Spieltheorie

„So wie die Natur weislich die Völker trennt, welche der Wille jedes Staats, und zwar selbst nach Gründen des Völkerrechts, gern unter sich durch List oder Gewalt vereinigen möchte; so vereinigt sie auch andererseits Völker, die der Begriff des Weltbürgerrechts gegen Gewalttätigkeit und Krieg nicht würde gesichert haben, durch den wechselseitigen Eigennutz. Es ist der Handelsgeist, der mit dem Kriege nicht zusammen bestehen kann, und der früher oder später sich jedes Volks bemächtigt.“
[Kant 1984, Zum ewigen Frieden (1794)]

Dieses Kapitel will

1. die politische Entwicklung nach dem zweiten Weltkrieg darstellen und dabei insbesondere kurz eingehen auf
   a) die strategische Situation im Kalten Krieg,
   b) die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen des Rüstungswettlaufs und
   c) die Entwicklung eines neuen Bereichs in den Sozialwissenschaften - nämlich der Spieltheorie - vor dem Hintergrund der Weltpolitik.
2. die Leistungen aber auch die Motive von bedeutenden Vertretern der Spieltheorie beleuchten, nämlich
   a) John von Neumann, genialer Mathematiker, wichtiger Teilnehmer am Manhattan Projekt der Entwicklung von Kernwaffen, ‚Erfinder‘ der Spieltheorie und ‚Begründer‘ der Informatik,
   b) John Nash, genialer Mathematiker, mit wichtigen Beiträgen zur Spieltheorie und Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften,
   c) John C. Harsanyi, ungarisch-amerikanischer Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften, der mit seinem Konzept der ‚Bayesschen Spiele‘ unvollständige Information in Spielen behandelbar macht,

   d) Reinhard Selten, deutscher Mathematiker, Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften mit wichtigen Beiträgen zur Weiterentwicklung des Nash-Gleichgewichts,
   e) Thomas C. Schelling, emeritierter Professor für auswärtige Politik, nationale Sicherheit, nukleare Strategie und Rüstungskontrolle, Berater verschiedener Präsidenten, Wirtschaftnobelpreisträger, bekannt z. B. durch sein Buch ‚Strategy of Conflict‘,
   f) Robert Aumann, israelischer Wirtschaftnobelpreisträger deutsch-jüdischer Herkunft, der sich insbesondere mit Gleichgewichten in wiederholten Spielen beschäftigt und mit seinen Forschungen auch sein Engagement für die rechtskonservative Organisation ‚Professors for a Strong Israel‘ begründet und
   g) Robert Axelrod, bekannt vor allem durch seine Überlegungen zur ‚Evolution der Kooperation‘ mit denen er unter anderem aufzeigt, wie sich auch im Krieg Kooperation zwischen den Feinden entwickeln kann.

3. Ausschnitte aus dem Buch ‚Die Evolution der Kooperation‘ liefern und damit in Überlegungen einführen, wie aus eigennützigem individuellem Verhalten in bestimmten sozialen Strukturen kooperatives Verhalten entstehen kann.

4. in die Spieltheorie einführen und wichtige Konzepte dieser neuen Theorie darstellen. Dabei soll mit extrem einfachen Beispielen die Anwendbarkeit der Spieltheorie in den Wirtschaftswissenschaften demonstriert werden, nämlich mit den folgenden Spielen:
   a) Marktspiel,
   b) Koordinationsspiel (battle of the sexes),
   c) Gefangenendilemma,
   d) Iterative Spiele.

Wirtschafts- und geistesgeschichtlicher Hintergrund

- **Der Kalte Krieg**
- **Wichtige Spieltheoretiker**
  - John von Neumann
  - John Forbes Nash
  - Reinhard Selten
  - John C. Harsanyi
  - Thomas Schelling
  - Robert Aumann
  - Robert Axelrod

Die Evolution der Kooperation, 1984

Robert Axelrod betrachtet in seinem Buch das Problem, wie eine Kooperation zwischen Individuen ohne zentrale Herrschaftsgewalt entstehen kann.

Axelrod stellt sich weiterhin die Frage, ob es auch beim Vorliegen des Gefangenendilemmas zu Kooperation ohne zentrale Herrschaftsgewalt kommen kann.

„Die Entwicklung der Kooperation wird dadurch ermöglicht, daß die Spieler immer wieder aufeinander treffen können. Dies bedeutet, daß gegenwärtige Entscheidungen nicht allein den Ausgang des gegenwärtigen Treffens bestimmen, sondern auch die späteren Entscheidungen der Spieler beeinflussen können. Die Zukunft kann folglich einen Schatten auf die Gegenwart zurückwerfen und dadurch die aktuelle Situation beeinflussen." [Axelrod 2005, S. 11]

Zwei-Personen-Zwei-Alternativen-Spiele

Ein Gesellschaftsspiel wie Schach, Skat, Poker, Bridge oder Roulette besteht aus einer Reihe von Situationen, bei denen die Mitspieler bestimmte Entscheidungen treffen müssen. Mit jeder Entscheidung beeinflusst jeder Mitspieler nicht nur sein Spielergebnis, sondern in der Regel auch das all seiner Mitspieler.

In der Darstellung als Spiel wird in den Wirtschaftswissenschaften ein bestimmtes Problem der Realität extrem vereinfacht. Man will tatsächlich das Verhalten von Millionen von Menschen in komplexen Situationen untersuchen und betrachtet dafür in der Regel dann zwei Spieler, die jeweils zwei Entscheidungsalternativen haben.

Im Gegensatz zu den Gesellschaftsspielen wie z. B. Schach, bei denen die Mitspieler eine Reihe von Zügen - also Entscheidungen - durchführen müssen, hat bei den von uns betrachteten Spielen jedes Individuum nur eine Entscheidung zu treffen – ohne, dass es zum Zeitpunkt der Entscheidung weiß, wofür sich die Mitspieler entschließen – und sieht sich dann mit dem Ergebnis konfrontiert. Das Ergebnis hängt dabei von seiner Entscheidung und den Entscheidungen der Mitspieler ab. Eine solche Vorgehensweise kann die Realität wohl kaum beschreiben, sie kann aber wichtige Strukturen aufdecken.

Spiel in Normalform

Unter einem Spiel in Normalform verstehen wir

1. eine Menge von Spielern A, B, ...;
2. eine Menge von Strategien S(A), S(B),... für jeden Spieler;
3. eine Vorschrift $U_A(a, b, ...)$, $U_B(a, b, ...)$, die jeder Strategiewahl der Spieler $a \in S(A), b \in S(B)$ ... ein Ergebnis (oder einen Wert) für jeden Spieler zuordnet.

In der Spielmatrix sind die beiden Spieler 1 und 2 aufgeführt.

Die Menge der Strategien von Spieler 1 ist $S(1) = \{s_{11}, s_{12}\}$.

Die Menge der Strategien von Spieler 2 ist $S(2) = \{s_{21}, s_{22}\}$.

Diese Strategien sind für 1 – dem Zeilenwähler – in den Zeilenköpfen und für 2 – dem Spaltenwähler – in den Spaltenköpfen der Matrix eingetragen.

In den inneren Matrixfeldern (I), (II), (II) und (IV) sind die Ergebnisse eingetragen.

		2	
		erste Alternative von 2 s_{21}	zweite Alternative von 2 s_{22}
1	erste Alternative von 1 s_{11}	$U_2(s_{11}, s_{21})$ $U_1(s_{11}, s_{21})$ (I)	$U_2(s_{11}, s_{22})$ $U_1(s_{11}, s_{22})$ (II)
	zweite Alternative von 1 s_{12}	$U_2(s_{12}, s_{21})$ $U_1(s_{12}, s_{21})$ (III)	$U_2(s_{12}, s_{22})$ $U_1(s_{12}, s_{22})$ (IV)

Abb. 10.1: Spiel in allgemeiner Darstellung

Marktspiel

		B: spezialisiert sich auf Speer	B: spezialisiert sich nicht
A	spezialisiert sich auf Bogen	A: 4, B: 4 (I)	A: 3, B: 2 (II)
A	spezialisiert sich nicht	A: 2, B: 3 (III)	A: 1, B: 1 (IV)

Abb. 10.2: Marktspiel

		B: spezialisiert sich auf Speer	B: spezialisiert sich nicht
A	spezialisiert sich auf Bogen	A: 4, B: 4 (I)	A: 3, B: 2 (II)
A	spezialisiert sich nicht	A: 2, B: 3 (III)	A: 1, B: 1 (IV)

Abb. 10.3: Strukturiertes Marktspiel

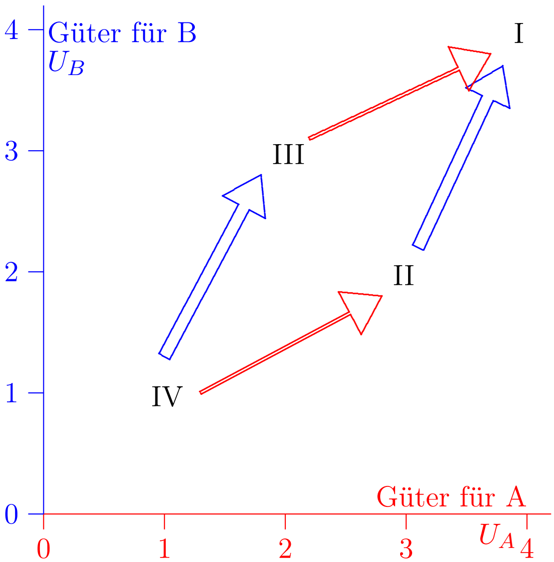

Abb. 10.4: Marktspiel

Dieses Beispiel hat folgende Eigenschaften:

1. Jedes Individuum kann seine eigenen Entscheidungen seinem eigennützigen Interesse gemäß durchführen, ohne zu wissen, was der andere tut. Unabhängig von der Entscheidung des anderen ist es für jeden optimal, sich zu spezialisieren. (Spezialisieren ist dominante Strategie)

2. Wenn ein Individuum versuchen sollte, das andere zu schädigen, so schädigt es sich selbst am meisten, das andere nur geringfügig.

3. Verhält sich jedes Individuum individuell rational, d. h. versucht jedes, seinen individuellen Nutzen zu maximieren, so ergibt sich ein optimaler Zustand für jeden.

4. Das gesellschaftliche Optimum ist ein Gleichgewicht.

5. Das Marktspiel ist kein Konstantsummenspiel. Beim Marktspiel gibt es nur Gewinner (,wenn man individuell rationales Verhalten unterstellt).

Gleichgewicht

Ein **Gleichgewicht** ist ein Zustand, den kein Individuum unter den unterstellten Verhaltensannahmen verlassen möchte.

Nash-Gleichgewicht

Ein **Nash-Gleichgewicht** oder individuell rationales Gleichgewicht ist ein Zustand, bei dem für jedes Individuum gilt, dass das Verlassen *bei Konstanz der Entscheidung aller anderen Spieler*, das Individuum nicht verbessern würde.

Formal: $(\hat{a}, \hat{b})$ mit $\hat{a} \in S(A), \hat{b} \in S(B)$ heißt Nash-Gleichgewicht wenn gilt

- $U_A(\hat{a}, \hat{b}) \geq U_A(a, \hat{b})$ für alle $a \in S(A)$ und
- $U_B(\hat{a}, \hat{b}) \geq U_B(\hat{a}, b)$ für alle $b \in S(B)$.

Dominante Strategie

Eine Strategie eines Spielers heißt **dominant**, wenn bei jeder Entscheidung der Mitspieler der betrachtete Spieler mit dieser Strategie nicht schlechter abschneidet als mit allen anderen ihm zur Verfügung stehenden Strategien.

Formal (für zwei Spieler):
$\bar{a}$ ist dominante Strategie des Spielers A wenn gilt $U_A(\bar{a}, b) \geq U_A(a, b)$ für jede Strategie a von A und b von B; $\bar{b}$ ist dominante Strategie des Spielers B wenn gilt $U_B(a, \bar{b}) \geq U_B(a, b)$ für jede Strategie a von A und b von B.

Koordinationsspiel

A \ B	B wird Lastträger	B wird Philosoph
A wird Lastträger	A: 1, B: 1 (I)	A: 2, B: 4 (II)
A wird Philosoph	A: 4, B: 2 (III)	A: 0, B: 0 (IV)

Abb. 10.5: Koordinationsspiel

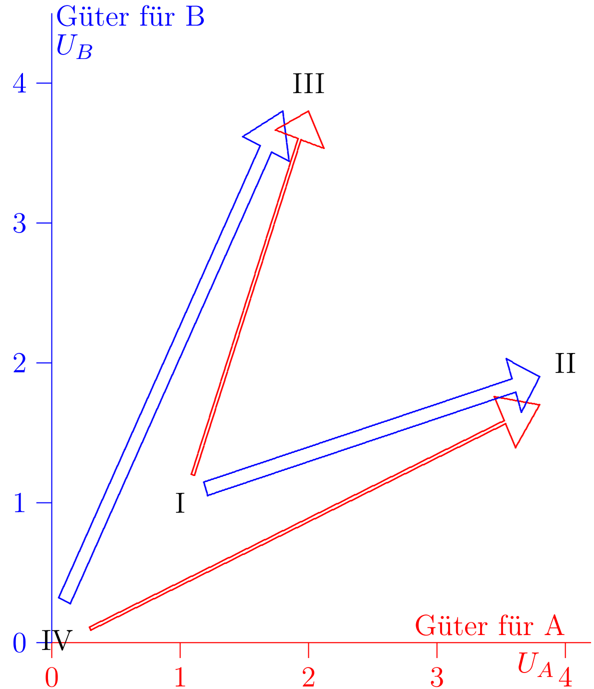

Abb. 10.6: Koordinationsspiel

Wir betrachten inwieweit die fünf Eigenschaften des Marktspiels beim Koordinationsspiel gültig sind.

1. Es gibt keine dominante Strategie. Die Wahl der eigenen optimalen Strategie hängt von der Entscheidung des anderen ab. Hat der andere sich für „Arbeiter“ entschieden, ist die Wahl „Philosoph“ optimal, ist der andere aber „Philosoph“, so ist „Arbeiter“ die bessere der zwei Alternativen.

2. Das schlechteste Ergebnis ist, wenn beide Philosoph werden: Beiden bleibt das Verhungern. Hat man Angst vor solchen Ergebnissen, sollte man das „beste aller schlechten Ergebnisse“ bestimmen: Jeder Spieler geht seine möglichen Strategien durch; wird er Philosoph, so ist das schlechteste mögliche Ergebnis der Wert 0 (nämlich wenn der andere auch Philosoph wird), wird er aber Arbeiter, so ist das schlechteste mögliche Ergebnis 1 (wenn der andere auch Arbeiter wird). Der bessere der beiden schlechtesten Werte ist die Eins. Lastträger werden ist daher Maximin-Strategie: Wählt man die Maximin-Strategie, so hat man die Gewissheit, dass man – im ungünstigsten Falle – von allen möglichen schlechten Ergebnissen das beste erhält. Im obigen Beispiel bedeutet dies eine Auszahlung von 1. Man kann im günstigeren Fall bei Wahl der Maximin-Strategie sogar die Auszahlung 2 bekommen, nämlich dann, wenn der andere sich für Philosoph entscheidet. Ein risikoaverses Individuum wird also tendenziell die Maximin-Strategie wählen.

3. Die Matrix des Spiels hat zwei Felder, in die nur Pfeile hineinlaufen. Das Spiel hat also zwei Zustände, die beide Individuen unter den Verhaltensannahmen nicht verlassen möchten, wir haben zwei Gleichgewichte. Inwieweit sind diese Gleichgewichte gesellschaftliche Optima? Diese etwas schwierige Frage untersuchen wir unter Punkt 4.

4. Beim Marktspiel gab es eine Situation, bezüglich der sich kein Individuum verbessern konnte; innerhalb des vom Spiel gesteckten Rahmens sind sicherlich beide Spieler mit dieser Situation zufrieden gestellt, man könnte deshalb eventuell von einem gesellschaftlichen Optimum sprechen. Beim Koordinationsspiel ist die Situation etwas schwieriger, einen Punkt allseitiger Zufriedenheit gibt es nämlich nicht. Im Punkt II ist A nicht zufrieden, er könnte sich verbessern, wenn er mit B die Rollen tauschen könnte; A kann sich also verbessern, B würde sich dann aber verschlechtern, und man würde den Punkt III erhalten, für den – abgesehen von den vertauschten Rollen – das gleiche gelten würde wie für Punkt II. Das von uns hier betrachtete Spiel liefert tatsächlich keinerlei Hinweis, welcher der Zustände II oder III von der Gesellschaft vorzuziehen ist. Der Begriff „gesellschaftliches Optimum" ist hier nicht ohne weiteres zu gebrauchen. Die Zustände II und III werden von den Ökonomen jeweils Pareto-Optimum genannt.

5. Das Koordinationsspiel ist (ebenso wie das Marktspiel) kein Nullsummenspiel. In den beiden Gleichgewichten gewinnen beide Spieler verglichen mit den beiden anderen Zuständen.

Maximin-Strategie

Eine Strategie heißt **Maximin-Strategie**, wenn die für den Spieler schlechteste Auszahlung bei dieser Strategie mindestens so groß ist wie die schlechteste Auszahlung bei allen anderen seiner Strategien.

Formal: $\breve{a}$ ist Maximin-Strategie von A wenn gilt:

$$U_A(\breve{a}, b) = \max_{a \in S(A)} \left\{ \min_{b \in S(B)} \{U_A(a, b)\} \right\}$$

Pareto-Optimum

Ein Zustand X heißt **Pareto-Optimum**, wenn es keinen anderen Zustand gibt, der für mindestens ein Individuum besser als X und für kein Individuum schlechter als X ist.

Formal: $(\hat{a}, \hat{b})$ mit $\hat{a} \in S(A), \hat{b} \in S(b)$ ist Pareto-Optimum, wenn es kein $(\bar{a}, \bar{b})$ gibt mit

- $U_A(\bar{a}, \bar{b}) \geq U_A(\hat{a}, \hat{b})$ und $U_B(\bar{a}, \bar{b}) \geq U_B(\hat{a}, \hat{b})$ und
- $U_I(\bar{a}, \bar{b}) > U_I(\hat{a}, \hat{b})$ für mindestens ein $I \in \{A, B\}$.

Gefangenendilemma-Spiel

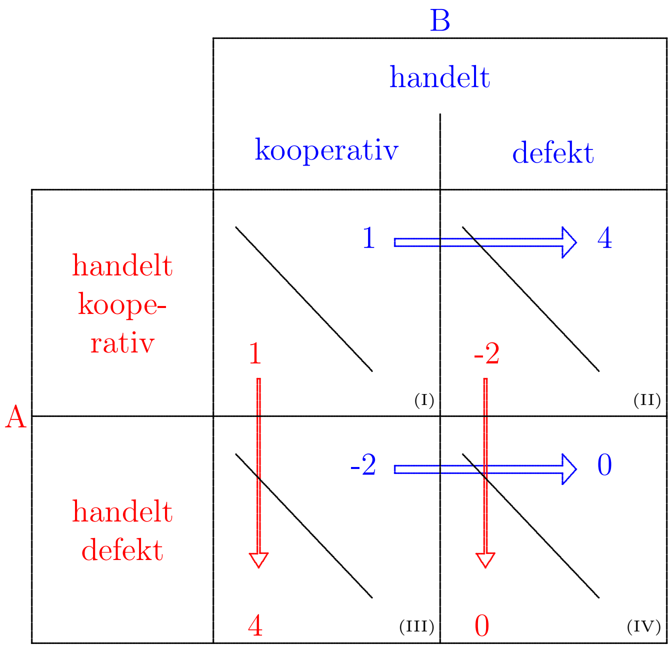

Abb. 10.7: Gefangenendilemma

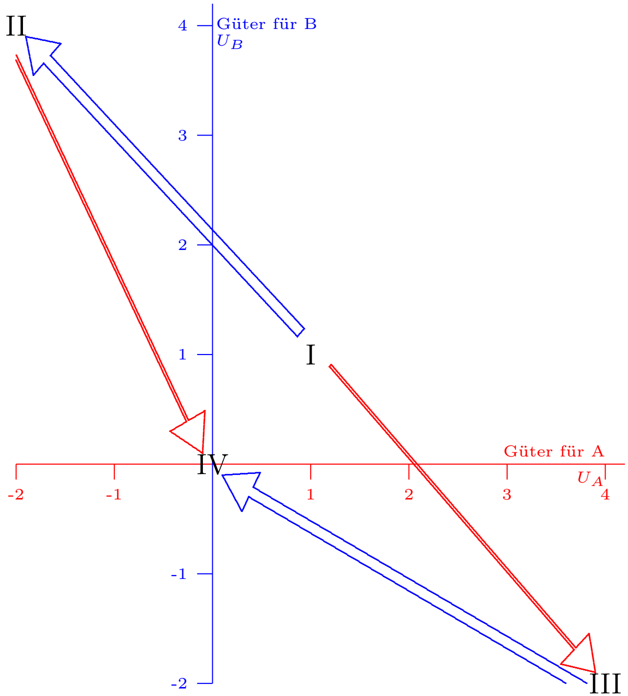

Abb. 10.8: Gefangenendilemma

Das Gefangenendilemma-Spiel hat folgende Eigenschaften:

1. Defekt spielen ist dominante Strategie.

2. Handelt A kooperativ, so kann ihn ein Verlust von -2 treffen, handelt er defekt, so ist das schlechteste Ergebnis 0. Defekt handeln ist Maximin-Strategie.

3. Feld IV ist das einzige Feld, in das nur Pfeile hineinlaufen. Gleichgewicht ist also dann gegeben, wenn beide defekt spielen.

4. Dieser Punkt ist aber kaum als gesellschaftliches Optimum zu bezeichnen. Würden beide Individuen kooperativ handeln, so würden sich beide verbessern.

5. Das Gefangenendilemma-Spiel ist (wie das Marktspiel und das Koordinationsspiel) kein Konstantsummenspiel. Beim Gefangenendilemma gibt es – sofern die Individuen individuell rational handeln – nur Verlierer.

Standard-Gefangenendilemma

R Reward for mutual cooperation
(Belohnung gegenseitiger Kooperation)

S Sucker's payoff
(Abstrafung des Dummen)

T Temptation to defect
(Versuchung)

P Punishment for mutual defection
(Bestrafung gegenseitigen Verrats)

Mit der Rangordnung: $S < P < R < T$

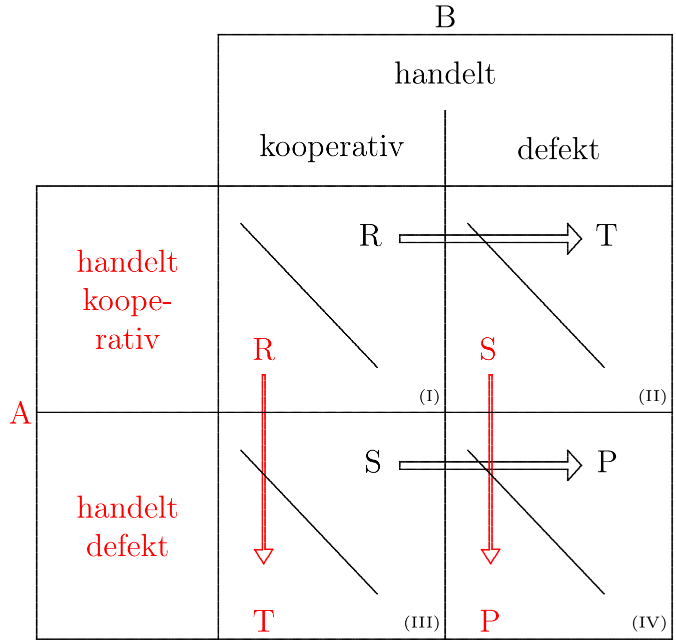

Abb. 10.9: Standard-Gefangenendilemma

Spiele mit drei oder mehr Alternativen

Ind. A \ Ind. B	Altern. 1 nicht spez.	Altern. 2 Speer	Altern. 3 Bogen
Altern. 1 nicht spezial.	A: 1, B: 1 (I)	A: 2, B: 4 (II)	A: 3, B: 5 (III)
Altern. 2 spez. auf Speer	A: 4, B: 2 (IV)	A: 6, B: 6 (V)	A: 8, B: 9 (VI)
Altern. 3 spez. auf Bogen	A: 5, B: 3 (VII)	A: 9, B: 8 (VIII)	A: 7, B: 7 (IX)

Abb. 10.10: 3x3-Spiel

Man bemerkt sofort, dass dieses Spiel das Marktspiel und das Koordinationsspiel enthält.

Streicht man die erste Zeile und die erste Spalte, so erhält man ein Koordinationsspiel.

Streicht man

1. entweder die zweite Spalte und die dritte Zeile oder
2. die dritte Spalte und die zweite Zeile,

so erhält man jeweils ein Marktspiel.

- **Nash-Gleichgewichte**

  Feld (VIII) ist Nash-Gleichgewicht, da 9 das Maximum von 2, 6 und 9 und 8 das Maximum von 3, 8 und 7 ist.

  Es existiert mit (VI) ein weiteres Nash-Gleichgewicht.

- **Pareto-Optima**

  Pareto-Optima sind durch Benutzen der „Rechts-Oberhalb-Regel“ einfach zu gewinnen.

  Pareto-Optima sind die Felder (VI) und (VIII), also die Felder, bei denen sich ein Individuum auf Speer und ein Individuum auf Bogen spezialisiert.

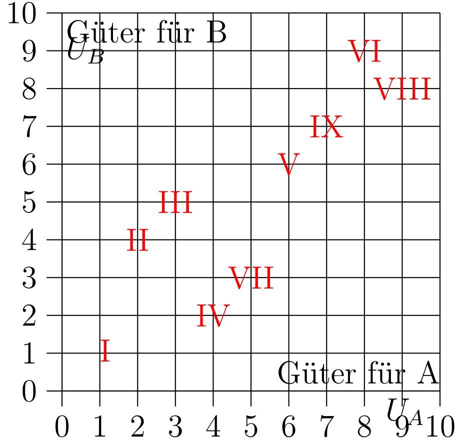

Abb. 10.11: Pareto-Optima

- **Maximin-Strategie**

  Maximin-Strategien können genau wie im Zwei-Alternativen-Spiel bestimmt werden. Für jeden der beiden Spieler gilt:

  - 1 ist das Minimum der Strategie „nicht spezialisieren“;
  - 4 ist das Minimum der Strategie „Spezialisieren auf Speer“;
  - 5 ist das Minimum der Strategie „Spezialisieren auf Bogen“.

  Da das Maximum (von 5) dieser drei Minima bei der Strategie „Bogen“ auftritt, ist „Bogen“ für beide Spieler die Maximin-Strategie.

- **Dominante Strategie**

  Das Spiel besitzt für keinen der Spieler eine **dominante Strategie**, also eine Strategie, die unabhängig von der Wahl des anderen die optimale Strategie ist.

  „Nicht-spezialisieren“ ist für jeden die schlechteste Wahl, kann also nicht dominant sein. Die Alternative „Speer“ ist die beste Wahl, wenn der andere „Bogen“ wählt, „Bogen“ ist die beste Wahl, wenn der andere Spieler „Speer“ wählt.

Spiele mit mehr als zwei Spielern

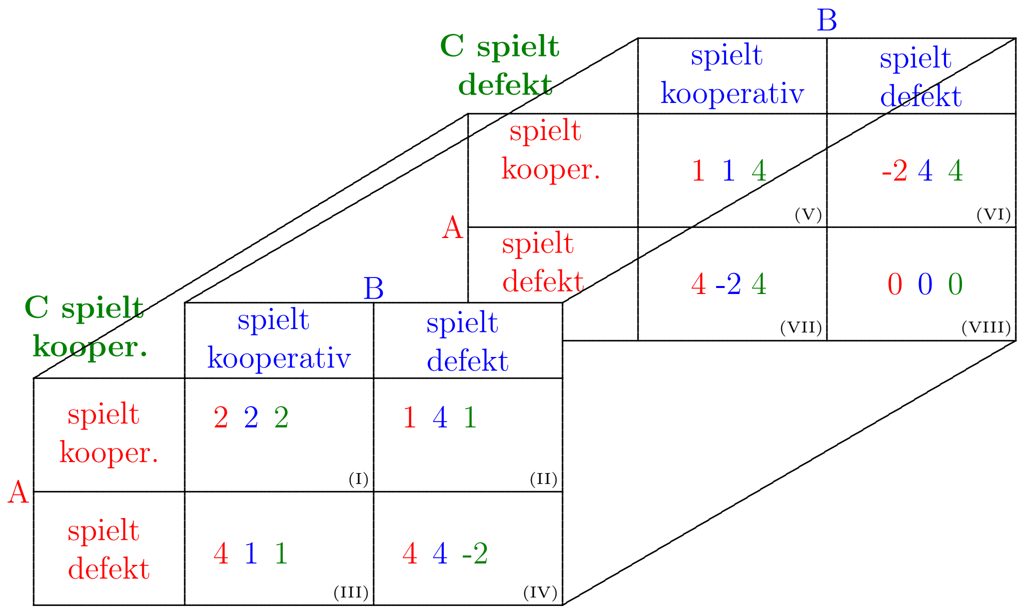

Abb. 10.12: 3 Personen - 2 Alternativen Matrix

Pareto-Optimum ist jeder Zustand mit Ausnahme des Feldes, bei dem jeder Eigner defekt spielt.

Nash-Gleichgewicht ist der Zustand $Defekt/Defekt/Defekt$.

Wir gehen jetzt von vielen, also z. B. von 100 Schiffen aus. Die Kosten der (größeren) Leuchtturmanlage seien 300 GE, der Nutzen jedes Eigners entspreche weiterhin 4 GE.

Wichtig für die Alternativenwahl sind vielmehr nur die zu einer bestimmten Alternative gehörenden Auszahlungen.

Diese hängen allerdings von der Entscheidung der anderen ab und zwar von der Anzahl m der Individuen, die sich neben dem betrachteten Individuum an einer Finanzierung beteiligen wollen.

Man erkennt unmittelbar, dass „Defekt“ die dominante Strategie ist und dass das einzige Gleichgewicht dann vorliegt, wenn alle Individuen defekt spielen. Dieser Gleichgewichtspunkt ist kein Pareto-Optimum, da z. B. bei Beteiligung aller, sich alle besser stehen. Mit Ausnahme des Gleichgewichts sind alle andere Zustände Pareto-Optima. Das ergibt sich daraus, dass sich jemand in einem solchen Zustand nur verbessern kann, indem entweder:

		alle anderen: $m \geq 1$ weitere beteiligen sich	alle anderen: keiner sonst beteiligt sich
A	handelt kooperativ	$4 - \frac{300}{m+1}$ (I)	$4 - 300$ (II)
A	handelt defekt	4 (III)	0 (IV)

Abb. 10.13: n-Personen-Dilemma

1. Er seine Beteiligung an der Finanzierung einstellt – dann werden alle anderen sich beteiligenden schlechter gestellt.

2. Ein anderer von Defekt zu Kooperativ wechselt – damit stellt dieser andere sich selbst aber schlechter.

Iterative Spiele

Unter einem iterativen Spiel versteht man ein Spiel, das in gleicher oder ähnlicher Form eine bestimmte Anzahl von Perioden gespielt wird. Bei solchen Spielen können die Mitspieler eventuell aus der Situation lernen und ihre Strategien entsprechend anpassen.

Rückwärtsinduktion

Jeder Spieler analysiert die letzte Periode und deren Ergebnis bei rationalem Verhalten aller Spieler. Mit den dadurch gewonnenen Erkenntnissen wird die vorletzte Periode untersucht und in dieser Weise bis zur ersten Periode zurückgegangen. Dieses Verfahren heißt ‚Rückwärtsinduktion'.

Durch ‚Rückwärtsinduktion' ergibt sich bei n-mal gespielten Gefangenendilemma, dass es rational ist, immer defekt zu spielen.

Gibt es kein jeweils bekanntes Ende eines iterierten Spiels, so kann durch Rückwärtsinduktion in der Regel kein rationales Verhalten bestimmt werden.

Das „Töten-Oder-Getötet-Werden-Spiel“

Axelrod schreibt: „Manchmal entsteht Kooperation dort, wo man sie am wenigsten erwartet. Im Ersten Weltkrieg war die Front im Westen Schauplatz grauenvoller Schlachten um wenige Meter Gelände. Andererseits übten die feindlichen Soldaten zwischen diesen Schlachten und selbst während ihres Verlaufs an anderen Stellen der Front quer durch Frankreich und Belgien oft ein erstaunliches Maß an Zurückhaltung“[Axelrod 2005, S.67].

Axelrod beruft sich dabei auf vielfältige und umfangreiche Beispiele, um dieses Entstehen von Kooperation zu belegen. Diese Beispiele wurden insbesondere von Tony Ashworth (vgl. [Ashworth 1980]) zusammengetragen.

„Thus, early in the war and in spite of it, both sides were learning that each had similar priorities and needs, and it seems that this realization first crystallized around basic needs such as food and warmth. For instance, in December 1914 but before Christmas the same Private Hawkings was sentry in an advanced post near a similar post manned by Germans. The weather was bitter. Hawkings was told to keep a sharp look out, but he assumed that ’If the members of the Fritz post were as cold, wet and sleepy as I, they wouldn’t be inclined to interfere with me’. The Germans, it seems, reasoned likewise, for the night passed in peace as neither side provoked the other.“ [Ashworth 1980, S.26]

Axelrod schließt daraus: „Obwohl Ashworth es nicht so ausdrückt, läßt sich die historische Situation in den ruhigen Frontabschnitten als iteriertes Gefangenendilemma auffassen. Für eine gegebene örtliche Lage kann man die sich gegenüberliegenden kleinen Einheiten als die beiden Spieler betrachten. In jeder Zeiteinheit muss gewählt werden zwischen ‚gezielt schießen, um zu töten‘ und ‚vorsätzlich so schießen, dass Verletzungen vermieden werden.‘ Für beide Seiten ist die Schwächung des Feindes von großem Wert, weil sie das eigene Überleben erleichtert, wenn es im betreffenden Abschnitt zu einer größeren Schlacht kommt.

Es ist daher kurzfristig günstiger, Schaden anzurichten, unabhängig davon, ob der Feind zurück schießt oder nicht.

Auf diese Weise läßt sich begründen, daß wechselseitige Defektion gegenüber eigener einseitiger Zurückhaltung vorgezogen wird ($P > S$) und daß einseitige Zurückhaltung der anderen Seite noch besser ist als wechselseitige Kooperation ($T > R$). Zusätzlich ziehen die örtlichen Einheiten die Belohnung für wechselseitige Zurückhaltung dem Ergebnis bei wechselseitiger Bestrafung vor ($R > P$), denn wechselseitige Bestrafung hat zur Folge, daß beide Einheiten Verluste erleiden und dafür nur geringe oder gar keine relativen Vorteile erlangen. Insgesamt ergeben sich daraus die wesentlichen Ungleichungen $T > R > P > S$. Darüber hinaus würden beide Seiten wechselseitige Zurückhaltung einer Zufallsfolge jeweils einseitiger ernster Feindseligkeiten vorziehen, so daß $R > (T + S)/2$. Die Situation erfüllt also die Bedingungen für ein Gefangenendilemma zwischen einander gegenüberliegenden kleinen Einheiten in einem ruhigen Frontabschnitt.“ [Axelrod 2005, S.68 f.]

Es entsteht ein System von formellen und informellen ‚Waffenstillstandsvereinbarungen‘ zwischen kämpfenden Einheiten. Dabei waren insbesondere die informellen Abmachungen wichtig, da die Truppenführungen solche ‚Fraternisierungen‘ nicht billigten:

„Nevertheless inertia was opposed by high command from the start of trench war because it was contrary both to the spirit of the offensive, which pervaded the military theory of the time and to an official British directive of 1915 which made active trench war mandatory.“ [Ashworth 1980, S.42]

Formelle und insbesondere informelle Vereinbarungen in einer Gefangenendilemma-Situation sind stets durch die im defekten Handeln liegenden Versuchungen bedroht. Damit muss sich ein System von Belohnungen für kooperatives und Bestrafungen für defektes Verhalten entwickeln. Belohnungen bestehen in Respektierung von bestimmten Bedürfnissen des Gegners, Bestrafungen in besonders heftigen Angriffen:

„We go out a night in front of the trenches ... the German working parties are also out, so it is not considered etiquette to fire. The really nasty things are rifle grenades ... they can kill as many as eight or nine men if they do fall into a trench ... But we never use ours unless the Germans get particularly noisy, as on their system of retaliation three for every one of ours come back.“ [Ashworth 1980, S.149]

Außerdem kommt es zu Entschuldigungen: „I was having tea with A Company when we heard a lot of shouting and went out to investigate. We found our men and the Germans standing on their respective parapets. Suddenly a salvo arrived but did no damage. Naturally both sides got down and our men started swearing at the Germans, when all at once a brave German got on to his parapet and shouted out ’we are very sorry about that; we hope no one was hurt. It is not our fault, it is that damned Prussian artillery’.“ [Ashworth 1980, S.146]

Im Grabenkrieg in Flandern bildete sich in vielen Bereichen ein solches stillschweigendes Einverständnis heraus, das so lange hielt, bis die Armeeführungen eingriffen und die Truppen so in Bewegung hielten, dass sich solche Fraternisierungstendenzen gar nicht erst entwickeln konnten (vgl. [Axelrod 2005, S. 67–79]).

Aus diesem Beispiel ergeben sich zwei wichtige Erkenntnisse:

1. Ein sich stets (ohne vorhersehbares Ende) wiederholendes Gefangenendilemma kann unter bestimmten Bedingungen ohne Eingriff von außen und ohne explizite Verständigungen durch ‚Tit for Tat‘ oder eine ‚Auge-um-Auge-Zahn-um-Zahn‘-Strategie überwunden werden.

2. Staatliche Intervention muss nicht unbedingt aus Gefangenendilemma-Situationen herausführen. Im Grabenkrieg waren es gerade die staatlichen Autoritäten, die die beginnende Kooperation unterbanden. Neben den Erkenntnis- und Handlungsmöglichkeiten der Verantwortlichen sind auch ihre Motive zu berücksichtigen. Es kann problematisch sein, sich zu stark auf staatliche Intervention zu verlassen.

Computer-Turniere

Auf Grund solcher und ähnlicher Beobachtungen der Realität und anhand theoretischer Überlegungen entwickelt Axelrod folgende Idee:

Er schreibt an verschiedene bekannte Spieltheoretiker und bittet um Vorschläge zu Strategien für iterative Spiele. Dabei sollten jeweils zwei Spieler mit der Standard-Gefangenendilemma-Situation konfrontiert sein.

Die Standardannahmen des Gefangenendilemmas $S < P < R < T$ werden noch um folgende Annahme ergänzt:

Die Belohnung für gegenseitige Kooperation ist besser als der Durchschnitt von Bezahlung des Dummen und Versuchung.

$$R > (S + T)/2$$

Würde diese Bedingung nicht gelten, so könnten im Original-Gefangenendilemma die beiden Straftäter in einem iterierten Spiel dadurch gewinnen, dass bei den Straftaten abwechselnd der eine Kronzeuge ist und der andere ungeständig verurteilt wird.

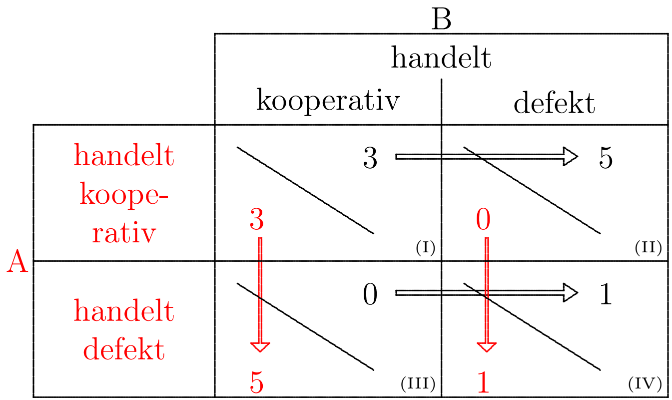

Abbildung 10.14: Gefangenendilemma

Die Angeschriebenen sollten eine eindeutige Regel liefern, die eventuell in Abhängigkeit vom bisherigen Spielverlauf für jede Iteration eine Entscheidung für entweder „Kooperativ“ bzw. „Defekt“ liefert. Mögliche „Meta-Strategien“ könnten z. B. sein: Spiele immer kooperativ, ganz egal wie der Mitspieler handelt. Eine andere Meta-Strategie ist, immer defekt zu spielen. Eine weitere Meta-Strategie könnte auch in einem laufenden Münzwurf bestehen: Wappen wäre z. B. „Defekt“ und Zahl „Kooperativ“.

Mögliche Strategien iterativer Spiele

1. **Tit for Tat** spielt in der ersten Runde kooperativ und wählt danach immer die Alternative, die der Gegenspieler in der vorhergehenden Runde gewählt hat.
2. **Immer kooperativ** spielt unabhängig vom Gegner immer kooperativ.
3. **Zufall (Random)**: Bei der Regel ‚Zufall' wird jeweils mit der Wahrscheinlichkeit $0,5$ defekt bzw. kooperativ gespielt. Es ist also, als ob der Spieler durch Münzwurf entscheidet: Bei Wappen wählt er Defekt, bei Zahl hingegen Kooperativ.
4. **Immer Defekt** spielt unabhängig vom Gegner immer defekt.
5. **Tit for Tat k** spielt genau wie ‚Tit for Tat' außer, dass es unabhängig von der Entscheidung des Gegners in jeder 10. und 11. Runde kooperativ spielt. Dadurch ist die Regel in der Lage, aus einer Situation auszubrechen, in der jeder defekt spielt, um den Gegner zu strafen und dieser wieder mit einer entsprechenden Strafe antwortet.
6. **Friedman (Ewige Verdammnis)** spielt kooperativ, solange der Gegner kooperativ spielt. Nach dem ersten Defekt antwortet er für immer mit Defekt.
7. **Shubik** beginnt mit Kooperativ. Spielt einmal defekt nach dem ersten Defekt-Spielen des anderen und erhöht mit jedem Defekt-Spielen des anderen die Anzahl der defekten Antworten um Eins.
8. **Joss** spielt im Prinzip ‚Tit for Tat'. Allerdings beantwortet es kooperatives Handeln des Gegners in 10% der Fälle mit Defekt.

9. **Tit for two Tats** ist eine nachsichtigere Variante von ‚Tit for Tat'. Diese Regel spielt defekt erst nach zwei defekten Zügen des Gegenspielers.

10. **Tester** beginnt mit Defekt in Runde 1. Antwortet der Gegner mit Defekt, so reagiert Tester mit kooperativ und spielt danach ‚Tit for Tat'. Andernfalls kooperiert Tester beim zweiten und dritten Zug und spielt danach jede zweite Runde defekt.

11. **France** reagiert in keiner Weise auf Entscheidungen des Gegenspielers. In der 4., 7., 10., 13., $\cdots$ ‚$3 \cdot n + 1$'. Runde spielt diese Regel defekt, sonst immer kooperativ (wobei n eine natürliche Zahl ist).

12. **Champion** kooperiert in den ersten zehn Runden und spielt ‚Tit for Tat' in den Runden 11-25. Von der 26. Runde an kooperiert die Regel, es sei denn, folgende Bedingungen sind gleichzeitig erfüllt:
    a) der Gegenspieler hat im letzten Zug defekt gespielt;
    b) der Gegenspieler kooperierte weniger als 60 % bis zur letzten Runde;
    c) die Kooperationsrate des Gegenspielers bis zur letzten Runde ist kleiner als eine Zufallszahl zwischen Null und Eins.

13. **Eatherley** zählt die kooperativen und defekten Entscheidungen des Gegenspielers. Nach einem Defekt-Spielen des Gegners ergibt sich die Wahrscheinlichkeit einer Defekt-Antwort aus dem Verhältnis von defekten Zügen des Gegners zur Rundenzahl.

14. **Feld** beginnt wie Tit for Tat. Die Kooperationswahrscheinlichkeit wird jedoch nach einer Kooperation des Gegenspielers von 100 % in Runde 1 konstant auf 50 % in der letzten Runde gesenkt.

Turnier - Jeder gegen Jeden

n Name	1 Tit for Tat	2 Immer Koop	3 Zufall	4 Immer Def	5 Tit for Tat k	6 Friedman	7 Shubik	8 Joss	9 Tit for 2Tat	10 Tester	11 France	12 Champion	13 Eatherley	14 Feld	$\sum$
1 TitForTat	300	300	229	99	300	300	300	132	300	299	265	300	300	180	3604
2 Immer Koop	300	300	168	0	300	300	300	261	300	150	201	300	300	210	3390
3 Zufall	234	388	237	51	269	64	72	192	333	235	295	252	399	208	3229
4 Immer Def	104	500	296	100	180	104	104	104	108	108	368	140	104	104	2424
5 Tit for Tat k	300	300	209	80	300	300	300	238	300	299	253	300	300	212	3691
6 Friedman	300	300	269	99	300	300	300	121	300	107	361	300	300	175	3532
7 Shubik	300	300	257	99	300	300	300	112	300	299	357	300	300	132	3656
8 Joss	137	326	217	99	278	126	112	112	160	272	276	158	324	149	2746
9 TitFor2Tat	300	300	183	98	300	300	300	145	300	150	201	300	300	173	3350
10 Tester	299	400	225	98	299	102	299	272	400	200	284	265	299	156	3598
11 France	270	366	180	33	288	46	57	251	366	199	234	276	366	213	3145
12 Champion	300	300	227	90	300	300	300	153	300	240	261	300	300	185	3556
13 Eatherley	300	300	144	99	300	300	300	264	300	299	201	300	300	225	3632
14 Feld	185	360	243	99	277	175	132	149	228	161	288	195	350	150	2992

Abbildung 10.15: Turnier – Jeder gegen Jeden

„Joss gegen Tit for Tat“

‚Joss‘ ist dadurch eine hinterlistige Regel, weil sie im Prinzip ‚Tit for Tat‘ spielt, allerdings in 10 % der Fälle Kooperation des Gegners mit Defekt beantwortet. Dies führt beim Zusammenspiel mit bestimmten Gegnern, z. B. ‚Tit for Tat‘, in die Defektionsfalle.

Im Prinzip läuft das Geschehen folgendermaßen zwischen ‚Joss‘ und ‚Tit for Tat‘ ab:

In den ersten Perioden spielen beide kooperativ, bis ‚Joss‘ zufällig defekt spielt – meistens irgendwann zwischen Periode 0 und 20 –, eventuell aber auch später. ‚Tit for Tat‘ antwortet in der nächsten Periode mit einem Defekt, während ‚Joss‘ in ‚Tit for Tat‘-Manier kooperativ spielt, aber in der danach folgenden Periode den defekten Zug seinerseits mit Defekt beantwortet. Dadurch wird ein hin und her wanderndes Echo von Defekt und Kooperativ produziert, bis die 10 % -Bösartigkeit von ‚Joss‘ wieder zuschlägt: Ein Kooperativ von ‚Tit for Tat‘ wird mit Defekt beantwortet. Damit entsteht jetzt ein doppeltes Echo von Defekt, aus dem beide Spieler nicht mehr herauskommen.

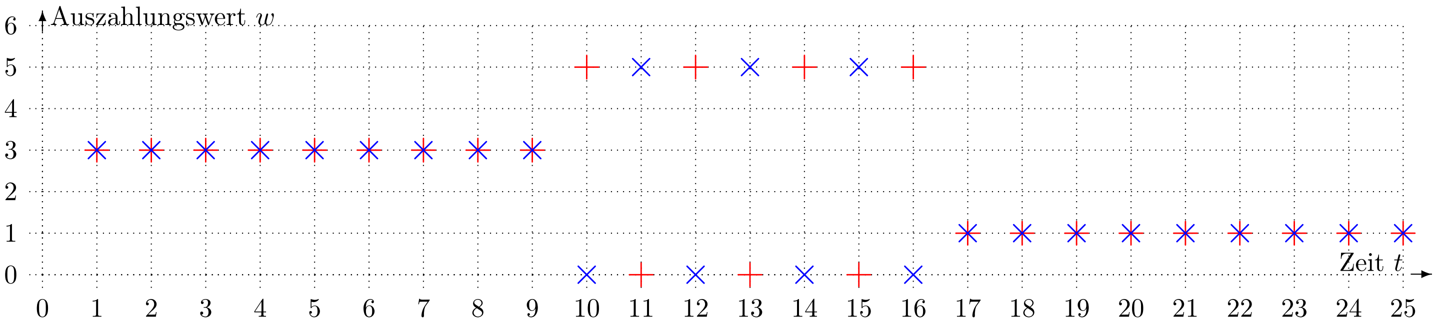

Abbildung 10.16: ‚Joss‘ (Symbol: +) versus ‚Tit for Tat‘ (Symbol: ×)

Eine Strategie heißt

- freundlich, wenn sie nicht als erste defekt spielt,
- provozierbar, wenn ein Defekt-Spielen des Gegners (mit einer positiven Wahrscheinlichkeit) in einem späteren Zug durch ein Defekt-Spielen beantwortet wird,
- nachsichtig, wenn sie dazu tendiert, nach einer Defektion wieder mit dem Gegenspieler zu kooperieren,
- verständlich, wenn der Gegenspieler das Verhalten des anderen leicht begreifen kann.

Entstehung von Kooperation

Robert Axelrod [Axelrod 2005, S. 99] kommt als Ergebnis seiner Untersuchungen zu folgender Empfehlung:

„Es handelt sich um vier einfache Vorschläge, wie man in einem dauerhaften iterierten Gefangenendilemma gut abschneidet:

1. Sei nicht neidisch.
2. Defektiere nicht als erster.
3. Erwidere sowohl Kooperation als auch Defektion.
4. Sei nicht zu raffiniert.“

Spiele als Modelle für Wirtschaftssysteme

Ein Modell sollte drei Bedingungen erfüllen:

1. Für die Struktur eines Problems unwichtige Einzelheiten sollten unberücksichtigt bleiben.
2. Die für das Problem entscheidenden Aspekte sollten erfasst sein.
3. Das Modell sollte mit den zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Methoden (z. B. Experimenten, statistischen Untersuchungen, mathematischen Schlussfolgerungen, graphischen Darstellungen) behandelbar sein.

Der Wissenschaftler versucht in der Regel, die Realität durch Modelle darzustellen. Die Spieltheorie liefert eine Reihe von wichtigen Modellen für den Sozialwissenschaftler. Die Forderung, dass ein Modell alle relevanten Aspekte (und nur diese) berücksichtigt, ist allenfalls eingeschränkt zu verwirklichen.

Spiele und die Analyse der unsichtbaren Hand

Das Marktspiel beschreibt eine Situation, wie sie Adam Smith seinen Überlegungen zugrunde gelegt hat: Folgt jedes Individuum seinen von Eigenliebe geprägten Zielen, so fördert es nicht nur sein eigenes Wohlergehen, sondern auch das Wohlergehen seiner Mitmenschen; insgesamt ergibt sich ein optimaler gesellschaftlicher Zustand.

Anders verhält es sich beim Koordinationsspiel: Wählen die Individuen unabhängig voneinander, so ist ein schlechtes Ergebnis nicht auszuschließen. Um brauchbare oder gute Ergebnisse sicherzustellen, ist ein „Koordinationsmechanismus“ erforderlich. Ein solcher Koordinationsmechanismus kann z. B. in staatlichen Verordnungen und Gesetzen bestehen. Jedoch bilden auch Normensysteme, Traditionen und Besitzstrukturen wichtige Koordinationsmechanismen.

Das Gefangenendilemma demonstriert, dass unkoordiniertes einzelwirtschaftliches Optimieren unter Umständen zu einer höchst unerwünschten Situation führt. Es scheint Situationen zu geben, in denen eine zum Optimum führende unsichtbare Hand nicht vorhanden ist, nicht wirkt oder am Wirken gehindert wird. Mit Erstaunen haben die Wirtschaftswissenschaftler in den letzten Jahren festgestellt, dass viele in der Realität beobachtete unerwünschte Vorgänge mit Hilfe eines Gefangenendilemmas strukturiert werden können.

Literaturverzeichnis

[Ashworth 1980] ASHWORTH, Tony: *Trench warfare 1914 - 1918 : the live and let live system*. New York, N.Y. : Holmes Meier, 1980

[Axelrod 2005] AXELROD, Robert: *Die Evolution der Kooperation*. Studienausg., 6. Aufl. München : Oldenbourg, 2005 (Scientia nova). – Übers. und mit einem Nachw. von Werner Raub und Thomas Voss

[Kant 1984] KANT, Immanuel: *Zum ewigen Frieden*. Nachdr. [d. Ausg.] Königsberg, 1795. Erlangen : Fischer, 1984 (Kant im Original ; 16)