

Martin Kocher, Matthias Sutter

Spieltheoretische Analyse von Konflikt und Kooperation

Zum Nobelpreis an Robert Aumann und Thomas Schelling

Mit dem diesjährigen Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften wurden die Forscher Robert Aumann und Thomas Schelling für ihre spieltheoretischen Beiträge zu Konflikt und Kooperation in (wiederholten) Spielen ausgezeichnet. Inwieweit haben die beiden Forscher die Spieltheorie weiterentwickelt? Auf welche zentralen sozialwissenschaftlichen Fragestellungen lassen sich ihre Erkenntnisse anwenden?

Die Vergabe des diesjährigen Preises für Wirtschaftswissenschaft der Schwedischen Reichsbank im Gedenken an Alfred Nobel hat viele Fachkollegen doch etwas überrascht, da der Preis – wie schon 1994 – für spieltheoretische Grundlagenarbeiten vergeben wurde, und wiederum im Bereich nicht-kooperativer Spieltheorie. Robert Aumann wurde der Preis vor allem für seine Lösungskonzepte für (teilweise unendlich) wiederholte Interaktionen verliehen, wodurch er mehrperiodige Interaktionen einer formalen spieltheoretischen Analyse zugänglich gemacht hat. Thomas Schelling wurde insbesondere für die Einsicht geehrt, dass die meisten sozialen Interaktionen als nicht-kooperative Spiele interpretiert und analysiert werden können und dass sie sowohl gemeinsame als auch gegenläufige Interessen der interagierenden Parteien enthalten können.

1994 waren John Harsanyi, John Nash und Reinhard Selten – der bislang einzige in Deutschland lebende Wirtschaftsnobelpreisträger – für ihre Pionier-

arbeiten bei der Analyse von Gleichgewichten in nicht-kooperativen Spielen ausgezeichnet worden. Mit der Vergabe des Preises 1994 schien die Chance für einen zweiten „Spieltheorienobelpreis“ für längere Zeit dahin, obwohl schon damals in mehreren Kommentaren Robert Aumann als einer der führenden Spieltheoretiker genannt worden war, der ebenfalls einen Nobelpreis verdient hätte. In diesem Jahr ist ihm nun diese Ehre zuteil geworden, gemeinsam mit Thomas Schelling. Beide werden dafür ausgezeichnet, dass sie die nicht-kooperative Spieltheorie weiterentwickelt und insbesondere auf zentrale sozialwissenschaftliche Fragen angewendet haben. In der Presseaussendung der Schwedischen Akademie der Wissenschaften wurde hervorgehoben, „the current economic analysis of conflict and cooperation builds almost uniformly on the foundations laid by Aumann and Schelling“¹.

Trotz des gemeinsamen Themas – der Analyse von Konflikt und Kooperation mithilfe der Spieltheorie – unterscheiden sich beide Forscher doch relativ stark hinsichtlich ihrer (methodischen) Herangehensweise, wie auch die Schwedische Akademie der Wissenschaften einräumte, die Aumanns Ansatz als mathematischen und jenen von Schelling als „ökonomi-

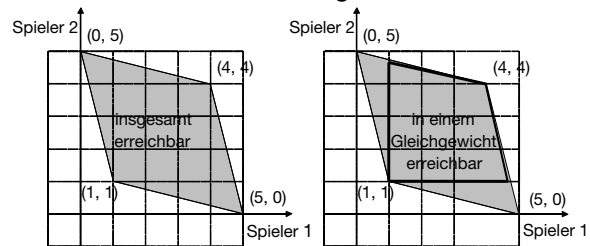
Dr. Martin Kocher, 32, ist Post-Doc-Researcher am Center for Research in Experimental Economics and Political Decision Making (CREED) der Universität Amsterdam und Universitätsassistent am Institut für Finanzwissenschaft der Universität Innsbruck; Prof. Dr. Matthias Sutter, 37, ist Lehrstuhlvertreter am Staatswissenschaftlichen Seminar an der Universität zu Köln und Außerordentlicher Universitätsprofessor am Institut für Finanzwissenschaft der Universität Innsbruck.

¹ The Royal Swedish Academy of Sciences: Robert Aumann's and Thomas Schelling's contributions to game theory: Analyses of conflict and cooperation, 10. Oktober 2005, S. 2. (Dieses Dokument ist elektronisch verfügbar unter <http://nobelprize.org/economics/laureates/2005/eoadv05.pdf>). Die Aussendung enthält auch eine Liste der wichtigsten Publikationen beider Nobelpreisträger. Der interessierte Leser sei auf diese Literaturliste verwiesen, da wir in diesem Beitrag nur die allerwichtigsten Beiträge zitieren.

Abbildung 1

		Spieler 2	
		<i>k</i>	<i>d</i>
Spieler 1	<i>K</i>	4, 4	0, 5
	<i>D</i>	5, 0	1, 1

Abbildung 2



schen“ bezeichnete. Daraus sollte selbstverständlich keine Wertung abgeleitet werden, welcher Ansatz für die Wirtschaftswissenschaften wertvoller wäre. Beide Forscher haben Fundamente geschaffen, auf denen die Analyse strategischer Interaktion vorangetrieben werden konnte und weiter vorangetrieben wird. Wie in den letzten Jahren häufiger geschehen, wurde auch der diesjährige Wirtschaftsnobelpreis nicht für eine einzelne, herausragende Arbeit verliehen, sondern für mehrere bahnbrechende Arbeiten, deren wichtigste in diesem Beitrag beleuchtet werden.

Robert Aumann: Analyse von wiederholten Spielen

Von Aumanns zahlreichen Beiträgen hat die Analyse von wiederholten Spielen² ohne Zweifel den größten Einfluss auf die Sozialwissenschaften im Allgemeinen und auf die Wirtschaftswissenschaften im Besonderen gehabt. Im Unterschied zu einmaligen Spielen zeichnet sich ein wiederholtes Spiel dadurch aus, dass dieselben Personen mehrmals miteinander interagieren, und zwar in der grundsätzlich selben Entscheidungssituation. Damit beschreibt ein wiederholtes Spiel dauerhaftere „Beziehungen“, was in einmaligen (*statischen*) Spielen nicht möglich ist. Tatsächlich sind viele Interaktionen grundsätzlich wiederholter und damit langfristiger Natur. Der Bogen kann etwa gespannt werden von Entscheidungen innerhalb einer Familie bis zu wiederkehrenden Verhandlungen von Staaten in supranationalen Organisationen. Ein häufig angeführtes Beispiel im ökonomischen Bereich sind Wettbewerber, die in vielen Perioden miteinander zu tun haben und durch ihre Preis- oder Mengenentscheidungen miteinander interagieren.

Das Gefangenendilemma ist besonders geeignet, die Unterschiede zwischen einmaligen und wieder-

holten Spielen zu veranschaulichen. Die Abbildung 1 zeigt eine Auszahlungsmatrix, wie sie typisch für ein Gefangenendilemma ist. Spieler 1 hat die zwei Optionen *K* (für Kooperieren) bzw. *D* (für Defektieren) und Spieler 2 kann wählen zwischen *k* und *d*. Wenn etwa Spieler 1 die Option *K* wählt und Spieler 2 die Option *d*, dann erhält Spieler 1 als Auszahlung (oder Nutzen) null Einheiten und Spieler 2 fünf Einheiten.

Eine Analyse des Basisspiels – so wollen wir im Folgenden das einmalige Spiel nennen – zeigt, dass jeder Spieler in diesem Spiel eine dominante Strategie hat, nämlich *D* für Spieler 1 bzw. *d* für Spieler 2. Von dominanter Strategie spricht man, weil diese Strategien im Basisspiel für jede mögliche Strategie des jeweiligen Gegenspielers zu besseren Auszahlungen führen als *K* bzw. *k*. Wenn beide Spieler ihre dominante Strategie wählen, dann erhalten beide jeweils eine Einheit als Auszahlung (in der Zelle *D/d*). Die kooperative Lösung, in der beide Spieler jeweils vier Einheiten als Auszahlung erhalten, wäre zwar für beide Spieler besser, ist jedoch keine stabile Lösung im Basisspiel, da jeder Spieler einen Anreiz hat, von *K* bzw. *k* abzuweichen. Damit ist im Basisspiel – in dem das Spiel nur einmal gespielt wird – das Strategienpaar (*D/d*) das einzige (Nash-)Gleichgewicht.

Wenn das Gefangenendilemma aus Abbildung 1 hingegen mehrfach gespielt wird, kann Kooperation ein Gleichgewicht werden. Ganz allgemein hat Aumann gezeigt, dass jede durchschnittliche Auszahlung in einem unendlich wiederholten Spiel als Gleichgewicht aufrechterhalten werden kann, sofern die durchschnittliche Auszahlung individuelle Rationalität erfüllt und erreichbar ist³.

Abbildung 2 veranschaulicht auf der linken Seite die im Gefangenendilemma insgesamt erreichbaren⁴ Auszahlungen und auf der rechten Seite jene, die den Anforderungen individueller Rationalität genügen⁵.

² Hier beschäftigen wir uns mit wiederholten Spielen mit vollständiger Information, in denen jedem Spieler alle eigenen wie auch die möglichen Auszahlungen der Gegenspieler bekannt sind. Aumann hat sich auch mit der Lösung wiederholter Spiele mit unvollständiger Information beschäftigt, in denen mindestens eine Partei nicht vollständig über die möglichen Auszahlungen informiert ist. Siehe R. Aumann, M. Maschler (unter Mitarbeit von R. Stearns): *Repeated Games with Incomplete Information*, Massachusetts 1995.

³ Vgl. R. Aumann: *Acceptable points in general cooperative n-person games*, in: R. D. Luce, A. W. Tucker (Hrsg.): *Contributions to the Theory of Games IV*, in: *Annals of Mathematical Study*, 40 (1959), S. 287-324.

Aus der rechten Abbildung wird erkennbar, dass auch die Strategiekombination K/k als Gleichgewicht erreichbar ist.

Unter welchen Bedingungen ist nun ein Gleichgewicht K/k im *unendlich* wiederholten Gefangenendilemma möglich? Betrachten wir folgende Strategie: „Wähle $K(k)$ in Runde 1 und in allen folgenden Runden, solange in den vorherigen Runden (K,k) gespielt wurde. Wähle immer $D(d)$, wenn einmal d oder D beobachtet wurde.“ Eine solche Strategie wird *Trigger-Strategie* genannt. Für eine solche Strategie zeigen wir nun, dass sie ein Nash-Gleichgewicht darstellt. Bei unserer Analyse gehen wir davon aus, dass die Spieler zukünftige Auszahlungen mit dem Faktor $\delta < 1$ abdiskontieren. Das bedeutet, dass die Spieler heutige Auszahlungen späteren vorziehen.

Wenn beide Spieler die Trigger-Strategie spielen, erhält jeder Spieler in jeder Periode eine Auszahlung von vier Einheiten. Der Gegenwartswert dieses unendlichen Zahlungsstromes beträgt dann

$$(1) \sum_{t=1}^{\infty} \delta^{t-1} 4 = \frac{4}{1-\delta} .$$

Eine einmalige, einseitige Abweichung von der Trigger-Strategie bringt zwar unmittelbar eine höhere Auszahlung (nämlich fünf statt vier Einheiten), zieht aber Defektieren des Gegenspielers ab der nächsten Periode nach sich, wodurch die Auszahlungen nach dem erstmaligen Abweichen immer eine Einheit betragen. Daraus ergibt sich als Gegenwartswert aus der Sicht des erstmals abweichenden Spielers:

$$(2) 5 + \sum_{t=2}^{\infty} \delta^{t-1} 1 = 5 + \sum_{t=1}^{\infty} \delta^t = 5 + \frac{\delta}{1-\delta} .$$

Die Triggerstrategie ist demnach dann ein Gleichgewicht, wenn folgende Bedingung gilt:

$$(3) \frac{4}{1-\delta} \geq 5 + \frac{\delta}{1-\delta} .$$

Für $\delta \geq 1/4$ bildet die angegebene Trigger-Strategie damit ein (teilspielperfektes) Gleichgewicht.

⁴ Ein Auszahlungsvektor $x = (x_1, \dots, x_n)$ für die Spieler 1 bis n ist im Basisspiel *erreichbar*, wenn er eine konvexe Kombination der Auszahlungsvektoren ist, die durch die Wahl reiner Strategien durch die n Spieler im Basisspiel generiert werden können.

⁵ Dabei werden jene Auszahlungskombinationen ausgeschlossen, in denen ein Spieler weniger erhält, als er für sich selbst mindestens durch die Wahl der Strategie D bzw. d garantieren kann.

Common knowledge

Neben seinen Beiträgen zur Lösung wiederholter Spiele wurde Aumann unter anderem auch für seine Formalisierung der epistemischen Annahmen von Gleichgewichtskonzepten in der Spieltheorie ausgezeichnet. Es ist klar, dass das Wissen von Spielern über die Handlungsmöglichkeiten, Präferenzen oder Informationen der anderen Spieler von entscheidender Bedeutung für die eigenen Entscheidungen ist. Vor Aumann wurde allerdings nicht thematisiert⁶, welche Annahmen darüber zu einem Gleichgewichtspunkt führen. Aumann hat das Konzept des gemeinsamen Wissens – „common knowledge“ – eingeführt.

Etwas ist Common knowledge,

1. wenn nicht nur ich und du es wissen, sondern auch
2. wenn ich weiß, dass du es weißt und du weißt, dass ich es weiß; und
3. wenn ich weiß, dass du weißt, dass ich es weiß, und du weißt, dass ich weiß, dass du es weißt; und ...
4. jeder Satz dieser Form in jeglicher Länge wahr ist.

Das folgende Beispiel veranschaulicht, warum etwas, das Common knowledge ist, zu völlig anderen Implikationen führen kann als etwas, das lediglich alle wissen (was demnach nur den obigen Punkt 1 erfüllt, aber nicht alle weiteren Punkte).

Angenommen, es sitzen 100 Personen in einem Kreis und jede Person hat entweder einen roten oder einen blauen Hut auf. Niemand kennt die Farbe seines Hutes, aber jede Person kann die Farbe der Hüte aller anderen Personen sehen. Tatsächlich sind alle Hüte rot. Das heißt, es gibt keine blauen Hüte. In der Mitte des Kreises steht ein Zeremonienmeister und verkündet laut: „Alle 60 Sekunden werde ich eine Klingel betätigen. Wenn Sie zu diesem Zeitpunkt wissen, dass Sie einen roten Hut tragen, verlassen Sie bitte den Raum.“ Es sollte klar sein, dass niemand jemals den Raum verlässt, denn durch das Klingeln wird keinerlei Information frei.

Nehmen wir nun an, dass der Zeremonienmeister vor seiner Ankündigung zusätzlich hinzufügt: „Mindestens eine Person im Raum trägt einen roten Hut.“ Dies ist keine neue Information, denn jede Person kann sehen, dass mindestens 99 Hüte rot sein müssen. Dennoch ändert diese Ankündigung die Situation:

⁶ Interessanterweise hat der Philosoph Lewis bereits 1969 unabhängig und ohne Aumanns Wissen das Konzept des Common knowledge definiert. Aumanns Beitrag erschien 1976. Siehe D. Lewis: *Convention*, Cambridge, MA, 1969; bzw. R. Aumann: *Agreeing to disagree*, in: *The Annals of Statistics*, 4 (1976), S. 1236-1239.

Nach 100-maligem Klingeln verlassen alle den Raum. Warum ist das so? Betrachten wir zur Vereinfachung den Fall, dass nur 2 Personen – du und ich – im Raum sind. Du und ich sehen, dass der andere einen roten Hut trägt, aber wir sehen nicht die eigene Hutfarbe. Wir wissen also, dass es mindestens einen roten Hut gibt. Aber erst die Ankündigung des Zeremonienmeisters macht dies zu Common knowledge. D.h. wir beide wissen nun, dass wir beide wissen, dass der andere es weiß. Da du nach dem ersten Klingeln den Raum nicht verlässt (was passiert wäre, wenn ich einen blauen Hut tragen würde, denn dann wüsstest du schon beim ersten Klingeln, dass dein Hut rot sein muss), weiß ich, dass ich einen roten Hut trage. Dasselbe gilt für dich. Vor dem zweiten Klingeln weiß damit jeder von uns, dass er einen roten Hut trägt. Folglich verlassen wir beim zweiten Klingeln den Raum.

Im 3-Personenfall sehen du und ich, dass der Dritte einen roten Hut trägt. Wir wissen beide auch, dass der Dritte weiß, dass mindestens einer einen roten Hut trägt. Aber bis zu der Ankündigung war dies nicht Common knowledge, d.h. du wusstest nicht, dass ich weiß, dass er es weiß. Wenn dein Hut blau wäre, würden der Dritte und ich dich ignorieren und wie im 2-Personenfall nach dem zweiten Klingeln hinausgehen. Da dies aber nicht passiert, verschwinden alle nach dem dritten Klingeln. Die Induktion für jede beliebige Gruppengröße ist evident.

Biografische Informationen

Robert Aumann⁷ wurde 1930 in Frankfurt am Main geboren. Seine Familie verließ 1938 Deutschland und emigrierte in die Vereinigten Staaten von Amerika. Dort machte Aumann seinen ersten Studienabschluss als Master in Mathematik am City College in New York. Danach erwarb er einen Ph.D. in Mathematik am renommierten Massachusetts Institute of Technology (MIT) im Jahr 1955, bevor er zwei Jahre in Princeton als Post-Doc in einer Abteilung für Operations Research arbeitete. Während dieser Zeit wurde sein Interesse für Spieltheorie geweckt, da er in ein Projekt involviert wurde, das sich mit der spieltheoretischen Analyse eines Angriffsszenarios im Krieg beschäftigte. Auch in den Folgejahren waren viele seiner Forschungsprojekte von Fragen gekennzeichnet, die

sich aus der spezifischen geopolitischen Situation des Kalten Krieges ergaben. Nach seiner Zeit in Princeton übersiedelte Aumann nach Jerusalem, wo er seither an der Hebrew University von Jerusalem tätig ist.

Thomas Schelling: Schelling als „Ökonom“

Um ein wirklich bekannter Wissenschaftler zu werden, bedarf es angeblich einer zentralen Aussage oder einer einfachen Formel, die auch einer breiteren Öffentlichkeit leicht nahe zu bringen ist. Einstein hatte $E = mc^2$, Friedrich August Kekulé den Traum vom Benzolring als Schlange, die sich in den Schwanz beißt, Alexander Flemming das Penicillin. Dennoch gibt es eine bei weitem größere Zahl an Wissenschaftlern, die fast revolutionäre Entdeckungen macht und trotzdem weitgehend unbekannt bleibt, weil sich Ihre Erkenntnisse nicht in jene ein, zwei Sätze zusammenfassen lassen, welche die journalistische Verkürzung verlangt.

Was allgemein für die Wissenschaft gilt, ist selbstverständlich im gleichen Maße relevant für die Ökonomik. Harry Markowitz' Portfoliotheorie wurde schon fast unzulässig vereinfacht auf „all the eggs should not be placed in the same basket.“ Robert Merton und Myron Scholes wurden auf eine einzige Formel reduziert, die allerdings nur wenige Ökonomen auswendig auf ein Blatt Papier zu schreiben vermögen. Schon schwieriger in ein paar Sätzen zu vermitteln war etwa Daniel Kahnemans *Prospect Theory*. Und das Problem der Zeitkonsistenz, für dessen Erforschung letztes Jahr Finn Kydland und Edward Prescott den Nobelpreis erhielten, ist wohl auch nicht, salopp formuliert, der große Straßenfeger. Umgemünzt auf die Wirtschaftsnobelpreisträger des Jahres 2005 heißt das: Obgleich Robert Aumann dem durchschnittlichen Ökonomen wohl bekannter ist als Thomas Schelling, sind es eher Schellings Erkenntnisse, die über die Grenzen der Ökonomik und der Fachwelt hinaus Furore machten.

Die offensichtliche Stärke der Herangehensweise von Schelling ist ihre Einfachheit und Klarheit sowie die seltene Fähigkeit des Autors, ganze Legionen von passenden Beispielen und Anwendungen in der Realität zu finden. Trotz der für einen Spieltheoretiker ungewöhnlich sparsamen Verwendung von Mathematik gelingt es ihm, wissenschaftliche Probleme präzise und konzise zu formulieren. Letzterer Vorteil ist eine direkte Konsequenz seiner wohl einzigartigen Fähigkeit, die jeweils richtige Darstellungsform zur Problemanalyse zu wählen.

⁷ In einem empfehlens- und lesenswerten Interview mit Sergiu Hart beschreibt Robert Aumann detailliert seinen biografischen Werdegang und die wesentlichen Forschungsfragen, denen er sich in seinem Leben gewidmet hat. Das Interview erschien in der Zeitschrift *Macroeconomic Dynamics* und ist unter folgender Homepage heruntergeladen: <http://www.ma.huji.ac.il/hart/abs/aumann.html>.

Erstes Beispiel ist seine Vorliebe für die Verwendung von Matrizen in strategischen Entscheidungssituationen. In einem Interview⁸ verwendete Schelling die folgende Analogie: "The greatest advance in business management is double-entry bookkeeping and the greatest advance in mathematics is the equal sign, the algebraic concept. I think the greatest contribution of game theory has been the payoff matrix." Es ist daher nicht verwunderlich, dass er diese, von ihm hochgeschätzte Darstellungsform sehr häufig einsetzte.

Analyse strategischer Konflikte

Der Ausgangspunkt vieler seiner strategischen Analysen sind Verhandlungsprobleme im weitesten Sinne. Verhandlungssituationen zeichnen sich in der Regel dadurch aus, dass es konfligierende Interessen der Verhandlungsparteien gibt, beide Parteien allerdings von einer Einigung potentiell profitieren können. Ein einfaches Beispiel – das eine prominente Rolle in Schellings Buch *The Strategy of Conflict* (1960)⁹ spielt – ist ein Streit zweier Staaten um die Souveränitätsrechte bezüglich eines Stück Land. Jeder Staat, der jeweils als einzelner Spieler modelliert wird, hat zwei Strategien: entweder seine Armee zu mobilisieren (MOB) oder davon Abstand zu nehmen (NONMOB). Im ersten Fall besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass es zum Krieg kommt, und eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass es eine friedliche Verhandlungslösung über die Aufteilung des fraglichen Territoriums gibt. Im Fall der Nicht-Mobilisierung ist es genau umgekehrt. Wenn allerdings nur ein Staat seine Truppen mobilisiert, kann er das Stück Land, das im Zentrum des Disputes steht, relativ einfach erobern. Abbildung 3 stellt eine Auszahlungsmatrix dar, die diese Situation einfach darstellt, wobei der erste Wert die Auszahlungen von Land 1 und der zweite Wert die Auszahlungen von Land 2 angibt.

Die Präferenzordnung beider Länder möge $a > b > c > 0$ sein, sodass beide am liebsten das Territorium ohne Gegenwehr erobern (a), die friedliche Lösung aber die zweite Präferenz darstellt (b). Das fragliche Territorium zu verlieren, weil der andere Staat mobilisiert hat und man selbst nicht (c), ist immer noch besser als ein Krieg zwischen den beiden Staaten (0).

⁸ N.E. Aydinonat: An interview with Thomas C. Schelling: Interpretation of game theory and the checkerboard model, in: Economics Bulletin, 2 (2005), S. 2.

⁹ T. C. Schelling: *The Strategy of Conflict*, Cambridge, MA. 1960. Die grundlegenden Ideen wurden schon zuvor in T. C. Schelling: An essay on bargaining, in: American Economic Review, 56 (1956), S. 281-306, publiziert.

Abbildung 3

		Land 2	
		MOB	NONMOB
Land 1	MOB	0,0	a,c
	NONMOB	c,a	b,b

Spiele dieser Form haben zwei Nash-Gleichgewichte in reinen Strategien, in denen jeweils ein Staat mobilisiert und einer nicht, sowie ein Gleichgewicht in gemischten Strategien. Aus einer traditionell theoretischen Sicht gibt es keine Möglichkeit zu prognostizieren, welches der Gleichgewichte in reinen Strategien tatsächlich gewählt wird. Wenn es aber nur eine kleine Asymmetrie in den Auszahlungen gibt, dann kann man erwarten, dass sehr wahrscheinlich jener Staat mobilisieren wird, der den höheren Nutzen daraus zieht. Ein solches Gleichgewicht würde man als *fokal* bezeichnen, und Schelling argumentiert, dass Individuen viel eher dazu in der Lage sind, sich auf solche Gleichgewichte zu koordinieren, als dies eine rein formale Analyse suggerieren würde¹⁰. Schon sehr früh teilte er übrigens in diesem Zusammenhang die Einschätzung, dass die Verwendung von Experimenten zu wichtigen wissenschaftlichen Fortschritten in solchen Situationen führen kann: Gleichgewichtss Selektion sei „an area where experimental psychology can contribute to game theory“¹¹.

Das oben beschriebene Spiel ist auch als *chicken game* oder *Hawk and Dove game* bekannt. Es kann die verschiedensten Interaktionssituationen beschreiben, von der Bereitstellung von öffentlichen Gütern bis hin zur bekannten hypothetischen Situation, in der zwei mit Sprengstoff beladene Lastwagen auf einer einspurigen Straße aufeinander zufahren.

¹⁰ Das Gleichgewicht in gemischten Strategien ergibt eine Mobilisierungswahrscheinlichkeit von $p = (a - b)/(a - b + c)$. Es erscheint unter der Annahme, dass eine Koordination nicht möglich ist, auch als gute Beschreibung der Realität. Im Gleichgewicht sind die beiden Staaten indifferent zwischen den beiden Alternativen. Wenn wir annehmen, dass die beiden Staaten unabhängig randomisieren, dann ist die Wahrscheinlichkeit des Krieges $q = p^2\delta + (1 - p)^2\varepsilon$, wobei δ die Wahrscheinlichkeit für Krieg ist, wenn beide Staaten mobilisieren und $\varepsilon < \delta$ die Wahrscheinlichkeit für Krieg, wenn keiner der beiden Staaten seine Truppen mobilisiert. q ist eine ansteigende Funktion von p , wenn $p > \varepsilon/(\delta + \varepsilon)$, und daher nimmt q mit c ab, wenn $c < (a - b)\delta/\varepsilon$. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit einen Krieg zu verhindern, steigt nicht nur mit einer Verringerung des Nutzens des Gewinners, sondern auch mit einer Erhöhung des Nutzens des Verlierers.

¹¹ T.C. Schelling: *The Strategy of Conflict*, a.a.O., S. 113.

Natürlich stellt es auch eine Reihe von weiterführenden Fragen bezüglich der Auswirkungen von Glaubwürdigkeit, der optimalen Investition in Glaubwürdigkeit und der Möglichkeit nach Abschreckung, die Schelling alle in *The Strategy of Conflict* (1960) und in den Nachfolgebüchern *Strategy and Arms Control* (1961, gemeinsam mit Morton Halperin) und *Arms and Influence* (1966)¹² wenngleich auch nicht formal als dynamische Spiele löste, so doch zumindest andachte und intuitiv analysierte¹³.

Auch die Frage der Selbstbindung oder Selbstverpflichtung (*pre-commitment* oder einfach *commitment*) in strategischen Interaktionen beschäftigte Schelling. Er zeigte, dass eine absichtliche Verringerung der eigenen strategischen Möglichkeiten zu einer größeren Selbstbindung und damit zu einer größeren Chance der Durchsetzung des aus eigener Sicht vorteilhaften Gleichgewichts führt. Sein illustratives Beispiel war der General, der die Brücken der Rückzugswegen seiner Armee sprengen lässt, um ein hohes Maß an Selbstbindung zu signalisieren. Aber auch der Lastwagenfahrer mit dem Sprengstoff auf der einspurigen Fahrbahn, der dem entgegenkommenden Lastwagenfahrer zeigt, dass er die Bremskabel durchgeschnitten hat, wird mit großer Wahrscheinlichkeit die Vorfahrt bekommen.

Falls sich zum Beispiel ein Staat im *Mobilisierungsspiel* glaubwürdig selbst verpflichtet, auf jeden Fall zu mobilisieren, wenn der andere Staat seine Truppen mobilisiert – wir betrachten nun also die Matrix in Abbildung 3 als sequentielles Spiel –, dann entsteht ein Gleichgewicht der Abschreckung, das eine Mobilisierung insgesamt unwahrscheinlicher macht. Offensichtlich folgte die atomare Abschreckung zwischen den USA und der UdSSR im Kalten Krieg ähnlichen Mechanismen¹⁴.

Weitere bedeutende Arbeiten

Geradezu Spaß schienen Schelling reine Koordinationsspiele zu machen, die in der Regel viele (im Extremfall: unendlich viele) Gleichgewichte aufweisen. Legendär sollen seine Experimente mit Studierenden gewesen sein, die er sich ohne vorangehender Kom-

munikation und Vereinbarung irgendwo am Harvard Campus treffen ließ¹⁵. Überraschenderweise war Koordination in diesen Experimenten über Fokalfunkte wiederum viel einfacher möglich, als dies im Rahmen der Theorie zum Ausdruck kommt.

Mit seiner Fähigkeit, die richtige Darstellungsform für jedes Problem zu wählen, erzielte Schelling fast zwei Jahrzehnte später in *Micromotives and Macrobehavior* (1978)¹⁶ eine verblüffende Erklärung für die starke ethnische Segregation der Wohnviertel in vielen US-amerikanischen Städten. Auf einem Flug von Chicago nach Boston, auf dem er nichts zum Lesen mithatte, kam ihm die Idee zuerst eindimensional mit Präferenzen und Segregation zu experimentieren. Später entschied er sich, ein zweidimensionales System zu verwenden, und das Schachbrettmodell der Segregation war geboren. Damit konnte er mit einfachen Annahmen und Simulationen zeigen, dass schon eine kleine Präferenz dafür, in seiner Nachbarschaft nicht in der Minderheit zu wohnen, zu einem Gleichgewicht mit völliger Segregation führen kann¹⁷. Entgegen der intuitiven Erwartung sind zum Entstehen eines solchen unerwünschten Gleichgewichts keine explizit rassistischen Präferenzen Voraussetzung. Eine wichtige allgemeine Eigenschaft, die Schelling anhand der Segregationsmodelle analysierte, ist der plötzliche Übergang zwischen zwei Gleichgewichten, den man auch als *tipping* bezeichnet. Außerdem pionierte er damit das so genannte *agent-based (computer) modelling* und die Verwendung von so genannten *zellulären Automaten*.

¹⁴ Der Status nascendi der betreffenden Überlegungen Schellings ist wahrscheinlich auf einen Aufenthalt bei der RAND Corporation Mitte der 50er Jahre zu datieren. Ein kleiner Missklang im Lebenswerk Schellings ist die etwas zwiespältige Rolle, die er im Vietnamkrieg gespielt zu haben scheint (F. Kaplan: All pain, no gain. Slate. 11. Oktober 2005). Über einen Freund, Staatssekretär im Verteidigungsministerium John McNaughton, der einer der wichtigsten Berater von Verteidigungsminister Robert McNamara war, nahm er indirekt, aber möglicherweise nachhaltig zu Beginn des Vietnamkriegs, im März 1965, Einfluss auf die militärische Strategie der USA. Die Strategie, die McNaughton und mutmaßlich auch Schelling vorgeschlagen hatte, schien allerdings nicht von Erfolg gekrönt zu sein, und die USA schlitterten in den zermürbenden Krieg. Jedenfalls führte diese Episode im Leben von Schelling dazu, „that he did not write much about war after that. He'd learned the limitations of his craft“ (F. Kaplan, a.a.O.). Andererseits hat Schelling mit großer Wahrscheinlichkeit als Berater wohl auch zur Vermeidung eines Atomkriegs zwischen den Supermächten und zur Abrüstung beigetragen. Aufgrund militärischer Geheimhaltung gibt es allerdings keine öffentlichen Dokumente zu seinem Einfluss, die diese Einschätzung belegen würden.

¹⁵ R. Zeckhauser: Distinguished Fellow: Reflections on Thomas Schelling, in: *Journal of Economic Perspectives*, 3 (1989), S. 153-164.

¹⁶ T.C. Schelling: *Micromotives and Macrobehavior*, Cambridge, MA, 1978.

¹⁷ Eine gute Simulation findet sich auf <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/demos/schelling/schellhp.htm>.

¹² T.C. Schelling, M.H. Halperin: *Strategy and Arms Control*, Twentieth Century Fund, New York 1961; und T.C. Schelling: *Arms and Influence*, New Haven 1966.

¹³ Viele dieser Überlegungen werden auf eine nicht-formale, dafür aber umso anschaulichere Art in A. Dixit, B. Nalebuff: *Thinking Strategically: The Competitive Edge in Business, Politics, and Everyday Life*, New York 1991, dargestellt. Aus ökonomischer Sicht ist wichtig zu ergänzen, dass Schellings Erkenntnisse bezüglich der Wirkungen von Glaubwürdigkeit etwa auch auf die Geldpolitik, auf die Festsetzung von Preisen oder auf Verhandlungen z.B. zwischen Arbeitnehmern und Arbeitgebern übertragen werden können.

In den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts beschäftigte sich Schelling mit Selbstkontrolle und damit sozusagen mit der intra-individuellen Selbstbindung (im Gegensatz zur inter-individuellen Selbstbindung, die er in den Konfliktsituationen analysiert hatte). Dabei geht es um Dinge, die Menschen eigentlich grundsätzlich nicht machen wollen, denen sie aber zu einem anderen Zeitpunkt doch sehr gerne nachgehen, wie zum Beispiel rauchen und Alkohol trinken, oder zu wenig Sport betreiben und zu wenig für das Alter ansparen. Mit dem Fach *Behavioral Public Economics* und neuen Erkenntnissen aus dem Bereich *Neuroeconomics* haben Fragen in diesem Bereich erst vor kurzem wieder eine Renaissance in der Ökonomik erlebt¹⁸.

Biografische Informationen und Fazit

Thomas Schelling, der sich einmal als „errant economist“ bezeichnete, legte zweifelsfrei in vielen Bereichen der modernen Ökonomik Grundsteine, auf die später von anderen Autoren aufgebaut werden und auf deren Basis später eine formale Analyse erfolgen konnte. Eine weitere Eigenschaft Schellings fasst Zeckhauser folgendermaßen zusammen: „Perhaps because he stayed away from the *Journal of Advanced Economic Gobbledygook*, Schelling’s pathbreaking conceptual work received less attention from his home discipline than it deserved.“¹⁹ So kam die Verleihung des Nobelpreises an ihn doch etwas überraschender, als dies bei Robert Aumann der Fall war, für den etwa Reinhard Selten schon an seiner statt den ersten Nobelpreis für Spieltheorie erwartet hatte.

Nichtsdestotrotz hat Schelling ihn sich zweifelsfrei verdient, schon alleine für den Beweis dafür, dass in jeder strategischen Situation ein sich Hineinversetzen in den oder die anderen Spieler unerlässlich ist, um richtige Entscheidungen treffen zu können, aber auch für seine entscheidende Rolle im Rahmen der schon vergleichsweise frühen Diffundierung zentraler spieltheoretischer Überlegungen in andere sozialwissenschaftliche Disziplinen wie die Soziologie, die Politikwissenschaft und die Psychologie²⁰.

Die ersten vier Publikationen von Schelling zeigen anhand der Publikationsorgane (*Econometrica* (1946), *American Economic Review* (1947, 1949) und *Review of Economics and Statistics* (1948)²¹) auch eindeutig, dass seine Laufbahn als traditioneller Ökonom begann. Der 1921 in Oakland, Kalifornien, geborene Schelling war einer der großen, in Harvard vertäuten Ökonomen der unmittelbaren Nachkriegszeit. Nach seinem Studium an der University of California at Berkeley (B.A.), am Massachusetts Institute of Technology (M.A.) und an der Harvard University (Ph.D.) arbeitete er sowohl im Rahmen des Marshall Plans in Paris (in dieser Zeit entstand ein Großteil seiner Dissertation) als auch im Weißen Haus und im Exekutivbüro des Präsidenten. Nach etwa fünf Jahren in Yale war Schelling bis 1990 Professor an der Harvard University. Zurzeit ist er Emeritus-Professor an der University of Maryland. Er ist Mitglied der *National Academy of Science*, des *Institute of Medicine* und der *American Academy of Arts and Sciences*. 1991 war er Präsident der *American Economic Association*, von der er auch zum *Distinguished Fellow* ernannt wurde.

Schelling ist zweifelsfrei ein Pionier in vielen Bereichen, die aus der modernen Ökonomik nicht mehr wegzudenken sind²². Vielmehr noch ist er aber ein scharfer Denker, der über Disziplinengrenzen und ausgetretene Wege hinausdenkt, oder wie es Howard Raiffa treffend beschrieb: „Tom thinks orthogonally to the rest of us.“²³ Es ist ein gutes Zeichen, dass die Ökonomik nicht nur, wie einem Witz zufolge, die einzige Disziplin ist, in der zwei Forscher einen Nobelpreis teilen, die genau die gegenteilige wissenschaftliche Meinung vertreten²⁴, sondern dass das *Economics Prize Selection Committee* der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften auch so unterschiedliche Herangehensweisen an ökonomische Fragestellungen wie die von Robert Aumann und Thomas Schelling in gleicher Weise und mit einem geteilten Preis zu würdigen weiß.

¹⁸ Cowen bezeichnet Schelling sogar als den „unrecognized father of behavioral economics“ (T. Cowen: Thomas Schelling, new Nobel Laureate. Herunterzuladen unter: <http://www.marginalrevolution.com>. 2005). Des Weiteren beschäftigte sich Schelling mit der globalen Erwärmung und engagierte sich beim *Copenhagen Consensus*, im Rahmen dessen Ökonomen versuchten, Lösungen für globale Probleme zu finden.

¹⁹ R. Zeckhauser, a.a.O., S. 154.

²⁰ Eine interessante Fußnote der Geschichte ist die Tatsache, dass einer von Schellings Ph.D.-Studenten, nämlich A. Michael Spence, den Nobelpreis schon vor seinem „Lehrer“ erhielt (2001).

²¹ T.C. Schelling: Raise profits by raising wages?, in: *Econometrica*, 14 (1946), S. 227-234; T.C. Schelling: Capital growth and equilibrium, in: *American Economic Review*, 37 (1947), S. 864-876; T.C. Schelling: Income determination: A graphical solution, in: *Review of Economics and Statistics*, 30 (1948), S. 227-229; T.C. Schelling: The dynamics of price flexibility, in: *American Economic Review*, 39 (1949), S. 911-922.

²² Vgl. Auch D.B. Klein, T. Cowen, T. Kuran: Salute to Schelling: Keeping it human, in: *Econ Journal Watch*, 2 (2005), S. 159-164.

²³ R. Zeckhauser, a.a.O., S. 156.

²⁴ Dieser Witz beruht auf dem Nobelpreis für Gunnar Myrdal und Friedrich August von Hayek.