem in Kapitel 10 die Rede sein wird.

In der evolutionären Spieltheorie (Kapitel 8) stellt sich das Problem anders. Hier interessiert es gar nicht, ob die Akteure zweckorientiert und strikt rational agieren. Sofern es einen Wettbewerb zwischen ver-

schiedenen Verhaltensmustern gibt, werden sich Rationalitätslösungen durch Evolution herausbilden. Organisationsstrukturen und Strategien von Firmen, kulturelle Muster und Institutionen entwickeln sich, indem erfolgreiche Modelle nachgeahmt werden und sich ausbreiten, während erfolglose Muster verschwinden (Kapitel 4 und 8).

Völlig unberührt von dem Streit über die Erklärungskraft deskriptiver Spieltheorie ist die normative Spieltheorie. Hier ist das Ziel nicht, empirische Hypothesen und Verhaltensprognosen zu formulieren. Vielmehr geht es darum, optimale Entscheidungen in einer gegebenen Interaktionsstruktur zu finden. Die normative Theorie stellt die Frage danach, wie ein rationaler Akteur handeln *soll*, wenn alle anderen Akteure sich gleichfalls an rationalen Entscheidungskriterien orientieren.

Eine weitere Aufgabe der Spieltheorie ist die Analyse und Planung von Institutionen. Unter einer Institution wird ein dauerhafter, berechenbarer Anreizmechanismus verstanden, z.B. ein Lohnsystem, die Produkthaftungspflicht von Unternehmen, Gesetze über den Versorgungsausgleich nach einer Ehescheidung oder die Regeln für CO₂-Emissionszertifikate in der EU. Niemand wird leugnen, dass solche Institutionen einen Einfluss auf das Verhalten haben. Ein einfaches Beispiel ist die Regel: A teilt den Kuchen auf, B wählt aus. Zwei rationale und vollkommen egoistische Akteure mit Appetit auf Kuchen werden auf diese Weise immer zu einer fairen Aufteilung kommen. König Salomo hat gemäß dem Alten Testament (erstes Buch der Könige, 3, 16–18) eine Institution erfunden, um in einem Gerichtsprozess eine wahre Aussage zu erhalten. Zwei Frauen streiten vor Gericht um ein Kind; beide beanspruchen die Mutterschaft. Salomo schlägt vor, das Kind unter den Klägerinnen aufzuteilen. Dadurch wird offenkundig, welche der beiden Frauen die wahre Mutter ist. Natürlich weigert sie sich, dem grausamen Vorhaben zuzustimmen, und überlässt ihr Kind lieber der bösen Kontrahentin. Der weise Salomo, der das Verhalten der Mutter vorausgesehen hat, kann ihr nun das Kind zusprechen. War er wirklich so weise? Wiederholbar ist das Verfahren jedenfalls nicht. Institutionen, die Spieltheoretiker ausführlich analysiert haben, sind Auktionsverfahren. Bei der Versteigerung von Telefonfrequenzen stand die Spieltheorie mit ihren Vorschlägen, Erfolgen und Misserfolgen kurzzeitig im Rampen-

licht (Kapitel 1). Werden Institutionen mit spieltheoretischen Mitteln geplant, spricht man von «mechanism design». Die Institutionenanalyse ist wichtig in der Rechtswissenschaft. In der angelsächsischen Rechtswissenschaft wird das interdisziplinäre Gebiet «Recht und Ökonomie» (Law and Economics) gepflegt. Ein Kern des Forschungsprogramms ist die Analyse rechtlicher Institutionen, auch mit den Mitteln der Spieltheorie.

In mehreren Kapiteln dieses Buchs, insbesondere in den Kapiteln 6 und 7, werden Probleme sozialer Kooperation behandelt. Mit kooperativen Handlungen nicht zu verwechseln sind die Begriffe «kooperative» und «nichtkooperative» Spieltheorie. Die kooperative Spieltheorie befasst sich mit Problemen der Verhandlung, Koalitionsbildung und der Aufteilung von Ressourcen. Geschlossene Verträge, so die Annahme, sind gültig und einklagbar. Soziale Dilemmata, z.B. das Gefangenendilemma oder das «Chickenspiel» (Kapitel 1), sind in der kooperativen Theorie kein Problem. Die Spieler werden verhandeln und eine für alle Beteiligten günstige Vertragslösung erzielen. Die Lösung basiert allerdings auf der Annahme «bindender Verträge». In der nichtkooperativen Spieltheorie wird dagegen eine Institution, die einklagbare Verträge garantiert, nicht vorausgesetzt. Werden Verträge erfüllt und kooperative Lösungen erzielt, muss dies erklärt werden, ohne bereits Vertragstreue vorauszusetzen. Die nichtkooperative Theorie ist damit grundlegender und benötigt weniger Voraussetzungen. Dennoch hat auch die kooperative Spieltheorie wichtige Resultate erzielt. Sie ist heute gegenüber der nichtkooperativen Theorie, vielleicht zu Unrecht, ins Hintertreffen geraten. Zudem existiert das Forschungsprogramm, die Theorie zu vereinheitlichen und Ergebnisse kooperativer Spieltheorie «nichtkooperativ» zu erklären. In diesem Buch werden wir uns ausschließlich mit der nichtkooperativen Spieltheorie befassen.

Anwendungen in den Sozialwissenschaften

Institutionen, soziale Interaktionen, soziale Normen und Sanktionen sind Kernbegriffe der Soziologie. Auch die Auseinandersetzung mit dem

Problem sozialer Ordnung hat seit Thomas Hobbes' «Leviathan» mit den klassischen soziologischen Arbeiten von Émile Durkheim, Talcott Parsons und anderen in Soziologie und Politikwissenschaften eine lange Tradition. Mit der Diskussion über «Sozialkapital» haben Studien zum Vertrauensproblem an Bedeutung gewonnen. Diese theoretisch und empirisch bedeutsamen Forschungsfragen werden heute mit spieltheoretischen Mitteln untersucht. Der Wettbewerb zwischen Parteien, Wahlverfahren, Kollektivgutprobleme und Konflikte zwischen Staaten sind Themen in den Politikwissenschaften, deren Bearbeitung von spieltheoretischen Methoden profitieren kann. In der Ökonomie sind Kartelle, die Übernutzung von Ressourcen, Finanzmärkte und Auktionsverfahren Beispiele für Anwendungsfelder der Spieltheorie. Mehr noch: Seit der mikroökonomischen und spieltheoretischen Wende in der Ökonomie ist die Spieltheorie eigentlich zur formalen Grundlage ökonomischer Modellbildung geworden. Viele der erwähnten Forschungsthemen, insbesondere die Untersuchung der Möglichkeiten von Kooperation in sozialen Dilemmata sind für alle sozialwissenschaftlichen Disziplinen von Interesse. Deshalb gehört die Spieltheorie – wie Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Kenntnis empirischer Forschungsmethoden – zur Grundausbildung in den Sozialwissenschaften. Dabei ist die Spieltheorie nicht nur Methode wie die Statistik. Sie ist auch Werkzeug der Theorienbildung. Wer sich heute mit Theorien in den Sozialwissenschaften befasst, sei es in Politikwissenschaften, Soziologie oder Ökonomie, kommt um Grundkenntnisse der Spieltheorie nicht herum.

Entwicklung der Spieltheorie

Die Spieltheorie wird in Sozialwissenschaften, Rechtswissenschaft, Biologie und sogar in der Informatik (z. B. interagierende Rechner) angewendet. Sie ist aber – wie Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung – eine mathematische Disziplin. Erste spieltheoretische Analysen wurden von den Mathematikern Ernst Zermelo und Emile Borel vorgelegt. Zermelo hat 1913 in seiner Arbeit «Über eine Anwendung der Mengenlehre auf die Theorie des Schachspiels» bewiesen, dass Nullsummenspiele mit

endlicher Zahl von Strategien und perfekter Information einen Sattelpunkt haben (Kapitel 5). Schach, Mühle, Dame usw. fallen in diese Kategorie. Ins Deutsche übersetzt besagt der Existenzbeweis von Zermelo, dass es im Schach eine optimale Strategie gibt. Welche es ist, konnte glücklicherweise bis heute niemand herausfinden. Zermelos Satz wurde von John von Neumann (1928) mit dem Minimax-Theorem erweitert. Der Name von Neumann ist eng mit der frühen Entwicklung der Spieltheorie verbunden. Zusammen mit dem Ökonomen Oskar Morgenstern publizierte von Neumann 1944 das erste grundlegende Werk der Spieltheorie «Theory of Games and Economic Behavior» (2. Aufl. 1947). Nullsummenspiele und kooperative Spieltheorie nehmen in der Arbeit eine bevorzugte Stellung ein. Von Neumann gilt als das Mathematik-Genie des 20. Jahrhunderts. Er hat angeblich die Spieltheorie erfunden, weil er sich für Poker interessierte und weil er zudem Konflikte mit seiner Frau analytisch präziser behandeln wollte (Poundstone 1992)¹. Als kalter Krieger und Militärstrategie hatte er auch eine dunkle Seite. Es wird behauptet, dass von Neumann Vorbild war für die Figur des Dr. Strangelove in dem Film von Stanley Kubrick mit dem deutschen Titel «Dr. Seltsam oder Wie ich lernte, die Bombe zu lieben».

Von Neumanns Minimax-Theorem bezieht sich auf Nullsummenspiele. Eine weitere Verallgemeinerung geht auf den Mathematiker John F. Nash zurück. Nash definiert zunächst den Begriff des Gleichgewichts für sämtliche Typen von Spielen, also auch für Nicht-Nullsummenspiele. Sodann legt er den Existenzbeweis vor, dass es in jedem Spiel mit einer endlichen Zahl von Strategien mindestens ein «Nash-Gleichgewicht» gibt (1950, 1951). Weiterhin hat Nash wesentliche Beiträge zur kooperativen Spieltheorie geleistet. Nash ist Ende der 1950er Jahre an Schizophrenie erkrankt und 25 Jahre später von der Krankheit genesen. Sein Leben wurde in der brillanten Biographie «A Beautiful Mind» von Nasar (1998) beschrieben und unter dem gleichen Titel verfilmt.

¹ Gemäß Morgenstern (2004) gab von Neumanns Frau ihrem Mann zu verstehen, dass sie sich nur für Spieltheorie interessieren würde, wenn darin ein Elefant vorkäme. In von Neumann und Morgenstern (1947) findet man, versteckt in einem Mengendiagramm, auf Seite 64 einen Elefanten.

Mit Nashs Verallgemeinerung wird die Grundlage der Theorie wesentlich erweitert. Die meisten Konflikte im sozialen, politischen und wirtschaftlichen Leben haben nicht den radikal antagonistischen Charakter von Nullsummenspielen. Mit der Erweiterung treten aber auch neue Probleme auf. Wenn nämlich mehrere Gleichgewichte existieren, ist die Lösung nicht mehr eindeutig wie in der Welt der Nullsummenspiele. Man benötigt zusätzliche Kriterien, um weniger sinnvolle Gleichgewichte auszusondern. Einer der wichtigsten Vorschläge, das Kriterium der «Teilspielperfektheit» (Kapitel 2), stammt von dem Mathematiker und Ökonomen Reinhard Selten (1965). In einem weiteren Schritt gelang es dem Philosophen und Ökonomen John C. Harsanyi, ein strikt rationales Verfahren für die Behandlung von Spielen mit unvollkommener Information zu entwickeln (Kapitel 9).

Neue Anwendungen der Spieltheorie wurden Anfang der 1970er Jahre in der Biologie gesehen. Die Spieler sind hier Organismen, die genetisch fixierte Strategien ausführen. Für die evolutionäre Analyse musste aber das Konzept des Nash-Gleichgewichts modifiziert werden. Maynard-Smiths und Price' (1974) Idee des «evolutionär stabilen Gleichgewichts» (ESS) war der Beginn eines spieltheoretisch inspirierten Forschungsprogramms in der Biologie, wobei die evolutionäre Spieltheorie (Kapitel 8) rückwirkend Forschungen und Konzepte in den Sozialwissenschaften stimuliert hat.

Parallel zu den theoretischen Innovationen hat man bereits kurz nach Erscheinen der klassischen Arbeit von Neumanns und Morgenterns begonnen, mit experimentellen Methoden zu untersuchen, wie sich Personen tatsächlich in spieltheoretisch beschreibbaren Konfliktsituationen verhalten. Beteiligt an dem Unternehmen waren vor allem Sozialpsychologen. Eine der herausragenden Arbeiten ist die Untersuchung von Anatol Rapoport und Albert M. Chammah (1965) über Kooperation im wiederholten Gefangenendilemma (Kapitel 7). Die später in den Computersimulationen von Robert Axelrod (1987) weithin bekannt gewordene «Tit-for-tat-Strategie» ist aus den Forschungen von Rapoport und Chammah hervorgegangen. In der Ökonomie hat, von Pionieren wie Reinhard Selten in Deutschland oder Vernon Smith in den USA abgesehen, die experimentell-spieltheoretische Forschung erst in den 1980er

Jahren Auftrieb erhalten. Seither ist geradezu ein exponentielles Wachstum von Forschungen zur experimentellen Spieltheorie in den Wirtschaftswissenschaften zu beobachten (Kapitel 10).

John Nash, Reinhard Selten und John Harsanyi haben 1994 für ihre wissenschaftlichen Entdeckungen den Nobelpreis für Ökonomie erhalten, der erste für Arbeiten zur Spieltheorie vergebene Preis (und der erste und bis heute einzige Ökonomie-Nobelpreis, der einem deutschen Wissenschaftler, nämlich Reinhard Selten, zugesprochen wurde). In den folgenden Jahren wurden Forschungen zur Spieltheorie durch vier weitere Preise ausgezeichnet: 2001 George A. Akerlof, Michael Spence, Joseph E. Stiglitz für Arbeiten über asymmetrische Information, 2002 Daniel Kahnemann für psychologisch-ökonomische Entscheidungsforschung und Vernon L. Smith für experimentelle Wirtschaftsforschung, 2005 Robert J. Aumann für Forschungen insbesondere über wiederholte Spiele und Thomas C. Schelling für Arbeiten u. a. über die Rolle von Selbstbindung bei der Lösung von Konflikten, 2007 Leonard Hurwicz, Eric S. Maskin und Roger B. Myerson für Arbeiten über «mechanism design».

Aufbau des Buchs

Dieses Buch führt in die Grundlagen der modernen, nichtkooperativen Spieltheorie anhand zahlreicher Beispiele aus Soziologie, Politik und Ökonomie ein. In den ersten beiden Kapiteln werden zentrale Konzepte erläutert wie die Normalform und Extensivform von Spielen, der Begriff der Strategie, das Nash-Gleichgewicht und das Kriterium der Teilspielperfektheit. Wir beginnen mit der Normalform, weil man bei dieser Darstellung das Konzept des Nash-Gleichgewichts leicht versteht. Außerdem werden gleichzeitig die bekannten 2×2 -Spiele mit «gemischten Motiven» anhand von Beispielen erläutert. Im darauffolgenden Kapitel wird die Extensivform eingeführt, der Begriff der Strategie genauer erklärt und auf teilspielperfekte Strategien eingegangen. In Kapitel 3 werden die Konzepte auf das Vertrauensproblem und das Problem sozialer Normen und Sanktionen angewendet. Dabei kommt die Rolle von Institutionen zur Sprache, und es erfolgt eine kurze Diskussion des

Mikro-Makro-Problems aus der Sicht der Spieltheorie. Kapitel 4 erläutert Prinzipien der Entscheidungstheorie und befasst sich mit grundlegenden Begriffen wie rationales Handeln, Evolution und Nutzenmessung. Damit sind erste Grundlagen gelegt. Die folgenden fünf Kapitel behandeln spezielle Arten von Spielen. Bei der Darstellung wird versucht, die Notation einfach zu halten. In der Regel genügen algebraische Kenntnisse aus der Schulmathematik zum Verständnis der folgenden Kapitel. In Kapitel 5 geht es um Nullsummenspiele. Anhand von Beispielen wird der Begriff der gemischten Strategie eingeführt. Kapitel 6 befasst sich mit verschiedenen Arten sozialer Dilemmata und Kapitel 7 mit der Lösung sozialer Dilemmata durch wiederholte Spiele. Robert Axelrods Computerturnier ist hier der Ausgangspunkt, wobei das historische Fallbeispiel des «Leben-und-leben-Lassens» im Ersten Weltkrieg zur Sprache kommt. «Schatten der Zukunft», Diskontierung, einige daraus folgende Theoreme, das Folk-Theorem und eine Kritik der von Axelrod erzielten Ergebnisse sind weitere Themen des Kapitels. Die evolutionäre Spieltheorie ist Gegenstand von Kapitel 8. Das Konzept des evolutionär stabilen Gleichgewichts (ESS) wird an den Beispielen des «Falken-Tauben-Spiels» und des «Abnutzungskampfs» erläutert. Mittels verschiedener Varianten von Vertrauensspielen wird in Kapitel 9 in die Analyse von Spielen mit unvollständiger Information, Signalspiele und «Bayesianisches Updating» eingeführt. Das Schlusskapitel widmet sich der Methodik experimenteller Spieltheorie, erläutert ausgewählte Ergebnisse über Altruismus, Reziprozität und soziale Normen und skizziert ein Modell der «behavioural game theory» zur Erklärung der Befunde.

1 Normalform von Spielen und Nash-Gleichgewicht

In dem Film «Genie und Wahnsinn» («A Beautiful Mind») über das Leben des Mathematik-Genies und Pioniers der Spieltheorie John Nash kommt eine Szene vor, in der Nash (gespielt von Russell Crowe) mit drei Studienfreunden in einer Bar der amerikanischen Universitätsstadt Princeton hockt. Herein kommen fünf junge attraktive Frauen, unter ihnen eine von hervorragender Schönheit. Einer der Studienfreunde ruft im Namen des Ökonomen Adam Smith zum Wettbewerb um die Schönste auf. Schon wollen sich die Freunde an die attraktivste Frau heranpirschen, da hält Nash sie zurück. Adam Smith habe unrecht. Der Wettbewerb sei in diesem Fall keine gute Strategie, macht er ihnen klar, denn nur einer kann gewinnen. Die Abgewiesenen aber werden, wenn sie sich den anderen, ebenfalls sehr attraktiven Frauen zuwenden, wiederum abgewiesen, denn diese wollen nicht als «zweite Wahl» gelten. Die optimale Strategie sei deshalb, alle vier Freunde konzentrierten sich von vornherein auf die vier Freundinnen der attraktivsten Frau und lassen die Schönste unbeachtet. Der Film will mit dieser Szene, das allgemeine, von John Nash eingeführte Lösungskonzept für strategische Entscheidungen illustrieren, das heute in der Spieltheorie nach seinem Erfinder benannte Nash-Gleichgewicht. Leider war der Regisseur schlecht beraten, denn das Drehbuch enthält an dieser Stelle einen Fehler. Wir werden ihn noch aufdecken. Zunächst einmal werden wir in diesem Kapitel grundlegende Begriffe der Spieltheorie und insbesondere den Begriff des Nash-Gleichgewichts genauer behandeln.

1.1 Ein Koordinationsspiel

Betrachten wir ein einfaches Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie reisen zu zweit in eine fremde Stadt. Im Gedränge haben Sie sich leider verloren, Mobiltelefone haben Sie nicht dabei. Geplant war ein gemeinsames