Skriptum

Soziale Dilemmata

Eine Einführung in (einige) Grundlagen der Spieltheorie

von Manfred Füllsack

manfred.fuellsack@univie.ac.at
http://homepage.univie.ac.at/manfred.fuellsack

Das Problem

Spieltheoretisch besteht ein ***soziales Dilemma*** dann, wenn Mitglieder einer Gesellschaft oder einer Gruppe *gemeinsam* ein **Gemeingut** schaffen können, von dem sie *mehr* profitieren würden, als vom Resultat *einer* alleine durchgeführten Aktion, gleichzeitig dabei aber die Kosten für ihre Kooperation sofort über die Höhe ihres Gewinns steigen, wenn auch nur einer (oder wenige) andere ihrer Mitgesellschafter nicht kooperieren (= „betrügen", sich also auf Kosten der anderen bereichern -> „***free-riding***").

In Situationen sozialer Dilemmata ist es, wenn *nicht* alle kooperieren, (*vom Standpunkt eines homo oeconomicus aus betrachtet*) besser, ebenfalls nicht zu kooperieren!

Wie entsteht dann aber Kooperation?

Wie entsteht ein Gemeingut?

Ein erstes Beispiel : Die geteilte Rechnung

Wenn fünf Freunde bei einem Restaurantbesuch halbwegs gleich teure Speisen wählen und sodann die Rechnung zu gleichen Teilen aufteilen, ziehen alle einen (in diesem Fall kleinen) Gewinn, ein „*Gemeingut*", aus dem Nicht-mühsam-Auseinanderdividieren-Müssen der Rechnung. Wenn allerdings auch nur einer im Wissen, dass die Rechnung ohnehin geteilt wird, eine sehr teure Speise bestellt, ist das Rechnungsteilen für die anderen unrentabel.

Die Ratio liegt also beim eher Nicht-Rechnung-Teilen, d.h. beim *Nicht-Kooperieren*. Es entsteht kein *Gemeingut*, von dem alle profitieren würden.

Glance, Natalie S. / Huberman, Bernado A. (1994): The Dynamics of Social Dilemmas; in: Scientific American March 1994, p. 76-81.

Ein historisches Beispiel: Die Hirschjagd

1755 hat Jean-Jacques Rousseau in einer Schrift über die „Ursprünge der Ungleichheit“ eine ***Hirschjagd*** beschrieben, in der die Jäger nur dann in der Lage sind, das als Nahrungsressource sehr einträgliche Großwild zu stellen, wenn wirklich alle von ihnen konzentriert bei der Sache und das heißt an den ihnen zugewiesenen Treibjagdpositionen bleiben. Einen Hasen zu erlegen, würde demgegenüber allerdings auch alleine gelingen und das Auskommen des einzelnen Jägers auch, wenn auch schlechter, sichern. Sichtet ein Hirschjäger also auf seiner Pirsch einen Hasen, so besteht großer Anreiz, den individuellen Jagderfolg dem eher ungewissen kollektiven vorzuziehen und damit die Hirschjagd scheitern zu lassen.

Da dies für alle Jäger gleichermaßen gilt, stehen die Chancen der kooperativen Hirschjagd schlecht. Als „**Gemeingut**“ erbringt der Hirsch zwar höheren Nutzen, bindet diesen aber an das ungewisse Verhalten von Individuen, die in der *Unsicherheit* über das Verhaltens der je Anderen großen Anreiz haben, „egoistisch“ und damit eigentlich *sub-optimal* zu handeln.

Rousseau, Jean-Jacques (1964/1755): Discours sur l’Origine et les Fondements de l’Inégalité, Seconde Partie. Oeuvres Complètes (Jean Starobinski ed.), Pléiade: S. 166f.

Das Gemeingut

<u>Gemeingüter</u> (*public goods*) haben nach Hardin (1982) folgende zwei Charakteristika:

Non-excludability - User können (zu vertretbaren Kosten) nicht vom Gebrauch ausgeschlossen werden: z.B. Frische Luft. Öffentliche TV- oder Radio-Übertragung, Information (?), Wissen (?).

Jointness of supply - der Nachschub des Gutes ist (weitgehend) unerschöpflich. Radio zu hören, ohne dafür zu bezahlen, mindert nicht den Konsum anderer Radiohörer.

Diejenigen, die nicht zur Schaffung oder Erhaltung solcher Gemeingüter beitragen, aber vom Konsum nicht ausgeschlossen werden können, werden ***Free-rider*** genannt.

Hardin, Russell (1982). *Collective Action.* Baltimore. John Hopkins University Press.

The Tragedy of the Commons

Hardin, Garrett (1968): The Tragedy of the Commons, in: Science, 162(1968):1243-1248.

"The tragedy of the commons develops in this way. Picture a pasture open to all. It is to be expected that each herdsman will try to keep as many cattle as possible on the commons. Such an arrangement may work reasonably satisfactorily for centuries because tribal wars, poaching, and disease keep the numbers of both man and beast well below the carrying capacity of the land. Finally, however, comes the day of reckoning, that is, the day when the long-desired goal of social stability becomes a reality. At this point, the inherent logic of the commons remorselessly generates tragedy.

As a rational being, each herdsman seeks to maximize his gain. Explicitly or implicitly, more or less consciously, he asks, "What is the utility *to me* of adding one more animal to my herd?" This utility has one negative and one positive component.

1. The positive component is a function of the increment of one animal. Since the herdsman receives all the proceeds from the sale of the additional animal, the positive utility is nearly + 1.
2. The negative component is a function of the additional overgrazing created by one more animal. Since, however, the effects of overgrazing are shared by all the herdsmen, the negative utility for any particular decision-making herdsman is only a fraction of - 1.

Adding together the component partial utilities, the rational herdsman concludes that the only sensible course for him to pursue is to add another animal to his herd. And another.... But this is the conclusion reached by each and every rational herdsman sharing a commons. Therein is the tragedy. Each man is locked into a system that compels him to increase his herd without limit -- in a world that is limited. Ruin is the destination toward which all men rush, each pursuing his own best interest in a society that believes in the freedom of the commons. Freedom in a commons brings ruin to all“

Beispiel 2: Das Freiwilligen-Dilemma

Die vielleicht aufrührendste Version (laut Anatol Rapaport eine Anweisung aus einer Armee-Broschüre der US-Army im 2. Weltkrieg):

In einen engen Schützengraben mit mehreren Soldaten fällt eine Handgranate. Alle Soldaten würden mit großer Wahrscheinlichkeit sterben, wenn sich nicht einer aufopfernd auf die Granate wirft und mit seinem eigenen Zerrissen-Werden die anderen abschirmt.

Die Wahl besteht zwischen "sterben" und "eventuell überleben", wobei zweiteres das „freiwillige Aufopfern“ ausschließt.

Urmson, J.O. (1969): Saints and Heroes; in: *Moral Concepts*, ed. Joel Feinberg, London: Oxford University Press.

Beispiel 3, eine andere, ähnlich drastische Version:

Freunde werden in einzelnen Zellen separiert und ohne Kommunikationsmöglichkeit gefangen gehalten. In jeder Zelle ist ein Schalter. Wenn dieser umgelegt wird, stirbt der Zelleninsasse und alle anderen gehen frei. Wird allerdings bis zu einem bestimmten Zeitpunkt keiner der Schalter umgelegt, so sterben alle.

Opferst du dich und drückst den Schalter, bist du ein Held. Allerdings könnte es sein, dass auch jemand anders den Schalter drückt. Im Extremfall sogar alle. Dein Tod wäre damit umsonst und sogar der Heldenstatus wäre dir verwehrt. Der Anreiz ist also groß, jemand anders den Schalter umlegen zu lassen. Dies gilt freilich für alle gleichermaßen.

Beispiel 4, eine weniger drastische Variante des Freiwilligen-Dilemmas

Der Strom fällt im Stadtteil aus, draußen heult ein Schneesturm und zum E-Werk sind es drei Kilometer zu Fuß. Wird das E-Werk nicht informiert, gibt es keinen Strom. Ein Freiwilliger aus der Nachbarschaft sollte gehen, nimmt dabei aber als einziger die Kosten für die gesamte Gemeinschaft auf sich.

Formal hat dieses Freiwilligen-Dilemma folgende Form:

	Zumindest einer geht freiwillig	Jeder sagt, es möge jemand anders gehen
Du gehst freiwillig	1	-
Du sagst, es möge jemand anders gehen	2	0

Das *Bystander*-Problem

Versuche zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit, dass einer freiwillig Initiative ergreift, umso geringer wird, je mehr Personen von einem solchen Dilemma betroffen sind.

Darley, John M. / Latané, Bibb (1968): Bystander intervention in emergencies: Diffusion of responsibility. Journal of Personality and Social Psychology, 8, 377–383.

In kleinen Gruppen sich nahestehender Mitglieder ist die Wahrscheinlichkeit, freiwillige Kooperation zu generieren, größer als in großen (anonymen) Gruppen

Olson, Mancur, Jr. (1965): The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Goods. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Auch Kommunikation spielt dabei natürlich eine große Rolle.

Nach Rapoport gibt es in der Sprache der Eingeborenen von *Tierra del Fuego* das Wort “***mamihlapinatapai***”, das übersetzt etwa bedeutet: “Wir schauen uns in der Hoffnung an, dass einer von uns etwas zu tun anbietet, dessen Konsequenzen wir alle wollen, das aber keiner von uns tun will. “

Rapoport, Anatol / Chammah, Albert M. (1965): Prisoner's Dilemma. AnnArbor: University of Michigan Press.

Beispiel 4: Das Wähler-Paradox

In Wahlgängen hat eine einzelne Wählerstimme nur dann direkten Einfluss, wenn ein Unentschied zwischen den zu wählenden Parteien vorliegt. Dies ist allerdings in größeren politischen (demokratischen) Wahlgängen höchst unwahrscheinlich.

Der Einzelne, dem der Wahlgang "Kosten" (Aufwand) verursacht, könnte sich also fragen, warum er wählen gehen soll, wenn seine Stimme ohnehin keinen Einfluss hat. Würden dies freilich alle tun und niemand wählen gehen, so wäre dies für die Demokratie fatal und damit auch für den Einzelnen wesentlich "kostspieliger" als der einmalige Wahlgang.

Während sich also Politiker den Kopf zerbrechen, warum so wenig Leute wählen gehen, lautet die eigentlich interessante Frage, warum überhaupt jemand wählen geht.

Lomasky , Loren E. (1992): The Booth and Consequences. Do Voters get what they want?; in: Reason November 1992.

Weitere Beispiele:

Fischfangrechte:

Für jeden einzelnen Hochsee-Fischer ist es individuell "rational„, so viel wie möglich in offenen (nicht nationalstaatlichen) Gewässern zu fischen, auch wenn dies bedeutet, dass die Meere überfischt werden. Wie bei den Wahlen könnte die Rechtfertigung in der Annahme bestehen, dass die Einzelaktion eines Fischers keine große Auswirkung auf die Fische hat.

Wasserversorgung

Exzessives Duschen oder Autowaschen in Dürreperioden verursacht wenig Verheimlichungskosten für den Einzelnen, aber u.U. hohe Wasserknappheitskosten für die Gesellschaft.

Wohlfahrt

Formal besehen generiert auch der Sozialstaat ein soziales Dilemma, wenn das Niveau der Wohlfahrt (z.B. Sozialhilfe) für den Einzelnen höher oder ähnlich hoch ist, wie die Summe, die in einem Job verdient werden könnte. („Arbeitslosenfalle“)

Ostrom, Elinor / Walker , James / Gardner, R. (1994): Rules, Games, and Common-Pool Resources. Michigan University Press, Ann Arbor .

Ostrom, Elinor / Hess, Charlotte (2007): Understanding Knowledge as a Commons. From Theory to Practice. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Weitere Beispiele:

Typische "Commons-Situationen" können entstehen, wenn sich Angestellte, deren Firma pleite zu machen droht, zusammentun, um die Firma zu kaufen und sie gemeinsam weiter zu führen. Wenn ihr Einkommen dabei von der weiteren Produktion abhängt, besteht großer Anreiz zum "*free-loading*" (sprich *free-riding*). Jeder versucht so viel wie möglich rauszuholen und so wenig wie möglich reinzustecken.

Nicht selten rekurrieren solche kollektiv-unternehmerischen Experimente nach einiger Zeit wieder auf hierarchische Führungsstrukturen.

Der Klassiker: Das Gemeinwohl-Spiel

Bei diesem Spiel wird einer Gruppe von Versuchspersonen ein Startkapital ausgehändigt, das sie verdeckt gesamt oder teilweise und ohne sich zu verständigen in einen gemeinsamen Fond – einfach einen im Raum aufgestellten Behälter – investieren können. Der Versuchsleiter verdoppelt sodann die insgesamt investierte Summe und verteilt diesen Betrag wieder gleichmäßig unter allen Versuchspersonen.

Wenn also zum Beispiel vier Spieler je 10 Euro Startkapital erhalten und alle die gesamten 10 Euro investieren, so befinden sich im Gemeinschaftstopf 40 Euro die, vom Versuchsleiter verdoppelt, 80 erbringen und damit für jeden Spieler einen Endbetrag von 20 Euro ergeben.

Wenn allerdings nun ein Spieler statt 10 Euro nur 6 investiert, während die anderen wie zuvor ihr gesamtes Startkapital einbringen, so ergibt dies im Topf 36 und verdoppelt 72 Euro und damit einen Endbetrag von 18 Euro für die drei Spieler, die 10 Euro investiert haben. Der Spieler der nur 6 Euro investiert hat, erhält ebenfalls 18 aus dem Gemeinschaftstopf, hat aber dazu noch die 4 nicht-investierten Euro in seinem Besitz und damit einen Endbetrag von 22 Euro.

Das Gemeinwohl-Spiel: *homo oeconomicus*

Aus dem Blickwinkel des *homo oeconomicus* ist es im Gemeinwohl-Spiel *zunächst* sinnvoll, nichts zum Gemeinschaftstopf beizutragen.

Ein *homo oeconomicus* ist ein abstrakter ökonomischer (und spieltheoretischer) Idealtypus, der als „rational" und „egoistisch" angenommen wird. Das heißt: er kümmert sich stets nur um seinen eigenen Pay-off und sucht diesen zu optimieren.

u.a.: Barry, Brian / Hardin, Russell (Eds.) (1982): Rational man and irrational society? Beverly Hills, CA. Sage.

Wenn also die Mitspieler durch eine höhere Investition des *homo oeconomicus* mehr gewinnen könnten, so würde er sich – als egoistischer rationaler Akteur – durch solche Gemeinwohlüberlegungen nicht vom „free-riding" abhalten lassen, und dies selbst dann nicht, wenn alle anderen Mitglieder seiner Gemeinschaft dadurch schlechter fahren.

Im Normalfall entfalten Einzelvorteile in sozialen Dilemmata schnell Vorbildwirkung. Wenn sich die Spieler im Gemeinwohl-Spiel nicht verständigen dürfen, wird nach einigen Spieldurchgängen keiner der Spieler mehr investieren. Das Nicht-Investieren fungiert – wenn das Spiel mehrmals wiederholt wird – gleichsam als *Attraktor*, es stellt ein so genanntes ***Nash-Equilibrium*** dar.

Das Nash-Equlibrium

Vorgeschlagen um 1950 von John F. Nash („A beautyful mind").

Nach dieser Gleichgewichtsvorstellung ist eine spieltheoretische Strategie dann optimal, wenn kein Spieler einen Vorteil hätte, diese Strategie einseitig zu verlassen, solange auch alle anderen ihre jeweiligen Entscheidungen nicht verändern.

Oder anders herum formuliert, die Spieler befinden sich dann in einem Nash-Gleichgewicht, wenn ein einseitiger Entscheidungswechsel eines Spielers dazu führen würde, dass sich sein „Nutzen" (*pay-off*) verringert.

Eine Strategie markiert also dann ein *striktes Nash-Gleichgewicht*, wenn jede der Entscheidungen dieser Strategie die optimale Antwort (sprich die, die den höchsten Pay-off erbringt) auf die jeweils andere Entscheidung darstellt. Ein Nash-Gleichgewicht zeichnet sich dadurch aus, dass sich *kein* Spieler durch eine einseitige Änderung seiner Entscheidung verbessern kann.

Im kontinental-europäischen Straßenverkehr zum Beispiel ist **Rechtsfahren** eine Strategie, die ein (sehr simples) Nash-Gleichgewicht ergibt. Kein Autofahrer hätte etwas davon, diese Strategie zu ändern, solange auch die anderen davon nicht abweichen.

Beispiel Nash-Equilibrium: *Battle of the sexes*

In diesem Spielszenario geht es um ein Paar, Alice und Bob, die einander mögen und gerne ihre Freizeit miteinander verbringen, wobei Alice allerdings lieber ins Theater geht, während Bob das Kino bevorzugt. Beide gehen dabei aber lieber miteinander aus, als auf ihrer Vorliebe zu beharren und alleine im Theater oder Kino zu sitzen. Eine *Pay-off*-Matrix für diese Situation könnte wie folgt aussehen:

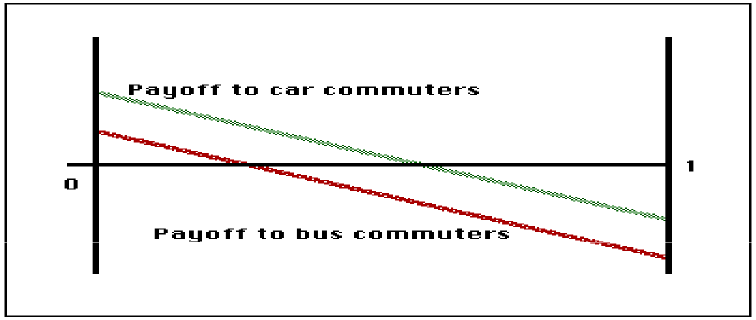
		Alice	
		Theater	Kino
Bob	Theater	1 / 2	0 / 0
	Kino	0 / 0	2 / 1

Sowohl für Alice, wie auch für Bob erbringt ein miteinander verbrachter Abend mehr als ein alleine verbrachter. Beide wollen sich koordinieren, aber beide wollen dies auf unterschiedliche Art. Das heißt, es gibt zwei Strategien (1 / 2 und 2 / 1), bei denen keiner der Akteure etwas davon hätte, einseitig von seiner Entscheidung abzuweichen, solange auch sein Gegenüber nicht abweicht.

Nicht selten kommen in solchen Situationen dann *externe Faktoren* zu tragen, die die Entwicklung zugunsten des einen oder anderen Nash-Gleichgewichts ausgehen lassen. Im Beispiel der links oder rechts fahrenden Verkehrsteilnehmer wäre dies etwa eine zufällige Ungleichheit in der Anfangsverteilung.

Beispiel Nash-Equilibrium: Das Pendler-Spiel - 1

Eine größere Gruppe von Pendlern hat die Wahl, entweder mit dem eigenen Auto oder mit einem öffentlichen Bus zur Arbeit zu fahren. Autofahren erbringt höheren individuellen Nutzen (Pay-off), führt aber zu Verkehrsstaus, wodurch sich der Pay-off wieder vermindert. Busfahren bringt geringeren Pay-off, aber verstopft keine Straßen.



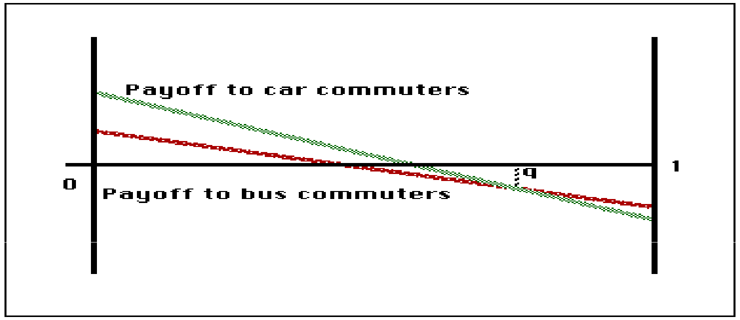
Die horizontale schwarze Linie zwischen 0 und 1 in der Abbildung gibt den prozentualen Anteil der Autofahrer wider. Die vertikalen Linien repräsentieren den Pay-off. Die grüne (höhere) Linie gibt den Pay-off der Autofahrer wider, die rote den der Busfahrer. In diesem Szenario haben die Autofahrer, egal wie groß ihr Anteil ist, immer den höheren Pay-off. Autofahren ist in diesem Szenario eine *dominante Strategie* und ein *dominantes Strategien-Gleichgewicht* besteht darin, dass alle Autofahren. Wenn sich freilich zu viele Pendler für das Auto entscheiden, ist ihr Pay-off negativ, während, wenn alle Busfahren würden, ihr Pay-off positiv wäre.

Wenn sich also alle für jene Strategie entscheiden, nach der sie meinen individuell am besten zu fahren, so fahren sie in der Tat schlechter als möglich.

McCain's, Roger ( ): Game Theory: A Nontechnical Introduction to the Analysis of Strategy: unter: http://william-king.www.drexel.edu/top/eco/game/game-toc.html

Beispiel Nash-Equilibrium: Das Pendler-Spiel - 2

In einem etwas variierten Szenario lässt sich nun annehmen, dass Busfahren nicht ganz so Staugefährdet ist wie Autofahren. In manchen Stadtteilen könnte es zum Beispiel eigene Busspuren geben, die ein Vorwärtskommen gewähren, auch wenn die Autos still stehen.



In diesem Szenario wird also der Busverkehr zwar auch, aber weniger stark von den Autos behindert. Der Pay-off der Busfahrer sinkt langsamer als der der Autofahrer. An der Schwelle *q* überholt das Sinken des Autofahrer-Pay-off das des Busfahrer-Pay-off und für höhere Autofahreranteile (rechts von *q*) erzielen Autofahrer einen deutlich niedrigeren Pay-off als Busfahrer.

Das Spiel hat damit kein *dominantes Strategien-Gleichgewicht* mehr. Aber es hat ein ***Nash-Gleichgewicht*** und zwar an der *q*-Schwelle. Wenn nämlich bei dieser Relation ein Busfahrer auf Auto umsteigt und damit also die Ratio in jene Region verschiebt, in der Autofahrer schlechter abschneiden, so schneidet natürlich genau diese Person, dieser vormalige Busfahrer eben schlechter ab. Sein Pay-off ist damit nun niedriger. Auf der anderen Seite würde auch ein Autofahrer, der an der *q*-Schwelle auf Bus umsteigt, die Ratio nach links verschieben und damit ebenfalls schlechter abschneiden als zuvor. Das heißt, niemand kann sich verbessern, indem er einseitig die Strategie wechselt - ein *Nash-Gleichgewicht* .

Ein Nash-Equilibrium muss nicht ideal und nicht fair sein!

Im Pendler-Spiel wären alle besser bedient, würden sie mit dem Busfahren (die rote Linie im Punkt Null liegt deutlich höher als der Schnittpunkt von grün und rot an der Schwelle *q*) Allerdings wird dies, wenn jeder im Hinblick auf seinen Eigennutzen agiert, ohne Koordination nicht geschehen. Der individuelle Eigennutzen, der Pay-off fürs Autofahren bleibt bis zur q-Schwelle höher.

Darüber hinaus könnte auch in einem Nash-Equilibrium ein Spieler sehr hohen Gewinn erzielen und viele andere nichts oder so wenig, dass die Summe der Pay-offs immer noch höher ist, als die Summe von „*fairen*“, weil gleich-niedrigen Pay-offs.

Auf Fragen der Fairness und der Verteilung in spiel-theoretischen Kontexten antworten u.a. die **Pareto-Verbesserung** und das **Pareto-Optimum**

Die Pareto-optimale Strategie

nach Vilfredo Pareto (1848-1923)

Eine Strategie ist dann *Pareto-optimal*, wenn es keine andere Strategie gibt, bei der zumindest ein Spieler besser und gleichzeitig kein Spieler schlechter abschneidet.

Zum leichteren Verständnis dieses *Pareto-Optimums* hilft es, sich zunächst die ***Pareto-Verbesserung*** vor Augen zu führen. Sie ist dann gegeben, wenn in einer Strategie eine Option so verändert wird, dass der Spieler, der diese Änderung vornimmt, höheren Gewinn erzielt, *während gleichzeitig kein anderer Spieler schlechter fährt*.

Wenn nun in einer Strategie keine solche Pareto-Verbesserung mehr vorgenommen werden kann, so ist diese Strategie eben *Pareto-optimal*.

Die gegebene soziale Situation ermöglicht es in diesem Fall keinem Spieler, sich zu beschweren, dass er besser abschneiden könnte und dabei ohnehin Niemandem anderen Schaden zugefügt würde. Sie ist in diesem Sinne *fair*. In der gegebenen Situation können keine (für irgendjemand) besseren Entscheidungen getroffen werden, ohne dass irgendjemand anders schlechter gestellt würde. In der Ökonomie wird diesbezüglich auch von ***Pareto-Effizienz*** gesprochen.

Die Stabilitätsfrage im Gemeinwohlspiel

Anders als das Nash-Gleichgewicht ist das Pareto-Optimum allerdings nicht stabil.
(Egoistische Spieler kümmern sich nicht darum, ob aufgrund ihrer Entscheidungen irgendjemand anders schlechter fährt. Sie versuchen stur ihren eigenen Gewinn zu optimieren.)

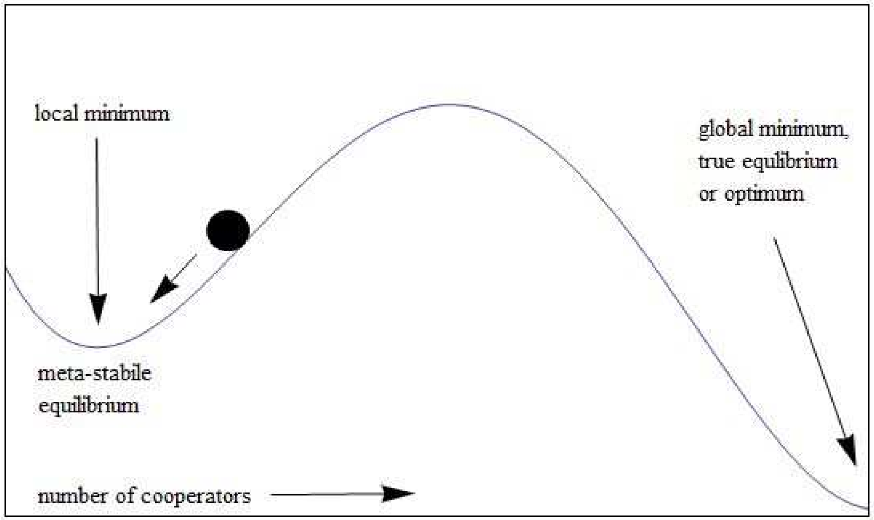
Im Gemeinwohlspiel ist das Nicht-investieren dagegen unliebsam beharrlich. Nach einigen Wiederholungen (*Iterationen*) investiert niemand mehr, weil er befürchten muss, dass auch die anderen nicht investieren. Nicht-Investieren markiert damit ein so genanntes ***lokales Minimum.***

Wenn aber *niemand* investiert, haben alle weniger, als wenn zumindest einige investieren oder wenn – als optimale Lösung – alle Alles investieren. Letzteres markiert damit ein so genanntes ***globales Minimum.***

Die Stabilitätsfrage im Gemeinwohlspiel

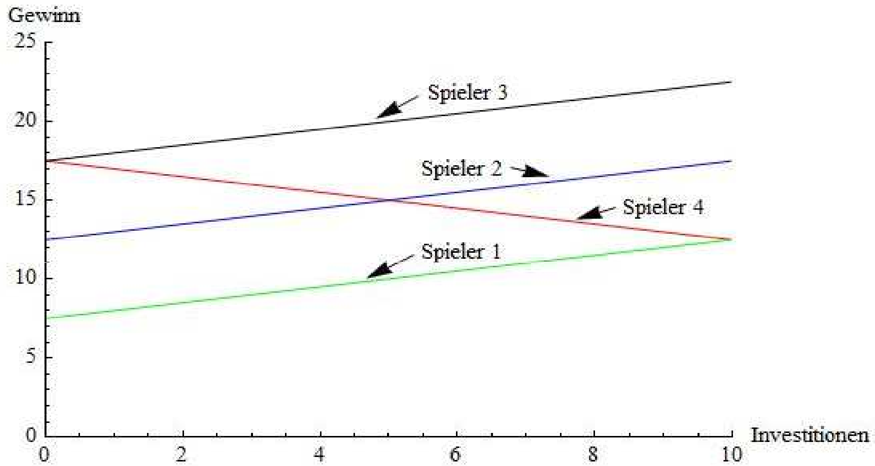
Diese Situation lässt sich anhand des Verhaltens einer Kugel vorstellen, die auf einer wellenförmigen Oberfläche zu liegen kommt und, der Schwerkraft folgend, in das ihr nächstliegende Tal rollt. Die Oberfläche des Gemeinwohl-Spiels hat zwei *Minima*. Zum einen ist dies das nur *lokale Minimum*, in dem Nichts mehr investiert wird. Die Kugel findet hier ein so genanntes ***meta-stabiles Gleichgewicht***. Darüber hinaus gäbe es allerdings eben noch das *globale Minimum*, in dem alle Alles investieren und die Kugel damit ein (für diese Situation) endgültiges Gleichgewicht finden würde.

Zwischen diesem optimalen globalen Minimum und dem nur suboptimalen lokalen Minimum liegt allerdings ein relativ steiler Berg an höchst unwahrscheinlichen Investitionskonstellationen.



Investitionskonstellationen im Gemeinwohlspiel

Wenn zum Beispiel Spieler 1 seine gesamten 10 Euro investiert, Spieler 2 nur 5 Euro investiert und Spieler 3 überhaupt nichts, so sehen die Gewinne je nach Investition von Spieler 4 wie folgt aus:



Wenn also Spieler 4 nichts investiert, ist sein Gewinn so hoch wie der von Spieler 3. Wenn Spieler 4 fünf Euro investiert, ist sein Gewinn so hoch, wie der von Spieler 2, und wenn er seine gesamten 10 Euro investiert, so hoch wie der von Spieler 1.

(Investition von Spieler 1 = 10, Spieler 2 = 5, Spieler 3 = 0 und Spieler 4 variiert von 0 bis 10)

Der Gewinn jedes Spielers hängt davon ab, was die anderen tun.

Veranschaulichung Gleichgewichte
Beispiel: Schwein und Schweinchen

Zwei Schweine sind gemeinsam in einem Stall untergebracht und können sich über eine Hebelvorrichtung selbst mit Futter versorgen. Der Hebel befindet sich an einem Ende des Stalls und füllt, wenn er bewegt wird, Futter in einen Trog, der sich am anderen Ende des Stalls befindet. Das eine der beiden Schweine ist dick und behäbig, das andere jung und agil.

Wenn nun das dicke Schwein den Hebel drückt, hat das kleine Schwein die Chance, bereits beim Trog bereit zu stehen und einen Teil des Futter zu fressen, bevor sich das dicke Schwein umwenden, zum Trog laufen und es beiseite drängen kann. Wenn demgegenüber das kleine Schwein den Hebel drückt, hat es diese Chance nicht. Das dicke Schwein lässt es nicht an den Trog. Wenn beide den Hebel drücken, ist das kleine Schwein schneller beim Trog und schafft es, ein wenig zu fressen, bevor es verdrängt wird.

Eine Pay-off-Matrix für dieses Spiel könnte wie folgt aussehen:

		Dickes Schwein	
		Tut nichts	Bewegt Hebel
Junges Ferkel	Tut nichts	0 / 0	5 / 1
	Bewegt Hebel	-1 / 6	1 / 5

Veranschaulichung Gleichgewichte
Beispiel: Schwein und Schweinchen

Dominante Option für junges Ferkel: „tut nichts"

Gemeinwohl-Lösungen: *„tut nichts" / „bewegt Hebel"* und *„bewegt Hebel" / „bewegt Hebel"*, (also (5 / 1) und (1 / 5), gemeinsam 6)

Pareto-optimale Lösungen: *„tut nichts" / „bewegt Hebel"*, *„bewegt Hebel" / „bewegt Hebel"* und *„bewegt Hebel" / „tut nichts"*, (also (5 / 1), (1 / 5) und (-1 / 6)).

Keines der Schweine kann sich von diesen Strategien aus verbessern, ohne gleichzeitig dem anderen zu schaden.

Nash-Gleichgewicht: „tut nichts" / „bewegt Hebel"), (also (5 / 1)).

Solange auch das je andere Schwein sein Verhalten nicht ändert, hat keines etwas davon, eine andere Entscheidung zu treffen.

Auf längere Sicht läuft das Verhalten der Schweine auf das Nash-Gleichgewicht hinaus. Tierversuche zeigen, dass sich dieses Verhalten nach mehreren Durchgängen einpendelt.

Noch ein paar Beispiele: Das 100 Euro-Spiel

Mehrere Spieler schreiben eine Zahl zwischen 1 und 1000 auf ein Blatt Papier. Wer die höchste Zahl niedergeschrieben hat, gewinnt. Der Gewinn bestimmt sich als 100 Euro dividiert durch die niedergeschriebene Siegerzahl.

Selten beträgt der Gewinn mehr als ein paar Euro.

Das Studenten-Dilemma

Ein Lehrer kündigt den Studenten an, ihnen unter bestimmten Bedingungen Extrapunkte für ihren Lernerfolg zukommen zu lassen. Sie müssen dazu auf einem Blatt Papier aufschreiben, ob sie lieber drei oder sieben Punkte erhalten würden.

Versprochen wird, dass jeder kriegt, was er niederschreibt, solange nicht mehr als 40% der Klasse sieben Punkte haben wollen. Wenn dies der Fall ist, werden keine Punkte vergeben.

Zum Setting und den Resultaten des Experimentes: http://perspicuity.net/sd/carter/carter-a.html

Die Euro-Auktion

20 Euro werden versteigert. Wer am höchsten bietet, erhält die 20 Euro. Und: auch der Zweitplazierte muss sein Angebot bezahlen, erhält aber nichts.

Weil in diesem Spiel der jeweils Zweite großen Anreiz hat, nicht dumm da zu stehen und ein relativ hohes Gebot für gar nichts zu bezahlen, werden mitunter über 50 Euro und mehr für 20 Euro geboten. Der jeweils Zweite bietet also oft weiter, auch wenn bereits weniger als das Gebot gewonnen werden kann.

Die optimale Strategie in diesem Spiel ist, nicht zu bieten, oder der einzige zu sein, der bietet. Oder: niemand ist bereit über niedrige Angebote hinaus zubieten.

Nicht selten spielt hier die Emotion eine größere Rolle als der eigentliche Geldverlust. Spieler, die einmal verloren haben, versuchen oftmals in wiederholten Spielgängen ihren Verlust wieder gut zu machen, was sie in der Regel noch schlechter aussteigen lässt. Involvement generiert weiteres Involvement. Je mehr verloren wird, umso höher das Bedürfnis, den Verlust auszugleichen. (*escalating commitment*)

Murninghan, Keith J. (1992): *Bargaining Games*, William Murrow and Company.

Fairness 1: Das Ultimatum-Spiel

„***Irrationalitäten***“, wie Emotionen, spielen in Fairness-bezogenen sozialen Dilemmata eine große Rolle. Der *homo oeconomicus* agiert hier in der Regel nur unter „bounded rationality“

Im **Ultimatum-Spiel** wird einer Versuchsperson eine größere Summe Geld unter der Bedingung geschenkt, dass sie einem Mitspieler – der ebenfalls über den Spielverlauf informiert wird – einen Teil davon abgibt, den dieser als legitim akzeptiert. Lehnt der Mitspieler den angebotenen Teil als zu niedrig ab, so erhält auch der erste Akteur nichts.

Obwohl es für den Mitspieler – dem Prinzip des *homo oeconomicus* folgend – eigentlich rational wäre, jede erdenkliche Teilsumme zu akzeptieren – sogar ein Cent ist ja mehr als gar nichts –, zeigen Versuche, dass Menschen unseres Kulturkreises in der Regel erst ein Angebot, das der 50-Prozent-Marge nahekommt, zu akzeptieren bereit sind. Sie verhalten sich also deutlich nicht wie der ökonomische Idealtypus des *homo oeconomicus*.

Fairness 2: Das Vertrauens-Spiel

Von zwei Spielern wird einer per Zufall als Investor und der andere als Vertrauensperson (*Trustee*) ausgewählt. Der Investor erhält vom Spielleiter eine bestimmte Summe (z.B. 10 Euro), die er investieren kann. Investieren bedeutet, dem *Trustee* entweder die ganze Summe, einen Teil davon oder gar nichts zu geben. Was immer der Trustee erhält wird sodann vom Spielleiter mit dem Faktor (1 + r) multipliziert (meistens gilt r = 2, sodass die investierte Summe verdreifacht wird). Der Trustee kann sodann diese Geldmenge zur Gänze, einen Teil davon oder gar nichts an den Investor zurückgeben.

Das Experiment wird *double blind* durchgeführt, das heißt es wird so gestaltet, dass Investor, Trustee und Spielleiter völlig anonym bleiben und dies auch wissen. D.h., keiner der Spielteilnehmer rechnet mit späteren Heimzahlungen einer etwaigen unterlassenen Zahlung. Alle Spielteilnehmer sind auch vollständig über den Spielverlauf informiert.

Bei Tests zeigt sich, dass diejenigen Investoren, die mehr als die Hälfte, also mehr als 5 Euro investieren, in der Regel auch mehr als sie investieren, zurückerhalten. Diejenigen, die weniger als 5 Euro investieren, erhalten deutlich weniger zurück. Die *trustees* geben also fehlendes Vertrauen in der Regel zurück. Im Schnitt schneiden jene Investoren, die am meisten Vertrauen zeigen, bei diesem Spiel am besten ab.

Berg, Joyce / Dickhaut, John / McCabe, Kevin (1995): Trust, Reciprocity and Social History; in: Games and Economic Behavior 10(1), p. 122-142.

Fairness 3: Das Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Spiel

Versuchspersonen werden per Zufall in zwei ungleich große Gruppen geteilt und auf zwei separate Räume verteilt, in denen sie die je andere Gruppe nicht sehen und sich mit ihr nicht direkt verständigen können. Die größere Gruppe repräsentiert – ohne dies selbst zu wissen – „Arbeitnehmer“, die, wenn sie ein Lohnangebot eines Vertreters der anderen Gruppe, der „Arbeitgeber“, akzeptieren, angestellt werden und damit eine Arbeitsleistung in Form eines Teils ihres Lohns erbringen müssen, die sie, oberhalb einer festgelegten Mindestleistung, selbst bestimmen können.

Die „Arbeitgeber“ (AN) beginnen das Spiel mit telefonischen Lohnangeboten an die „Arbeitnehmer“ (AG). Auch die Lohnangebote können frei gewählt werden, müssen sich aber ebenfalls über einem Mindestlohnniveau bewegen. Die AN sind mehr als die AG. Es herrscht also ein AN-Überangebot. Wer immer aus der Gruppe der AN ein Lohnangebot zuerst akzeptierte, erhält einen bindenden Vertrag und wird angestellt.

Im zweiten Schritt werden die AN aufgefordert festzulegen, wie viel Leistung sie über die Mindestleistung hinaus für ihren jeweiligen Lohn erbringen wollen. Ihr Leistungsangebot bleibt anonym und ist mit keinerlei Sanktionen oder Folgewirkungen verbunden.

Nach neoklassischen Annahmen sollten bei diesem Experiment sowohl AG wie auch AN versuchen, ihre Kosten zu minimieren, sprich so wenig wie möglich Lohn und Leistung anzubieten. Die AN werden obendrein im Bewusstsein der Möglichkeit überhaupt leer auszugehen zur schnellen Annahme der Angebote gezwungen, was die AG nutzen können, um nur den Mindestlohn zu bieten.

Im Test zeigt sich, dass sowohl die AG im Schnitt um 40% mehr als den Mindestlohn bieten. Und auch die AN erbringen im Schnitt rund viermal so viel Leistung wie die Standardtheorie des *homo oeconomicus* vorhersagt.

Fehr, Ernst / Kirchsteiger, Georg / Riedl, Arno (1993): Does Fairness Prevent Market Clearing? An Experimental Investigation. Quarterly Journal of Economics CVIII. p. 437–460.

Der Klassiker II. Das Gefangenen-Dilemma

1950er Jahren von Merrill Flood und Melvin Dresher, zwei Mitarbeitern der *RAND-Corporation*, einer Denkfabrik zur Beratung der Streitkräfte der USA, formuliert und vom US-Mathematiker Albert William Tucker benannt.

Zwei Verdächtige werden von der Polizei verhaftet und voneinander isoliert inhaftiert. Es liegen eine Reihe von Indizien, aber keine Beweise gegen sie vor. Die Polizei beschließt folgenden Handel: wenn ein Verdächtiger gegen den anderen aussagt (ihn „betrügt“), so dass dieser verurteilt werden kann, dieser seinerseits aber nicht gegen den anderen aussagt, so geht der Aussagende sofort frei, während der Verurteilte 10 Jahre Haft erhält. Wenn beide gegeneinander aussagen, so erhalten beide eine Gefängnisstrafe von 5 Jahren. Wenn dagegen beide schweigen („kooperieren“), so können sie beide nur zu einer geringen Haftstrafe von sechs Monaten verurteilt werden.

Rapoport, Anatol / Chammah, Albert M. (1965): *Prisoner's Dilemma*. University of Michigan Press.

Axelrod, Robert / Hamilton, William D. (1981): The Evolution of Cooperation; in: *Science*, 211 (4489): p. 1390-1396.

Das Gefangenen-Dilemma: Pay-offs

Jeder Spieler hat zwei Entscheidungsmöglichkeiten: schweigen („*kooperieren*“) aussagen („*betrügen*“). Die Nutzenbilanz bei fehlender Information über das Verhalten des jeweils anderen reiht eindeutig den „einseitigen Betrug“ (mit 0 Jahren Gefängnis) vor Kooperation (mit ½ Jahr Gefängnis), diese allerdings vor „gegenseitiges Betrügen“ (5 Jahre Gefängnis) und vor „Betrogen-Werden“ (10 Jahre Gefängnis).

		Gefangener 2	
		Schweigen (Kooperation)	Aussagen (Betrug)
Gefangener 1	Schweigen (Kooperation)	-1/2 / -1/2	-10 / 0
	Aussagen (Betrug)	0 / -10	-5 / -5

Formal: *R* = „*reward*“ (Belohnung für Kooperation), *T* = „*temptation*“, (Versuchung zu betrügen), *P* = „*punishment*“ (Bestrafung für beiderseitiges Betrügen) und *S* = „*sucker's pay off*“, (Ergebnis für das gutgläubige Opfer eines Betrugs) ***T > R > P > S***

		Spaltenspieler	
		Kooperation	Betrug
Zeilenspieler	Kooperation	R = 3 / R = 3	S = 0 / T = 5
	Betrug	T = 5 / S = 0	P = 1 / P = 1

Das Gefangenen-Dilemma: Lösungen

Dominante Option: „betrügen"

Gemeinwohl-Lösung: *„kooperieren" / „ kooperieren",* (3 / 3)

Nash-Gleichgewichte: „kooperieren" / „kooperieren", und „betrügen" / „betrügen", (3 / 3 und 1 / 1).

Solange der je andere Gefangene sein Verhalten nicht ändert, hat keiner etwas davon, eine andere Entscheidung zu treffen.

Da für beide „*betrügen*" die dominante Option ist, läuft das Verhalten der Gefangenen auf längere Sicht, das heißt nach *Wiederholungen der Situation* auf das Nash-Gleichgewicht „*betrügen / betrügen*" hinaus.

Das Gefangenen-Dilemma: Lösungen

Es lohnt sich (vom Standpunkt eines *homo oeconomicus* betrachtet) zu betrügen, wenn anzunehmen ist, das Gegenüber wird kooperieren, und es ist immerhin noch besser, ebenfalls zu betrügen, wenn anzunehmen ist, das Gegenüber wird betrügen.

Es lohnt sich also zu betrügen, solange ***keine Information*** darüber vorliegt, wie sich das Gegenüber verhalten wird.

Die Frage „Wie entsteht Kooperation?“ wird damit zur Frage „Wie entsteht *Information über das wahrscheinliche Verhalten des Gegenübers?“*

Das iterierte (wiederholte) Gefangenen-Dilemma

Wenn Spieler mehrmals miteinander konfrontiert werden, so könnten sich *Kooperationsangebote* auszahlen. (Gemeinwohl ist höher als beiderseitiger Betrug).

Wenn freilich nicht immer kooperiert wird, könnte es sinnvoll sein, *Strategien* zu entwickeln, in welcher Weise oder Reihenfolge kooperiert, bzw. betrogen werden soll. Und wenn solche Strategien vorliegen, stellt sich die Frage, welche die beste von ihnen ist.

„**Tournier**“ von Robert F. Axelrod Anfang der 1980er Jahre – Aufruf in *Scientific American,* Strategien (als Computerprogramme) einzureichen.

Sieger: *Tit for Tat* (*TFT*): in der ersten Konfrontation wird „kooperiert“, dann wird das Verhalten des Gegenübers in der je vorhergehenden Runde kopiert.

Axelrod, Robert. (1984): *The Evolution of Cooperation.* New York: Basic Books

Tit-for-Tat unter Stichlingen

Stichlinge – eine Fischart – wurden in ihrem Aquarium mit einem sich hinter einer Glaswand in einem anderen Aquarium befindlichen Buntbarsch, einem Raubfisch, konfrontiert. Gleichzeitig wurde ihnen von einem Spiegelsystem ein Begleiter der eigenen Art simuliert, der sich entweder „betrügerisch“ oder „kooperativ“ verhielt.

Stichlinge versuchen gewöhnlich, zunächst Informationen über mögliche Feinde zu erhalten. Dazu wechseln sie sich, wenn sie als Paar oder Gruppe unterwegs sind, in einer Art ruckartigem Vorschwimmen ab, bei dem nach jeder einzelnen Vorschwimmaktion die Führungsposition gewechselt wird. Für jeden der Beteiligten wäre es dabei allerdings sicherer, den anderen zuerst vorschwimmen zu lassen und die Führungsrolle sodann nicht zu übernehmen, sprich also zu „betrügen“. Auf längere Sicht wird dies mit niedrigerem Informations-payoff (als *Gemeingut*) bezahlt.

Im Experiment wurde den Stichlingen „kooperatives“, wie auch „betrügerisches“ Verhalten in Form einer Spiegelprojektion vorgeführt. Stichlinge mit „kooperierendem Spiegel“ hielten sich zwei mal so häufig in der (unsichereren) vorderen Hälfte des Aquariums auf wie die mit „betrügerischem Spiegel“. Sie schienen also *Tit-for-Tat* zu adaptieren.

Im Fall *direkter Reziprozität* kamen „kooperierende“ Fische also deutlich näher an den Räuber heran als „betrügende“. Ihr Informationsstand über den Räuber (das *Gemeingut*) war deutlich besser.

Milinski, Manfred (1987): TIT FOR TAT in sticklebacks and the evolution of cooperation, Nature, Vol. 325, S. 433-435.

Indirekte Reziprozität: Kooperation mittels Reputation

Am Computer generierte Agenten haben die Wahl, einem anderen Agenten entweder zu „helfen“ (zu „kooperieren“) oder nicht. In zufälliger Reihenfolge sind sie einmal Empfänger, ein anderes Mal Geber einer „guten Tat“.

Als Pay-off bezieht der Geber die Kosten *c* seiner Tat und der Empfänger die Benefits *b*, wobei $b > c$. Wenn der Geber nicht hilft, erhalten beide 0 Punkte. Dieser Pay-off bestimmt die Fitness der Agenten.

Darüber hinaus hat jeder Spieler einen **Reputationsscore** *s*, den jeder andere Spieler kennt. Wenn ein Spieler als Geber gewählt wird und sich zu helfen entscheidet, so wird *s* um einen Punkt erhöht. Wenn er nicht hilft, wird *s* um einen Punkt vermindert. Der Score des Empfängers verändert sich nicht.

Die Sim beginnt mit 100 Agenten mit zufällig zwischen -5 und +5 zugewiesenen Reputationsscores, und überdies einer „Strategie“ *k*, die ebenfalls zufällig zwischen -5 und +6 variiert. Agenten mit der Strategie *k* kooperieren nur dann, wenn ihr Gegenüber, der Empfänger, eine Reputation hat, die mindestens die Höhe *k* hat. Agenten mit der Strategie -5 werden also bedingungslos immer „kooperieren“. Agenten mit der Strategie +6 dagegen, werden immer „betrügen“.

Am Ende jeder Generation hinterlassen die Agenten proportional zu ihrer Payoff-Fitness Nachfolger, deren Reputationsscores bei "Geburt" auf Null stehen, deren Strategie *k* aber der der "Eltern" entspricht. Die Zahl der Konfrontationen in jeder Generation ist begrenzt und die Chance, dass ein Agent zweimal auf den selben Kontrahenten trifft, damit sehr gering. Kooperationsbereitschaft kann also nicht direkt vermittelt werden. Direkte Reziprozität funktioniert nicht.

Trotzdem kann sich, abhängig von Ausgangsgröße und -konstellation der Strategien, Kooperation nach mehreren Generationen stabil etablieren. Sie wird durch Reputation vermittelt.

Nowak, Martin A. / Sigmund, Karl (1998): Evolution of indirect reciprocity by image scoring, Nature, Vol. 393, S. 573.577.

Indirekte Reziprozität unter Menschen

Um das Ergebnis mit menschlichen Probanden zu testen, wurden Studenten im Wissen, nicht zweimal auf den selben Spieler zu treffen, in Gemeinwohl-Spielartigen Geber-Nehmer-Spielen miteinander konfrontiert. Sie spielten unter einem Pseudonym und entschieden über verdeckte Schalter, ob sie dem gegenüber "helfen" sollten oder nicht. Ihr Reputationsscore, den sie durch Geberbereitschaft erzielten, wurde für alle Mitspieler sichtbar aufgelistet und laufend aktualisiert. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich die Studenten in der Regel "kooperativ" verhielten und auch umso höher investierten, je höher der Reputationsscore des Gegenübers war.

Wedekind, C. / Milinsky, Manfred (2000): Cooperation through image scoring in humans; in: Science 288, p.850-852.

In einer Erweiterung des Versuchs wurden Studenten sodann in zwei Gruppen geteilt, von denen die eine zunächst acht Runden lang das gewöhnliche Gemeinwohl-Spiel absolvierte und danach nochmals acht Runden die Variante mit Reputationsgewinn spielten. Die andere Gruppe wechselte zwischen gewöhnlicher und reputationsgewinnender Gemeinwohl-Spiel-Variante. Wie zu erwarten brach in der ersten Gruppe die Kooperationsbereitschaft nach den ersten paar Runden deutlich ein, um dann in der reputationsgewinnenden Variante wieder aufgebaut zu werden. In der zweiten Gruppe, in der die beiden Varianten abwechselnd gespielt wurden, blieb das hohe Anfangsniveau der Kooperationsbereitschaft den gesamten Spielverlauf hindurch aufrecht.

Milinski, Manfred / Semmann, Dirk / Krambeck, Hans-Jürgen (2002): Reputation helps solve the "tragedy of the commons"; in: Nature 415, p. 424-426.

Kooperation durch Bestrafung I

Kooperation wird wahrscheinlich, wenn *Free-Rider* (Betrüger) bestraft werden.

Bestrafung verursacht allerdings Kosten, und birgt damit die Frage, wer diese Kosten übernimmt.

Es ergibt sich **ein weiteres *soziales Dilemma***:
Zwar haben alle etwas davon, wenn Betrug verhindert wird. Aber will der Einzelne die Kosten dafür tragen?

Die Bestrafung von Betrügern stellt also ein "**Second-order-Gemeingut**" dar.

Kooperation durch Bestrafung II – „altruistisches Bestrafen“

Fehr und Gächter (2002) untersuchten „*altruistisches Bestrafen*“ – Bestrafung, die durchgeführt wird, obwohl sie kostspielig ist und keinen materiellen Nutzen für die Bestrafer erbringt.

<u>Gemeinwohlspiel-Experiment mit zwei Gruppen</u>: eine davon durfte, wenn die Spieler der Meinung waren, dass jemand zu niedrig investierte, bestrafen.

Die Konfrontationen wurden 6x mit unterschiedlichen Spielern so wiederholt, dass niemand zweimal auf die selben Spieler traf.

Bestraft wurde anonym. Ein Strafpunkt kostete dem Bestraften 3 Euro und dem Bestrafer 1 Euro.

In der Regel erhöhte ein Bestrafter in der nachfolgenden Runde seine Investition. Da diese Runde aber mit neuen Partnern gespielt wurde, hatte der Bestrafer davon nichts. Er trug nur die Kosten der Bestrafung (1 Euro) - sie erhöhte nur den Gewinn zukünftiger Gruppen, blieb also für den Bestrafer rein „altruistisch“.

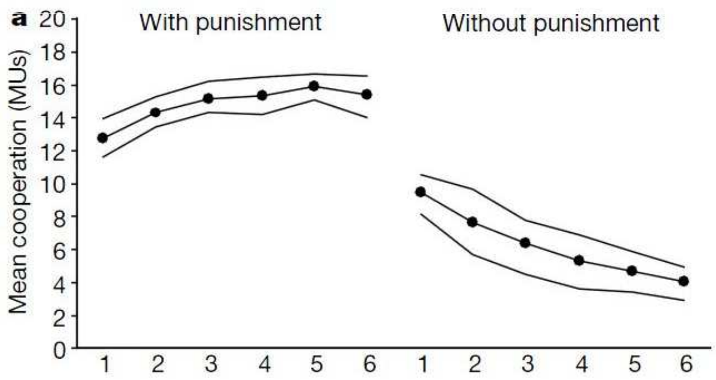
Fehr, Ernst / Gächter, Simon (2002): Altruistic punishment in humans; in: Nature 415, p.137-140.

Kooperation durch Bestrafung II

Trotzdem wurde intensiv bestraft.

Die Strafen fielen umso höher aus, je weiter das Investment des Bestraften unter den Durchschnitt der Investments der anderen fiel. Als Konsequenz war das Gesamteinkommen jener Spieler am höchsten, deren Investitionsverhalten dem Durchschnitt der Investitionsverhalten am nächsten kam.

Der Vergleich der beiden Gruppen zeigte, dass die Bestrafungsmöglichkeit die Investitionsbereitschaft signifikant hebt:



Fehr und Gächter führen das "kostspielige Bestrafungsverhalten" auf "*negative Emotionen*" gegenüber Betrügern zurück, deren sich auch die Betrüger selbst bewusst sind. Sie reagieren deshalb in der Regel schon auf die Möglichkeit bestraft zu werden mit erhöhtem Investitionsverhalten.

Kooperation: die evolutionäre Lösung 1

Eine von Robert Axelrod (1987) computer-generierte Agenten-Population sieht Erinnerung der Ergebnisse der letzten drei Konfrontationen vor, die die Strategie für die jeweils nächste Konfrontation bestimmen („*memory three*-Strategien“). Aus der Kombination dieser Erinnerungen und weiteren sechs Bits, die aus den Resultaten Informationen über den jeweiligen Eröffnungszug bereitstellen, wird ein „Chromosom“ für jeden Agenten generiert, das dessen Strategie festlegt.

Beginnend mit einer Anfangspopulation von 20 Agenten mit zufällig erzeugten 70-Bit Chromosomen (bzw. Chromosomen mit 70 Genen), die alle gegen alle spielen, wird aus dem durchschnittlichen Erfolg in 151 Konfrontationen mit den anderen 19 Agenten eine „Fitness“ bestimmt. Entsprechend dieser Fitness vermehren sich die Agenten und vererben ihre Chromosomen über „*crossover*“ und „*mutation*“.

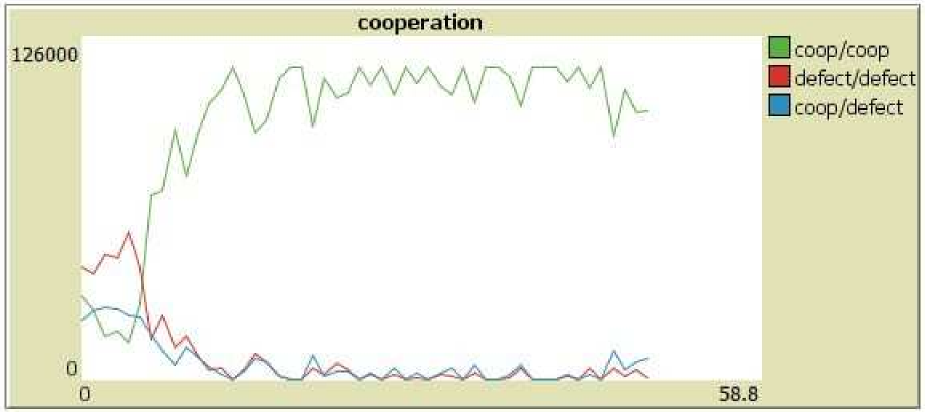
„Crossover“ bestimmt das neue Chromosom aus zwei Elternchromosomen, die an der selben zufallsbestimmter Stelle zerschnitten und deren Teile sodann zusammengesetzt werden. Der Agent erbt somit Teil des Vater- und Teil des Mutterchromosoms – eine simplifizierte Version biologischer Rekombination von Chromosomen.

„Mutation“ ändert sodann einen sehr kleinen Teil des Chromosoms (ein oder einige Gene).

Axelrod, R. (1987): The Evolution of Strategies in the iterated Prisoner’s Dilemma; in: Davis, L. (ed.): Genetic Algorithms and Simulated Annealing. London (Pitman).

Kooperation: die evolutionäre Lösung 2

In der Simulation entwickelt sich die Population zunächst von kooperativem Verhalten eher weg. Die weniger kooperativen Strategien schneiden besser ab, weil es zunächst wenige andere kooperative Strategien gibt, mit denen sie punkten können. Erst mit der Zeit – nach 10 bis 20 Generationen – entwickeln manche Strategien Muster, auf kooperative Agenten reziprok zu reagieren. Je mehr sich diese stabilisieren, um so besser schneidet die Kooperation ab und wird damit zur stabil weitervererbten Strategie.



Das demografische Gefangenen-Dilemma I

Joshua Epstein (2006) schlägt folgende Version des Gefangenen-Dilemmas vor:

Computer-generierte Agenten bewegen sich auf einem 30x30-Felder großen Torus und interagieren mit ihren Nachbarn. Jeder Agent ist mit den Attributen „Sichtweite", „Wohlstand", „Alter" und „Strategie" ausgestattet und folgt der Regel: bewege dich zu einem freien Spielfeld innerhalb deiner Sichtweite und spiele deine Strategie („kooperieren" oder „betrügen") gegen alle dort sich befindenden Nachbarn.

Der Agent und seine Nachbarn beziehen Pay-offs aus ihrem Spiel, die der Regel T > R > 0 > P > S folgen, also (anders als bei Axelrod) auch *negativ* werden können, z.B. T = 6, R = 5, P = -5, S= -6, und die akkumuliert ihren „Wohlstand" ergeben .

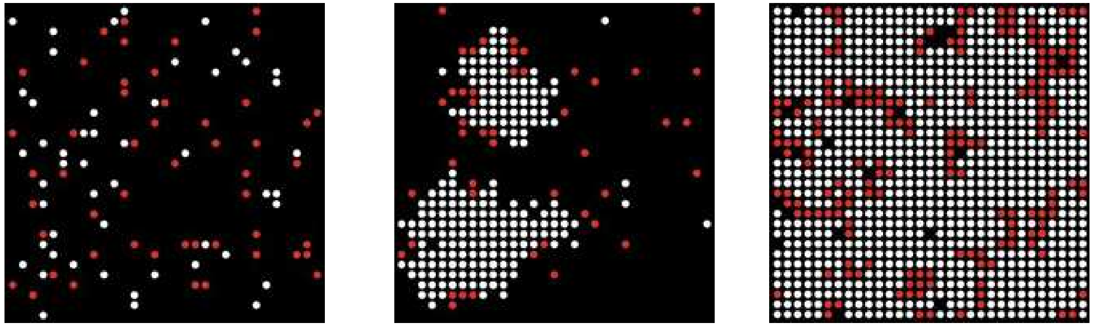
Sinkt der Wohlstand unter 0, so stirbt der Agent (er scheidet aus), steigt er über 10, so „gebiert" der Agent einen Nachfolger, der seine Strategie, seine Sichtweite und einen Teil seines Wohlstandes erbt (6 Punkte).

Epstein, Joshua M. (1998): Zones of Cooperation in Demographic Prisoner's Dilemma, in: Complexity 4 (2): p. 36-48.

Epstein, Joshua M. (2006): Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling. Princeton.

Das demografische Gefangenen-Dilemma II

In diesem Setting beginnen sich nach 15 Spieldurchgängen (*steps*) deutlich wahrnehmbare Nachbarschaften von Kooperatoren (weiß) zu bilden, die sich nach 50 Durchgängen zu einer von einzelnen Betrüger-Inseln (rot) durchbrochenen Gesamtbesiedlung des Spielfelds auswächst, die als solche stabil bleibt.



Kooperation kann sich also auch in Populationen von füreinander ununterscheidbaren Agenten ohne jegliches Gedächtnis durchsetzen und dominieren.