

Zur Emergenz von Kooperation Die Information des *homo oeconomicus*

von Manfred Füllsack

Vortrag im Rahmen der 2. Interdisziplinären Universitätstagung und des Charles Darwin Forums der Wiener Vorlesungen, „[Der „Homo Sociobiologicus“: Evolution der Kooperation beim Menschen. Soziobiologie, Verhaltensbiologie, Sozialwissenschaften, Anthropologie und Philosophie im Dialog](#)“ am 29. Mai 2009 an der Universität Wien.

1755 hat Jean-Jacques Rousseau in einer Schrift über die Ursprünge der Ungleichheit¹ ein Problem für die Jagd nach Hirschen markiert, das als zentral für die Frage der Emergenz von Kooperation betrachtet werden kann. Die Jäger sind nur dann in der Lage, das als Nahrungsressource sehr einträgliche Großwild zu stellen, wenn wirklich alle Jäger konzentriert bei der Sache und das heißt an den ihnen zugewiesenen Treibjagdpositionen bleiben. Einen Hasen zu erlegen würde demgegenüber auch alleine gelingen und das Auskommen des einzelnen Jägers schlecht und recht sichern. Sichtet ein Hirschjäger also auf seiner Pirsch einen Hasen, so besteht großer Anreiz, den individuellen, unmittelbaren 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. Ihr liegt ein „*soziales Dilemma*“ zugrunde: sie erbringt zwar höheren Nutzen, bindet diesen aber an das ungewisse Verhalten von Individuen, die in der *Unsicherheit* über das Verhalten der je Anderen großen Anreiz haben, „egoistisch“ und damit eigentlich *sub-optimal* zu handeln.

Die Problem ist bekannt und vielfach beschrieben. Mancur Olson (1965) erwähnt es als Hürde für die Gründung von Gewerkschaften. Garrett Hardin (1968) markiert es als „Tragödie für Gemeingüter“ („*Tragedy of the commons*“). Und unterschiedlichste spieltheoretische Modelle ziehen es heran, um die Möglichkeiten der Emergenz von Kooperation zu erforschen. (u.a.: Axelrod 1984, 1997, Epstein 1998, Milinski 1978, Nowak/Sigmund 1998, Riolo/Cohen/Axelrod 2001, Skyrms 2004)

Eine grundlegende wissenschaftstheoretische Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt (und immer wieder gestellt wird), ist die nach den in diesen Forschungen unterstellten *Voraussetzungen*, allen voran die der Annahme eines „egoistisch rationalen“, sprich Nutzen-optimierenden *homo oeconomicus*. Etwas komprimiert formuliert lässt sich fragen, inwiefern sich ein solchermaßen „rational agierender Egoist“ als „Letztursache“ annehmen lässt, wenn alles andere – insbesondere eben die Emergenz der Kooperation – als höchstgradig „beweglich“, das heißt *im Werden*, sprich *prozessual*, vorgestellt wird.

Eine mögliche Teilantwort scheint mir in diesem Zusammenhang, die Möglichkeit „gleichzeitig ungleichzeitiger“, oder mit Erich Jantsch (u.a. 1980) „ko-evolutiver“ Entwicklungen zu bieten, die „Voraussetzungen“ generieren, welche in der Lage sind, sich gleichsam *gegenseitig als solche zu nutzen*. Um diese Möglichkeit – in der hier gebotenen Kürze – zu erläutern, möchte ich sie im folgenden auf zwei Ebenen – auf einer abstrakt theoretischen und einer an einer Computersimulation orientierten – beleuchten.

¹ “Voilà comment les hommes purent insensiblement acquerir quelque idée grossière des engagements mutuels et de l’avantage de les remplir, mais seulement autant que pouvoit l’exiger l’intérêt présent et sensible; car la prévoyance n’étoit rien pour eux, et loin de s’occuper d’un avenir éloigné, ils ne songeoient pas même au lendemain. S’agissoit il de prendre un Cerf, chacun sentoit bien qu’il devoit pour cela garder fidèlement son poste; mais si un lièvre venoit à passer à la portée de l’un d’eux, il ne faut pas douter qu’il ne le poursuivit sans scrupule, et qu’ayant atteint sa proye il ne se souciât fort peu de faire manquer la leur à ses Compagnons.” Rousseau (1964/1755: 166f).

I.

Um die Möglichkeit der Ko-Evolution solcher Voraussetzungen auf theoretischer Ebene zu fassen, ziehe ich zunächst kurz die von Niklas Luhmann (u.a. 1990: 182f, 1997: 195f) im Anschluss an Fritz Heider vorgeschlagene Medium-Form-Unterscheidung heran.²

Medien werden in dieser Unterscheidung als so etwas wie Möglichkeitsräume betrachtet, in denen sich spezifische *Formen* realisieren. Klassische Beispiele wären etwa die Realisation geschriebener Worte im Medium der Buchstaben oder gesprochener Worte im Medium der möglichen Laute. Ein anderes, mittlerweile einigermaßen strapaziertes Beispiel liefert die Form des Fußabdrucks im Medium des Sandes. Im Rahmen dieser Unterscheidung werden dabei auch Medien stets ihrerseits als Formen gedacht, was tendenziell den Letztbegründungsreduktionismus der klassischen Philosophie hinter sich lässt. Der Sand zum Beispiel lässt sich neuerlich als spezifische Realisation einer Form im Medium geologischer Formationen betrachten, und diese lassen sich ihrerseits als Formen von Erdoberflächen oder ähnlichem vorstellen, usw. Der Medium-Form-Unterscheidung liegt damit keine, wie auch immer geartete Vorstellung einer „ontologischen Erstheit“, einer „Essenz“, einer „Letztbegründung“ zugrunde.

Zum zweiten rückt diese Unterscheidung die *Kontingenz* der Formen in den Fokus der Aufmerksamkeit. Im Sand beispielsweise wären stets auch andere Abdrücke vorstellbar. Der Umstand, dass wir trotzdem einen Fußabdruck wahrnehmen, ermöglicht es, die – zugegeben einigermaßen kopflastige – Frage zu stellen, wie denn gerade diese spezifische Form im Medium der möglichen Sandabdrücke so hinreichend wahrscheinlich wird, dass wir sie als distinkte Form im Sand wahrnehmen. Die Antwort kann sich sodann auf Shannon und Weaver beziehen und lauten: durch *Reduktion von Unsicherheit*, oder mit einem anderen Wort dafür: durch *Information*.

Anders gesagt, in jener spezifischen Situation, an jenem Ort und zu jener Zeit, da wir den Fußabdruck im Sand vorfinden, werden unzählige andere Optionen im Medium der *möglichen* Sandabdrücke ausgeschlossen. Die Unsicherheit, welche Form hier realisiert wird, wird drastisch reduziert und damit die Wahrscheinlichkeit der spezifischen Form „Fußabdruck“ gegenüber allen sonstigen Möglichkeiten hinreichend hoch. Der hier interessierende Aspekt dieser – zugegeben etwas verqueren – Herangehensweise ist dabei der, dass sich auch der Strandläufer, der diese „Unsicherheitsreduktion“ für uns vornimmt, seinerseits als spezifische Form in einem Medium betrachten lässt, als Freizeitsportler etwa im Möglichkeitsraum körperlich aktiver Menschen. Er wird damit eben nicht als *externe* und damit weitgehend unveränderliche Ursache vorausgesetzt, sondern gleichsam in den Emergenzprozess endogenisiert, sprich seinerseits als geformt, als „informiert“, vorgestellt. Damit lässt sich die analytische – und zugegeben überaus abstrakte – These formulieren, dass spezifische Formen durch nichts anderes als *andere Formen* informiert werden, sprich: in ihrem Möglichkeitsraum gegenüber den sonstigen dort bestehenden Optionen *wahrscheinlich* gemacht werden. Wir haben es dann mit einer „Welt“ zu tun, die sich als Netzwerk von Wahrscheinlichkeiten, als *Bayesian network*, darstellen lässt, oder genauer, als Netzwerk von Unwahrscheinlichkeiten, die sich *gegenseitig* informieren, sich also ihren jeweiligen Möglichkeitsraum in einer Weise gegenseitig einschränken, die ganz bestimmte Formen hinreichend wahrscheinlich werden lässt.

Vor diesem theoretischen Hintergrund lässt sich nun die Kooperation von Hirschjägern, wie sie Jean-Jacques Rousseau anspricht, als grundsätzlich höchst *unwahrscheinliche* Interaktionsform betrachten und die Frage stellen, wodurch diese Form offensichtlich so hinreichend wahrscheinlich wird, dass wir sie – zumindest in auf den Menschen bezogenen

² Nebenbei sei hier erwähnt, dass sich diese Unterscheidung m.E. auch dazu eignet, den von vielen (vgl. u.a. Sawyer 2005) nach wie vor als eher vage und ungeklärt angesehenen Status des Emergenzbegriffs zu klären.

Zusammenhängen – einigermaßen enttäuschungssicher erwarten können, ja dass wir sie sogar auf einem bestimmten (und seinerseits höchst unwahrscheinlichen, aber durch eine Vielzahl weiterer Faktoren hinreichend wahrscheinlich gemachten) Niveau als so etwas wie einen humanistischen Grundwert betrachten, demgegenüber wir „eigennütziges, egoistisches“ Verhalten als zumindest moralisch verwerflich, wenn nicht sogar als spieltheoretisch nicht verallgemeinerbar betrachten.

Die allgemeine Antwort darauf lautet, soviel steht bereits fest: durch *Information*, also durch so etwas wie eine „Informbringung“ von Kooperation. Um diese „Informbringung“ zu untersuchen, wurden seit etwa den 1970er Jahren unzählige Experimente durchgeführt, die neben zum Beispiel Studenten und Computer-simulierten Agenten unter anderem auch so seltsame Akteure wie Stichlinge oder große und kleine Schweine in Betracht ziehen und vieles mehr. In der Mehrzahl der Fälle werden diese Akteure dabei aber als mehr oder weniger gegeben, sprich „fertig vorliegend“ betrachtet. Insbesondere die an die Spieltheorie anschließende Multi-Agenten-Simulation geht in der Regel von der atomistischen Vorstellung von letztendlich „festverdrahteten“ autonomen Agenten aus, die, dem *homo oeconomicus* gleich, zwar auf Macro-Ebene überraschende Phänomene – eben etwa die Emergenz von Kooperation – generieren, auf Micro-Ebene ihr Verhalten aber nicht ändern.

Dass dies nicht sein muss, auch wenn die Computersimulation natürlich die „Instanziierung“ bestimmter Objekte erfordert, möchte ich im folgenden anhand eines variierten Modells zur Simulation der Entstehung von Kooperation zeigen. Im Sinne der vorangehenden Überlegungen wird es dabei um die Möglichkeit *ko-evoluierender* Formen gehen, d.h. um die Möglichkeit von Formen, die sich „gleichzeitig ungleichzeitig“ bilden und dabei *wechselseitig* ihren Möglichkeitsraum in einer Weise einschränken (sprich Unsicherheit reduzieren), die sonst zu unwahrscheinlich bleibende Formen – hier Kooperation – hinreichend wahrscheinlich werden lässt. Vielleicht darf ich an dieser Stelle kurz erwähnen, dass mich in dieser Hinsicht vor allem die Emergenz jener Formen interessiert, die den Phänomenbereich menschlicher Arbeit aufspannen. Eine meiner diesbezüglichen Forschungsfragen lautet: wie und wodurch emergiert die Form *produktiver Arbeit*? (vgl. u.a. Füllsack 2006, 2008, 2009)

II.

Spieltheoretisch wird Kooperation als *unwahrscheinliche* Interaktionsform in einem idealtypischen Möglichkeitsraum (Medium) betrachtet, in dem nur zwei Optionen zur Wahl stehen, nämlich die Möglichkeiten zu „kooperieren“ oder zu „betrügen“, englisch „*to cooperate*“ und „*to defect*“. Das berühmte Gefangenendilemma (GD) (Rapoport / Chammah 1965), das diesen Möglichkeitsraum formal fasst, bezeichnet bekanntlich das der Rousseau'schen Hirschjagd verwandte Problem zweier „unvollständig informierter“ Akteure, deren Nutzen („*pay-off*“) durch Kooperation zwar optimiert werden könnte, für die im Nichtwissen (in der Unsicherheit) um das Verhalten des je anderen allerdings der Betrug die dominante Strategie darstellt. Anders gesagt, unter Bedingungen, unter denen keine sonstige Information über die Wahrscheinlichkeit des Verhaltens des je Anderen vorliegt, ist es für beide Akteure besser, zu betrügen. In diesem Möglichkeitsraum ist Betrug die wahrscheinlichere Option und es stellt sich die Frage, woher die Information kommt, die Kooperation wahrscheinlich werden lässt?

In Robert Axelrod's (1984, 1997) berühmtem Turnier entsteht diese Information bekanntlich iterativ in der *Wiederholung* der GD-Konfrontation. Simuliert am Computer werden idealtypische Akteure mit der Möglichkeit Erfahrungen zu sammeln ausgestattet und sodann – ohne vorab zu wissen, wie oft genau – *wiederholt* in GD-Situationen geschickt. Die Akteure sind dabei nicht mehr nur auf eine einzige Verhaltensweise festgelegt, sondern verfolgen gemischte Strategien. In fortgesetzten Konfrontationen, in denen sich einzelne Strategien (berühmt etwa Tit-for-Tat) als einträglicher als andere herauskristallisieren, entstehen so –

scheinbar³ – „strategische Erwartungen“ – von Axelrod „Schatten der Zukunft“ genannt –, die das Verhalten der Akteure orientieren, sprich ihre Unsicherheit über das Verhalten des je anderen reduzieren und damit Kooperation wahrscheinlich werden lassen. Die Information, die diesbezüglich die Form der Kooperation informiert, sprich sie „in Form bringt“, entsteht hier im zeitlichen Verlauf, also gleichsam *rekursiv* im Hinblick auf die Vergangenheit der Akteure.

Axelrod's Experimente, ebenso wie die vieler anderer, die an diesem Setting anschließen, sind dabei auf relativ komplexe, wenn auch in ihren Strategien meist nach wie vor festverdrahtete Akteure angewiesen, die in der Lage sind die Ergebnisse früherer GD-Konfrontationen zu *erinnern*. Entwicklungsgeschichtlich ließe sich diesbezüglich einwenden, dass komplexe, in diesem Sinn von *Gedächtnissen* informierte Akteure eher undenkbar sind, *bevor* so etwas wie Kooperation emergiert. Auch noch so basale Gedächtnisleistungen scheinen zumindest auf eine rudimentäre „Kooperation“ zwischen Leistungs- und Speichereinheiten eines Systems, d.h. eines „zusammengesetzten“ und damit „kooperativen“ Ganzen, angewiesen.

Aus diesem Grund ziehe ich für meine weiteren Überlegungen eine „demographische“ Version einer GD-Simulation in Betracht, die Joshua M. Epstein (1998) vorgeschlagen hat und die auf den ersten Blick ohne elaborierte Gedächtnisleistungen auskommt.

III.

In dieser Version wird eine Computer-generierte Population von hundert Akteuren mit zufällig zugewiesenen aber festverdrahteten Kooperatoren- und Betrüger-Strategien auf einem Gitternetz-artigen Spielfeld verteilt. Die Akteure bewegen sich mit jedem Spielzug auf ein freies Spielfeld innerhalb ihrer „Sichtweite“ und spielen dort ein GD mit jedem Von-Neumann Nachbarn, den sie dort vorfinden (das heißt mit den Akteuren auf den Feldern unmittelbar Nord, Ost, Süd oder West ihrer eigenen Position). Die Pay-offs, die sie dabei erzielen können, unterscheiden sich von den sonst üblicherweise in der Spieltheorie für GDs vorgesehenen Pay-offs dadurch, dass sie auch negative Werte annehmen können, dabei aber der für GDs charakteristischen Ordnung $t > r > p > s$ folgen⁴.

		Spieler B	
		Kooperation	Defektion
Spieler A	Kooperation	r = 5, r = 5	s = -6, t = 6
	Defektion	t = 6, s = -6	p = -5, p = -5

Tabelle 1. Pay-offs des Demografischen Gefangenen-Dilemmas nach Epstein 1998

Wenn das aus den einzelnen Konfrontationen akkumulierte Guthaben der Akteure - ihr „Wohlstand“ - allerdings unter Null sinkt, „sterben“ sie, das heißt sie werden vom Spielfeld entfernt. Wenn ihr Guthaben dagegen über einen bestimmten Wert steigt - in Epsteins Versuchen 10 Pay-off-Punkte -, können sie sich „vermehren“. Dazu wird auf einem freien Feld in ihrer Von-Neumann-Umgebung ein neuer Akteur generiert, der die Strategie seines Elternteils („kooperieren“ oder „betrügen“), sowie einen Teil von dessen „Wohlstand“ erbt. Dieser „Wohlstand“-Anteil - in Epsteins Versuchen 6 Pay-off-Punkte - wird vom Guthaben des Elternteils abgezogen.

³ „Scheinbar“, weil in Axelrod's Simulationen die unterschiedlichen Strategien nur selektiert werden, d.h. die entsprechenden Akteure verändern sich selbst nicht, aber die sich als einträglichste durchsetzende Strategie *erscheint* schließlich aufgrund ihres Erfolges als diejenige, die über so etwas wie „gerechtfertigte Erwartungen“ über das Verhalten ihrer Gegner verfügt.

⁴ In der englisch-sprachigen Spieltheorie, und damit auch in der Simulation, haben sich, dem Vorschlag Axelrods folgend, für diese Möglichkeiten die Bezeichnungen „*temptation*“, „*reward*“, „*punishment*“ und „*sucker's pay-off*“ eingebürgert.

Die Akteure sind zusätzlich mit einem maximalen „Höchstalter“ ausgestattet, nach dessen Ablauf sie „sterben“. Bei „Geburt“ wird ihnen ein zufallsgeneriertes Anfangsalter zugewiesen.

Der Ablauf der Simulation zeigt, dass Kooperation in diesem Setting - auch mit sehr niedrigen Initialraten zufällig generierter „Kooperatoren“ - hinreichend wahrscheinlich emergiert. In der Mehrzahl der Fälle wird sie sogar zur vorherrschenden Strategie. Ein typischer Ablauf ergibt nach einigen Spielzügen eine von einzelnen „Betrüger“-Inseln durchbrochene „Kooperatoren“-Population mit einem Verhältnis von einem „Betrüger“ zu zirka fünf „Kooperatoren“ (Abbildung 2).⁵

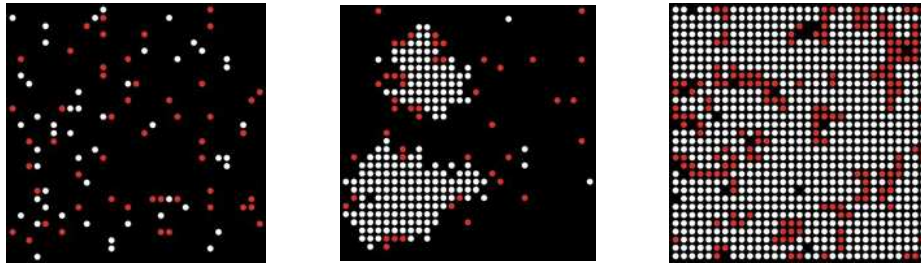


Abb. 2 Simulation des Demografischen Gefangenen-Dilemmas nach Joshua M. Epstein: „Kooperatoren“ weiß, „Betrüger“ rot; Links: initiale Zufallsverteilung von 100 Agenten, Mitte: nach 15 Spielzügen, Rechts: nach 50 Spielzügen.

Theoretisch betrachtet verlagert das Epsteinsche Modell die Axelrodsche Iteration, das heißt das wiederholte Aufeinandertreffen der Akteure, einfach von der Zeitdimension in die Raumdimension. Was in der Zeitdimension das „Gedächtnis“ der Agenten leistet, nämlich die iterative statistische Steigerung des Kooperationsnutzens (des Pay-offs für Kooperation), leistet in der Raumdimension die Möglichkeit der Reproduktion der Agenten. Genaugenommen entspricht damit die „Vorentscheidung“, die Agenten die Strategie ihrer Eltern erben zu lassen, sie also je nach Herkunft entweder als „Kooperatoren“ oder als „Betrüger“ zur Welt kommen zu lassen, der Fähigkeit der Axelrodschen Akteure, sich an frühere Konfrontationen zu „erinnern“. Auch hier scheint damit die Annahme einer grundsätzlichen Unveränderbarkeit der Akteure zumindest implizit im Spiel. Im Hinblick auf eine evolutionstheoretisch schlüssige Erklärung der Emergenz von Kooperation scheint diese „Vorentscheidung“ nicht ganz stimmig.

In einer weiteren Version seines Modells zieht Epstein deswegen *Mutation* in Betracht. „Neugeborene“ Agenten erben nicht immer, sondern nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, die Strategie ihrer Eltern. Mit den oben angegebenen Pay-off-Werten bleibt Kooperation trotz hoher Mutationswahrscheinlichkeit erstaunlich persistent. Sie kann sich freilich nie ähnlich nahezu flächendeckend auswachsen wie bei geringeren Mutationsraten.

IV.

In Epsteins Modell kommt Mutation aber nur als eine Art „Störung“ der gleichsam als „normal“ unterstellten Vererbung der Elternstrategie vor. Das heißt, man könnte auch hier noch darüber diskutieren, ob die damit zumindest implizit unterstellte Normalität der Vererbung nicht eine grundlegende Unveränderbarkeit der Akteure ausdrückt. Entwicklungsgeschichtlich schiene es plausibler, wenn sich die Elternstrategie – so wie bei

⁵ Für eine genaue statistische Analyse siehe Epstein 2006: 210. Eine vom Autor nach-programmierte Version des Modells steht unter <http://homepage.univie.ac.at/manfred.fuellsack/applets/coop.htm> als Applet online und kann dort getestet werden.

Tieren oder Menschen das Geschlecht – weitgehend *zufällig*, das heißt mit einer Mutationswahrscheinlichkeit von 100% vererbt.

Wenn nun einer solchen durchschnittlichen 50:50-Chance der Vererbung etwas weniger üppige *Pay-off*-Werte (etwa $t = 9$, $r = 2$, $p = -5$, $s = -7$), das heißt also eine „rauhere Umwelt“ gegenüber gestellt werden, so hat Kooperation keine Chance. Die Kooperatoren „sterben“ nach wenigen Spielzüge aus und mit ihnen, weil sie alleine nicht „überleben“ können⁶, etwas später auch die „Betrüger“.

Vorstellen ließe sich freilich, dass die zunächst 100-prozentige Mutationswahrscheinlichkeit in dem Ausmaß, in dem sich die Spieler mit einer bestimmten Strategie konfrontiert sehen, sinkt. Oder anders herum formuliert, die Wahrscheinlichkeit, dass neugeborene Spieler die Strategie ihrer Eltern übernehmen, könnte in Abhängigkeit der Art und Häufigkeit der Konfrontationen steigen. Die Spieler würden ihr Verhalten damit über Generationen hinweg „lernen“.

Nicht mehr nur das soziale Setting wäre damit für die *Emergenz* von Kooperation, oder wie wir in diesem Kontext sagen können: für die *Information* der Form, verantwortlich, sondern diese Emergenz würde *gleichzeitig* auf die beteiligten Akteure zurückwirken und deren Verhalten ändern, bzw. erst festlegen. Indem in dieser Entwicklung Informationen, die auf sich gestellt zu vage blieben, gleichzeitig auf anderer Ebene, nämlich auf der der selbst gerade erst entstehenden strategischen Festlegung der Akteure, genutzt werden, um Unsicherheit zu reduzieren, *informiert* sich die emergierende Form in gewissem Sinn selbst. Sie schafft „Voraussetzungen“, die sich gegenseitig als solche nutzen. Die Entwicklung in einem Teil des Geschehens wirkt auf einen anderen Teil des Geschehens zurück. Beide Entwicklungen blieben dabei ohne die je andere zu unwahrscheinlich, um statt zu finden. Nigel Gilbert (1995, 2002) hat solche Rückwirkungen als „*second order emergence*“ beschrieben und simuliert. Cristiano Castelfranchi (1998) spricht diesbezüglich auch von *Immergenz*, mit der die emergenten Effekte sich auf „kognitiver“ Ebene der individuellen Akteure – also in deren Verhaltensorientierungen - niederschlagen.

In Versuchen mit einer um solche Lernmöglichkeiten erweiterten Variante des Epsteinschen Modells⁷ genügte dieser rudimentäre „Lernvorang“, um in einer geringen, aber doch stabilen Zahl von Fällen, die Mutationswahrscheinlichkeit *rechtzeitig* auf ein zum Überleben der Population hinreichend niedriges Niveau zu senken. Es reichte, wenn sich in einem Teil des Spielfeldes, in einer *Nische*, eine kleine Insel von Kooperatoren per Zufall so lange hielt, bis ihre Mutationswahrscheinlichkeit auf ein Niveau sank, das zumindest einigen ihrer Nachkommen relativ hohe Chancen bot, ebenfalls als „Kooperatoren“ geboren zu werden.

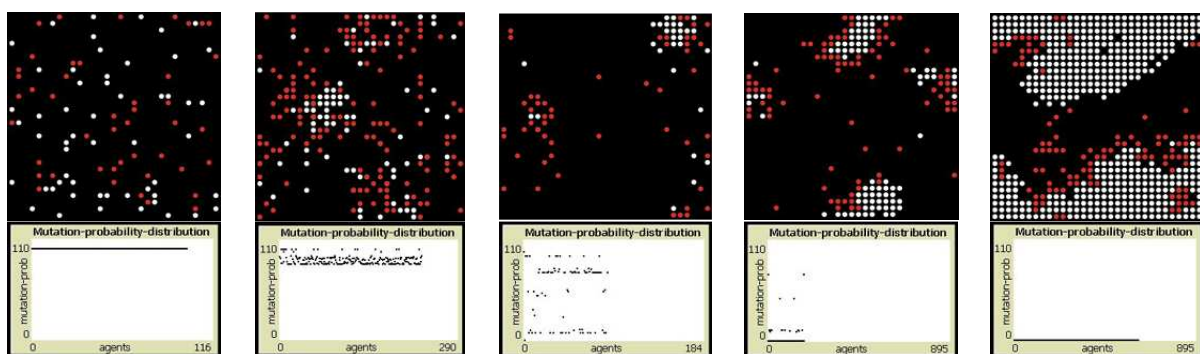


Abb. 3 Simulation des Demografischen Gefangenens-Dilemmas mit „Lernvorgang“ nach (von links nach rechts) 0, 15, 100, 200 und 500 Spielzügen. Die Plotter darunter illustrieren die Entwicklung der Verteilung der einzelnen Mutationswahrscheinlichkeiten. Jedem Agenten entspricht ein schwarzer Punkt. In den Spielzügen 0 und 500 liegen die Wahrscheinlichkeiten für alle Agenten gleich bei 100%,

⁶ Die Konfrontation von „Betrüger“ mit anderen „Betrüger“ ergibt in diesem Setting stets negative *Pay-off*-Werte. Wenn also keine „Kooperatoren“ mehr vorhanden sind, an denen die „Betrüger“ verdienen können, entziehen sie sich gegenseitig ihren Wohlstand und sterben sobald dieser unter Null sinkt.

⁷ Vgl.: <http://homepage.univie.ac.at/manfred.fuellsack/applets/coop.htm>

beziehungsweise bei 0% (eine schwarze Linie).

Abbildung 3 zeigt diese Entwicklung. Das Bild ganz links zeigt die Initialverteilung von 100 Agenten mit zufällig zugewiesenen unterschiedlichen Strategien. Die Mutationswahrscheinlichkeit liegt für alle gleich hoch bei 100% (eine durchgehende schwarze Linie⁸). Im zweiten Bild rechts daneben haben sich nach 15 Spielzügen einige lockere Cluster von Kooperatoren und Betrügern gebildet, die bereits zu einer leichten, aber ungleichmäßigen Senkung der Mutationswahrscheinlichkeit führen. Im dritten Bild ist diese Mutationswahrscheinlichkeit bei Spielzug 100 für einige Spieler bereits auf nahezu Null gesunken. Oben rechts hat sich eine deutliche Kooperatoren-Insel gebildet. Allerdings nimmt die Zahl der Agenten schnell ab. Im vierten Bild bei Spielzug 200 hat sich die Kooperatoren-Insel (auf dem zu einem Torus⁹ geschlossenen Spielfeld) ausgeweitet. Nur mehr wenige Agenten „mutieren“ ihre Strategie bei Geburt. Und im fünften Bild ganz rechts beträgt die Mutationswahrscheinlichkeit nach 500 Spielzügen für alle Agenten Null, das heißt die Agenten „erben“ zu 100% die Strategie ihres „Erzeugers“. Die Pay-off-Werte erlauben zwar noch immer keine stabile Dominanz der Kooperation - die Populationskurve zeigt eine typische Lotka-Volterra-Entwicklung (Abb. 4). Aber die Population bleibt in der Regel bestehen und Kooperation hat in ihr stabilen Bestand.

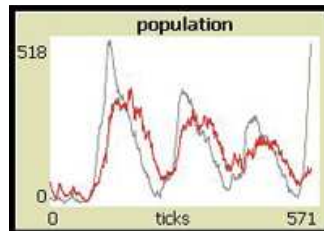


Abb. 4. Populationsentwicklung über 500 Spielzüge mit deutlich erkennbarer Lotka-Volterra-Oszillation.

In meinen Versuchen ließ sich die Mutationswahrscheinlichkeit in durchschnittlich jedem achten (genau 8.067) Versuch rechtzeitig auf ein für das Fortbestehen der Population hinreichendes Niveau absenken. Die Konfrontationen fanden dabei ausschließlich in der von Epstein untersuchten Von-Neumann-Nachbarschaft statt. Die Erweiterung auf eine Moore-Nachbarschaft (i.e. die acht umgebenden Akteure) brachte keine grundlegend anderen Ergebnisse. Eine merkbare Steigerung der Erfolgsrate (weiterhin mit den Pay-off-Werten $t = 9$, $r = 2$, $p = -5$, $s = -7$) ließ sich aber – einem Vorschlag von Duncan Watts und Steven Strogatz (1998) folgend und orientiert an Überlegungen von Gerald M. Edelman (u.a. 2004), sowie auch Niklas Luhmann zum „re-entry“ –, durch ein „rewiring“ der Akteure erzielen. Ein bestimmter Prozentsatz der Spieler wurde dazu mit nur drei seiner Von-Neumann-Nachbarn, dafür aber zusätzlich mit einem zufällig ausgewählten, beliebig weit entfernten Akteur auf dem Spielfeld konfrontiert. Das beste Ergebnis erbrachte in diesem Fall ein „rewiring“ mit Akteuren der gleichen Strategie. Hier reduzierte sich die Mutationswahrscheinlichkeit mit sieben Prozent „rewired“ Akteuren bereits in nahezu jedem Versuch auf ein für den Fortbestand hinreichend niedriges Niveau. Aktuell laufen Versuche, das Setting mit verschiedenen Netzwerkstrukturen zu testen.

⁸ Die missverständliche Angabe „110“ daneben verdankt sich einer kleinen „Unschärfe“ des Simulationsprogramms Netlogo. Die Angabe bezieht sich auf das obere Ende des Darstellungsbereichs etwas über der 100%-Marke.

⁹ Das Spielfeld ist oben und unten und links und rechts „informatisch“ zu einem Torus zusammen geschlossen, d.h. die Agenten an den Rändern haben die Agenten an den jeweils gegenüberliegenden Rändern zum unmittelbaren Nachbarn. Epistemologisch gibt es für sie keine Spielfeldgrenzen.

Fazit

Die Simulation führt ein Phänomen vor Augen, das verschiedentlich als „Ko-Evolution“ einander bedingender Wirkungen bezeichnet wird (vgl. u.a.: Jantsch 1980: 207) und das unter anderem Forschungsansätzen wie dem Konnektionismus und der Netzwerktheorie zugrunde liegt und damit vom „Atomismus“ kausaler Letztbegründungseinheiten auf den „Holismus“ *verteilter*, also „gleichzeitig ungleichzeitiger“ Repräsentationen umstellt. Emergenz und Immergenz der Kooperation im Sinne des gerade Besprochenen finden *gleichzeitig* statt. Keines lässt sich dem anderen kausal voraussetzen. Die Immergenz, also die „Verinnerlichung“ des Kooperationshabitus, wäre nicht ohne Emergenz kooperativer Cluster möglich. Gleichzeitig kann aber auch diese Emergenz nicht ohne Immergenz reüssieren. Das eine ist auf das andere angewiesen, ohne einander im Sinn eines klassischen Kausalverhältnisses vorausgesetzt oder aufeinander „reduziert“ werden zu können. In diesem Sinn lässt sich weder ein grundlegender, ein für alle mal feststehender Typus eines rational und egoistisch agierenden *homo oeconomicus*, noch sein philosophischer Counterpart, ein im Sinne herrschender kultureller Werte moralisch einwandfrei kooperierendes soziales Wesen als letztgültigen Ausgangspunkt der Kooperationsforschung annehmen. Ihre Entwicklung wäre vielmehr als „gleichzeitig ungleichzeitig“ stattfindend anzusehen. Die wissenschaftstheoretische und epistemologische Grundlage dafür scheint mir die von Niklas Luhmann vorgeschlagene Medium-Form-Unterscheidung zur Verfügung zu stellen.

Literatur:

- Axelrod, Robert. (1984): *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
- Axelrod, Robert. (1997): *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration* New Jersey: Princeton UP.
- Edelman, Gerald M. (2004): *Wider than the Sky. A Revolutionary View of Consciousness*. London: Penguin Books.
- Epstein, Joshua M. (1998): *Zones of Cooperation in Demographic Prisoner's Dilemma*, in: *Complexity* 4 (2): p. 36-48; wieder abgedruckt in: Epstein, Joshua M. (2006): *Generative Social Science. Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton: PrincetonUP, S. 199-221.
- Jantsch, Erich (1980): *The Self-Organizing Universe: Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution*. New York: Pergamon Press.
- Luhmann, Niklas (1990): *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1990): *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Milinski, Manfred (1987): *TIT FOR TAT in Sticklebacks and the Evolution of Cooperation*; in: *Nature*, Vol. 325, p. 433-435.
- Nowak, Martin A. / Sigmund, Karl (1998): *Evolution of Indirect Reciprocity by Image Scoring*; in: *Nature*, Vol. 393, p. 573-577.
- Rapoport, Anatol / Chammah, Albert M. (1965): *Prisoner's Dilemma*. AnnArbor: University of Michigan Press.
- Riolo, Rick L. / Cohen, Michael D. / Axelrod, Robert (2001): *Evolution of Cooperation without Reciprocity*; in: *Nature*, Vol. 414, p. 441-443.
- Rousseau, Jean-Jacques (1964/1755): *Discours sur l'Origine et les Fondements de l'Inégalité, Seconde Partie. Oeuvres Complètes* (Jean Starobinski ed.), Pléiade.
- Sawyer, Robert Keith (2005): *Social Emergence: Societies As Complex Systems*. Cambridge MA: Cambridge UP.
- Skyrms, Brian (2004): *The Stag Hunt and the Evolution of Social Structure*. Cambridge UK: Cambridge UP.
- Watts, Duncan J. / Strogatz, Steven (1998): *Collective Dynamics of 'Small-World' Networks*; in: *Nature*, Vol. 393, p. 440-442.