

EVOLUTION UND LERNEN IM VERGLEICH

INDIVIDUELLES LERNEN ALS VORAUSSETZUNG FÜR SELBSTTRANSFORMATION
UND DIE BEDEUTUNG VON LERNBEDINGUNGEN

Tilman Slembeck
Universität St.Gallen¹

Evolution kann auch als ein Lernprozess gedeutet werden, in dem das existierende Wissen nicht bloss in einem Versuch-und-Irrtum-Verfahren an die Realität angepasst wird, sondern in dem dieses Wissen wächst und damit die Realität selbst verändert.

Ulrich Witt, 1994, 503.

1. Einleitung

Die evolutorische Ökonomik stellt dem meist komparativ-statischen Gleichgewichtsmodell der Neoklassik eine dynamische Analyse gegenüber, welche die *Selbsttransformation* ökonomischer oder sozialer Systeme (WITT, 1993) als prinzipiell offenen, aber pfadabhängigen und möglicherweise irreversiblen Prozess versteht, der einerseits auf adaptiven Anpassungsprozessen und andererseits auf kreativen Innovationsprozessen beruht. Aus dem Umstand, dass beide Arten von Prozessen oftmals simultan ablaufen, ergibt sich die Frage nach der Rolle von Lernen als einem zentralen Thema evolutorischer Ökonomik. So scheint es beispielsweise offensichtlich, dass ein im Wettbewerb stehender Unternehmer sich einerseits der Marktdynamik und den Kundenwünschen *anpassen*, aber gleichzeitig *aktiv und kreativ* neue Angebote an Leistungen und Lösungen für Produktionsprozesse finden muss. Individuelle Lernprozesse stellen somit als Bindeglied zwischen Adaption und Kreation ein zentrales Element evolutorischer Dynamik dar. Im vorliegenden Papier wird vor diesem Hintergrund zunächst der Frage nachgegangen, inwiefern das *biologische Evolutionsmodell* auf soziale und wirtschaftliche Lernprozesse übertragbar ist. In Abschnitt 2 wird diskutiert, warum die Modellierung von Lernprozessen anhand evolutionsbiologischer Mechanismen auf Ebene der Population für die Erklärung sozialer

¹Adresse: Universität St.Gallen, Volkswirtschaftliche Abteilung, Varnbühlstrasse 19, 9000 St.Gallen; E-Mail: tilman.slembeck@unisg.ch; Internet: <http://www.slembeck.ch/slembeck.html>

oder ökonomischer Selbsttransformation unzureichend ist. In Abschnitt 3 werden deshalb *Ansätze individuellen Lernens* diskutiert, welche in jüngerer Zeit im Rahmen der Gleichgewichtsanalyse entwickelt wurden. Die Motivation dieser Ansätze ist einerseits die Modellierung jener dynamischen Anpassungsprozesse, welche in der traditionellen Theorie als Rechtfertigung eines statischen Gleichgewichtskonzepts vorausgesetzt werden. Andererseits geht es um die Selektion von Gleichgewichten in Modellen mit mehreren Gleichgewichten (z.B. multiple rationale Erwartungsgleichgewichte oder Nash-Gleichgewichte). Weil diese Ansätze Lernen auf Ebene des Individuums erfassen und sofern sie auch kognitive Elemente einschliessen (was im Gegensatz zu rein evolutiven Modellen auch die Fähigkeit des individuellen Lernens aus Erfahrung bedeutet), kommen sie tatsächlichen Lernprozessen, wie sie sich beispielsweise in Laborexperimenten beobachten lassen, deutlich näher. Eine wesentliche Einschränkung besteht allerdings darin, dass auch diese Ansätze von relativ idealen Lernbedingungen ausgehen und damit das prognostizierte Verhalten (i.d.R. ein langfristiges Gleichgewichtsverhalten) vom Vorliegen dieser Bedingungen abhängt.

In Abschnitt 4 wird deshalb im Rahmen des Ansatzes bedingten Lernens (*contingent learning approach*) die Bedeutung von Lernbedingungen diskutiert. Dabei wird deutlich, dass sowohl die traditionellen Modelle als auch evolutive und lerntheoretische Ansätze implizite und empirisch nicht fundierte Annahmen hinsichtlich der Bedingungen von Lernprozessen treffen, die nicht nur “unrealistisch“ sind, sondern den Anwendungsbereich und die Anwendungsvoraussetzungen des jeweiligen Ansatzes im Dunkeln lassen. Ziel des Ansatzes bedingten Lernens ist einerseits eine reichhaltigere Modellierung von Lernprozessen im Hinblick auf Anwendungen und andererseits eine empirisch fundierte Diskriminierung zwischen den in der Literatur vorgeschlagenen Lernmechanismen.

2. “Lernen“ in Populationen

Die grundsätzliche Analogie zwischen sozialer und biologischer Evolution scheint offensichtlich. So lassen sich in beiden Bereichen die drei grundlegenden Mechanismen der Variation, Selektion und Bewahrung identifizieren (Tabelle 1).

System	Mechanismus		
	Variation	Selektion	Bewahrung
biologisch	Mutation, Neukombination	Überleben “passender“ Lebensformen im Lebensraum	Weitergabe des Erbguts / biologische Replikation
sozio-ökonomisch	Verhaltensänderung	Überleben passender Verhaltensweisen im Wettbewerb	Imitation / Replikation von Verhalten

Tabelle 1: Der “naive“ Ansatz: Evolution von biologischen und sozio-ökonomischen Systemen im Vergleich.

Im “naiven“ Ansatz werden die spontanen, zufälligen Mutationen im Bereich der Biologie mit ebensolchen Verhaltensveränderungen im sozio-ökonomischen System gleichgesetzt. Analog zum “survival of the fittest“ wird zudem angenommen, dass im Wettbewerb nur solche Verhaltensweisen überleben, die in ihr Umfeld “passen“. Weitergegeben bzw. repliziert und bewahrt wird alsdann erfolgreiches Verhalten, indem es durch andere imitiert wird. Vereinfacht ausgedrückt, werden biologische Variation, Selektion und Replikation in menschliche Verhaltensvariation, -selektion und Imitation übersetzt.

a) Evolutive Algorithmen

Diese Analogie ist typisch für *evolutive Algorithmen*, die zur Modellierung und Simulation “evolutiven Lernens“ verwendet werden. Sie wurden ursprünglich zur Optimierung technischer Systeme in der Form evolutiver Strategien (RECHENBERG, 1973) sowie als genetische Algorithmen (HOLLAND, 1975) entwickelt. Beide Formen beruhen grundsätzlich auf den Mechanismen der selektiven Replikation und der Mutation (vgl. BRENNER, 1998, für einen direkten Vergleich und Kritik). Die Verbreitung evolutiver Algorithmen als Modell adaptiven Lernens in der Literatur (z.B. DAWID, 1999) lässt sich erstens auf ihre formale Stringenz und Handhabbarkeit und zweitens auf die einfache Durchführbarkeit von Computersimulationen zurückführen.

Die Grundidee ist jene eines adaptiven Versuch-Irrtums-Lernens auf Populationsebene. Dass dieses “Populationsdenken“ im Rahmen von evolutiven Algorithmen menschliche Lernprozesse nicht adäquat zu erfassen vermag, ist augenscheinlich. Erstens verändern Menschen ihr Verhalten nicht zufällig und ungerichtet, sondern versuchen ihr Verhalten im Rahmen von Lernprozessen mehr oder weniger gezielt zu verbessern. Zweitens verfügen die Individuen der biologischen Evolution über kein Gedächtnis und somit über keine Vergangenheit aus der sie lernen könnten, während dieses für menschliches Lernen charakteristisch ist.² Drittens ist die Definition evolutiver Fitness in der Biologie bzw. in evolutiven Algorithmen (z.B. anhand der Anzahl der Nachkommen) deutlich einfacher und objektiver als bei menschlichem Lernen, wo der “Erfolg“ von individueller Erfahrung und Anspruchsniveaus abhängt. Auch verschwinden unangepasste, ineffiziente oder gar “irrationale“ Verhaltensweisen in sozio-ökonomischen Systemen nicht mit Sicherheit. Vielmehr können sie in Abhängigkeit von Marktbedingungen und Wettbewerbsintensität relativ lange überleben und lernende Individuen können ihr Verhalten ändern, bevor sie untergehen. Viertens handelt es sich um rein adaptive Mechanismen, die menschliche Kognition und Kreativität ausblenden.

²Siehe auch BRENNER (1998, 281), der mit seinem “Variation-Imitation-Decision Modell“ einen allgemeineren Ansatz evolutiven Lernens vorschlägt: „*In all cases where the individual past is important for the learning process, evolutionary algorithms, as they are usually formulated, are no adequate tool for the description of learning.*“

Bevor auf diese Kritikpunkte näher eingegangen wird, soll kurz auf Anwendungen und Weiterentwicklungen genetischer Algorithmen hingewiesen werden. So wurden sie beispielsweise als Ersatz für die Annahme rationaler Erwartungen in makroökonomischen Gleichgewichtsmodellen verwendet, um diese auch im Rahmen beschränkter Rationalität rechtfertigen zu können (SARGENT, 1993). Die dabei verwendete Methodik wird von anderen Vertretern des Ansatzes teilweise stark kritisiert. So beschreibt MOSS (1999, 8) die Vorgehensweise folgendermassen: „*This (Sargent’s) work has given rise to a minor industry among economists that seems to work the following way:*

1. *Write down a rational expectations model.*
2. *Determine the equilibrium configuration of the model.*
3. *Replace the rational expectations agent with multiple agents represented by genetic algorithms.*
4. *Simulate the model devised in step 3.*
5. *If the simulation converges to the corresponding rational expectations equilibrium, write up the results and send to a journal.*
6. *If the simulation does not converge to the corresponding rational expectations equilibrium, revise the model and/or the genetic algorithm and go to step 2.“*

Vor dem Hintergrund dieser Kritik an der Verwendung von genetischen Algorithmen und im Hinblick auf den Einbezug stärker kognitiv orientierter Elemente hat sich in jüngerer Zeit ein Ansatz *genetischen Programmierens* entwickelt (KOZA, 1992). Nach EDMONDS (1998) zeichnet sich dieser Ansatz dadurch aus, dass die modellierten Akteure nur über ein unvollständiges Bild oder Modell von ihrer Umwelt haben bzw. dass mehrere alternative, evolvierende Vorstellungen über die Umwelt bestehen. Der Lernprozess besteht dann in der Selektion parallel existierender Vorstellungen (mental models / beliefs) aufgrund ihrer “Fitness“ (vgl. MOSS & EDMONDS, 1998, für eine Übersicht des Ansatzes). Ob dieser Ansatz grundsätzlich neue Erkenntnisse zu erbringen vermag, ist bislang offen, denn es scheint vorerst unklar, inwiefern die algorithmische Modellierung von Vorstellungen statt Strategien einen grundsätzlichen Unterschied macht.

b) Evolutionäre Spieltheorie und Replikatorodynamik

Eine weitere Variante “evolutiven Lernens“ in Populationen ist die *evolutionäre Spieltheorie*.³ Sie modelliert Individuen als “Typen“, die fix auf ein bestimmtes Verhalten bzw. eine Strategie vorprogrammiert sind. Die Population besteht aus Individuen, welche jeweils einem Typus angehören. Individuen treffen zufällig aufeinander und “verhalten“ sich dabei gemäss ihrem Programm. Jene Individuen bzw. Typen, die aus dem Zusammentreffen eine höhere Auszahlung

³Vgl. SCHLAG (2000) für eine kurze Übersicht sowie WEIBULL (1995) und SAMUELSON (1997) für ausführliche Darstellungen der evolutionären Spieltheorie.

erhalten als andere, erhöhen dadurch ihre relative Reproduktionsfähigkeit bzw. geben ihren Typus mit höherer Wahrscheinlichkeit an die nächste Generation weiter.

Das Interesse gilt hier vornehmlich der Frage, welche “Verhaltensweisen“ bzw. Strategien langfristig auf Ebene der Population überleben und ob bzw. welche Konzepte der nicht-kooperativen Spieltheorie (z.B. Nash-Gleichgewichte) sich aufgrund des Prozesses rechtfertigen lassen. Dabei wird u.a. untersucht, unter welchen Bedingungen z.B. dominierte Strategien aus der Population verschwinden und welche Strategien in dem Sinne evolutionär stabil (ESS) sind, als sie überleben, wenn eine kleine Gruppe von Mutanten mit einer alternativen Strategie in die Population eindringt.⁴ Dort wo die nicht-kooperative Spieltheorie keine eindeutige Lösung erbringt, d.h. eine Diskriminierung zwischen mehreren Gleichgewichten innerhalb eines Lösungskonzepts nicht möglich ist, interessiert zudem, welches Gleichgewicht aufgrund des evolutiven Mechanismus theoretisch oder in Simulationen erreicht wird. Evolutionäre Modellierungen stellen also eine Alternative zur traditionellen “equilibrium refinements“ Literatur der Spieltheorie (vgl. FUDENBERG & TIROLE, 1991) dar, beispielsweise indem ESS immer auch Nash Gleichgewichte sind, womit ESS als “Verfeinerung“ des Nash-Konzeptes verstanden werden können (FUDENBERG & LEVINE, 1998, 52).

Der vielleicht gebräuchlichste und grundlegendste evolutionäre Mechanismus ist die *Replikatorodynamik*, die von TAYLOR & JONKER (1978) zur Modellierung biologischer Selektion vorgeschlagen wurde. Grundidee der natürlichen Auslese ist hier, dass die Rate mit der sich ein Verhalten oder eine Strategie in einer Population ausbreitet (oder reduziert), eine (lineare) Funktion des relativ zu alternativem Verhalten bzw. dessen Durchschnitt erzielten Erfolges ist; wobei der Erfolg üblicherweise im Sinne von Reproduktionsraten verstanden wird (vgl. YOUNG, 1998, 27). Die Replikatorodynamik wird in der evolutionären Spieltheorie üblicherweise als Metapher für “soziales Lernen“ interpretiert, bei dem die Spieler nicht aus eigener Erfahrung, sondern durch “Befragung“ anderer Spieler lernen (vgl. FUDENBERG & LEVINE, 1998, 67ff.).⁵ Eine weitere, verbreitete Interpretation ist, dass sich “Replikatorlernen“ in der Imitation erfolgreichen Verhaltens manifestiert.

Während sich die traditionelle Spieltheorie mit Situationen strategischer Interdependenz auf Ebene der Individuen befasst, beschäftigt sich ihre evolutionäre Variante mit der Dynamik von Strategien auf Populationsebene. Damit geht eine potentielle Stärke spieltheoretischer Modellierung, d.h. die Erfassung eigentlicher, strategischer Interaktion, verloren, indem nicht denkende und lernende Individuen, sondern vorgegebene Strategien gegeneinander spielen. Im

⁴Für eine Diskussion des Konzepts evolutionär stabiler Strategien vgl. WEIBULL (1995, 35) oder YOUNG (1998, xii).

⁵Weil die Replikatorodynamik erfolgreiches Verhalten (auf Ebene der Population) verstärkt und erfolgloses abschwächt, ergeben sich Parallelen zum Verstärkungslernen auf Ebene des Individuum; siehe BÖRGERS & SARIN, (1997) für einen Vergleich der beiden Mechanismen.

Hinblick auf Lernprozesse wäre nämlich insbesondere die Erfassung dynamischer Interaktion, bei der die Spieler nicht einfach eine gegebene Strategie ständig wiederholen, sondern die Aktionen der Mitspieler dynamisch antizipieren und im Zeitablauf aktiv Einfluss nehmen besonders wertvoll.

c) Beurteilung und Erweiterung

Insgesamt ist den genannten Ansätzen der evolutiven Modellierung von Lernen auf Populations-ebene gemeinsam, dass (i) *eigentliche Verhaltensänderungen* nicht möglich sind weil die Agenten auf bestimmtes Verhalten fix programmiert sind bzw. als solche gar nicht vorhanden sind und damit die Motivation für Verhaltensänderungen ausgeblendet wird, dass (ii) die Agenten über kein eigenes Gedächtnis verfügen, sondern ein solches allenfalls auf Populationsebene im Sinne überlebender Verhaltensweisen oder Strategien existiert, und dass damit (iii) für denkende, kreativ handelnde oder aktiv lernende Individuen ist in diesen Modellen kein Platz ist.

Diese Kritik führt nun zur Frage, welche Eigenschaften für ökonomisch und evolutiv relevante Lernprozesse grundlegend und charakteristisch sind. Allgemein lässt sich Lernen als dauerhafte Verhaltensänderung oder des Potentials zur Verhaltensänderung aufgrund eigener oder durch andere vermittelter Erfahrung definieren (vgl. z.B. SCHUNK, 1991; BRENNER, 1999). Konstituierend sind damit die Elemente der Verhaltensänderung, deren Dauerhaftigkeit sowie der Bezug zum Handeln. Eingeschlossen ist aber auch, dass Lernen auf Ebene des Individuum stattfindet, welches letztlich die eigentliche Instanz des Denkens, Handelns und Lernens ist. Damit unterscheidet sich menschliches Lernen auch von reiner Adaption, die z.B. DAY (2000) als Prozess der Anpassung lebender Organismen an ihre Umwelt versteht, während er Lernen als Prozess der Aufnahme von Information oder Erlangung von Kompetenzen im Hinblick auf das Ausführen einer Handlung oder die Erfüllung einer Aufgabe definiert. Wird Lernen in dieser Weise als individueller Prozess aufgefasst, ergibt sich auch eine natürliche Verbindung zu aktivem und kreativem Handeln, indem Lernen dessen Grundlage bildet. Die Verbindung von Lernen aus Erfahrung, Denken, Schlussfolgern und Handeln ist denn auch die Voraussetzung für jene Kreativität, die im sozio-ökonomischen System Innovationen als Motor für dessen Selbsttransformation hervorbringt.⁶

Der Zusammenhang zwischen den geschilderten Elementen, aber auch der Unterschied zum biologischen Evolutionsmodell, lässt sich etwa am folgenden Beispiel erörtern. Das Wetter ist für den Menschen ein exogener Faktor bzw. eine Restriktion, an die er sein Verhalten anpasst,

⁶Für Ansätze, welche die Rolle von Kreativität und Innovationsprozessen in den Vordergrund stellen, siehe z.B. die Arbeiten von RÖPKE (1977 und 1990) und HESSE (1990), sowie die kurze Übersicht von SCHOHL (2000). Zudem ist auf Arbeiten hinzuweisen, die kognitive Aspekte im evolutiven Kontext betonen, z.B. DENZAU & NORTH (1994) sowie im Hinblick auf wirtschaftspolitische Prozesse MEIER & SLEMBECK (1998) und SLEMBECK (2000).

indem er beispielsweise seine Produktions- und Freizeitaktivitäten oder seine Kleidung danach ausrichtet. Im Gegensatz zu vielen anderen Wesen hat der Mensch aber die Möglichkeit auf individueller Ebene aus Erfahrung zu lernen, wie diese Anpassung möglichst optimal erfolgt (z.B. indem er seine Kleidung generell verbessert). Selbst bei rein exogenen Veränderungen besteht also die Möglichkeit der aktiv-kreativen Verhaltensänderung durch Lernen. Steht dem Lernenden zudem eine Wetterprognose zur Verfügung, wird z.B. mit 80% Wahrscheinlichkeit Regen vorausgesagt, hat er die Möglichkeit des antizipativen Verhaltens (z.B. in dem er die für diesen Tag passende Kleidung wählt).

Im ökonomischen Kontext ist die Situation aufgrund der zusätzlichen Interaktionsmöglichkeiten allerdings noch einmal anders. Wie eingangs angedeutet, muss beispielsweise ein im Wettbewerb stehender Unternehmer einerseits lernen, sich den Marktbedingungen und Kundenwünschen anzupassen. Andererseits erhöht er seine Überlebenschancen im Markt, wenn er aufgrund seiner Erfahrung aktiv wird, in dem er z.B. neue Produktionsverfahren und Produkte entwickelt, neue Märkte erschliesst, Kundenwünsche beeinflusst oder Konkurrenten aufkauft. Damit versucht er aktiv und kreativ auf die für ihn gültigen Restriktionen Einfluss zu nehmen. Wenn wir beim Bild des Wetters bleiben bedeutet dies, dass der Unternehmer durch Innovationen zu bewirken versucht, dass es bei ihm nicht regnet wenn dies unerwünscht scheint, oder dass es bei ihm regnet, wenn seine Ernte zu verdorren droht. Oder wenn der Unternehmer Grund zur Annahme hat, dass seine Konkurrenten mit 80% Wahrscheinlichkeit in den nächsten drei Jahren ein besseres Produkt auf den Markt bringen werden, kann er sich daran nicht nur anpassen, sondern aktiv versuchen, schneller bzw. innovativer zu sein.

Diese Überlegungen verdeutlichen erstens, dass in der Möglichkeit der aktiven Einflussnahme auf Restriktionen durch die Akteure des sozio-ökonomischen Systems ein ganz grundlegender Unterschied zur passiven Adaption in biologischen Systemen besteht. Zudem wird zweitens ersichtlich, dass *individuelles Lernen* jenes Bindeglied zwischen passiver Adaption einerseits und aktiver Kreation andererseits ist, welches sozio-ökonomische Selbsttransformation vorantreibt. Drittens zeigt sich, dass Variation und Selektion im sozio-ökonomischen Kontext weitaus reichhaltigere und komplexere Prozesse sind, als in der Biologie: „...*variation and selection occur in a different and much less constrained form which allows significantly greater degrees of freedom*“ (WITT, 2000, 3).

Ebenso lässt sich Bewahrung bzw. Replikation nicht auf die Imitation erfolgreichen Verhaltens reduzieren, wie dies die übliche Analogie nahelegt. Insbesondere ist Imitation weder im biologischen noch im sozio-ökonomischen Kontext ein solch einfacher Prozess, wie er in der ökonomischen Literatur häufig dargestellt wird.⁷ Meist sind nur höher entwickelte Arten

⁷Vgl. z.B. SCHLAG (1998 und 1999) für theoretische Arbeiten sowie BOSCH & VRIEND (1999) für einen experimentellen Ansatz zum Imitationslernen.

teilweise in der Lage, das (erfolgreiche) Verhalten von Artgenossen aktiv zu imitieren *und* an die Nachkommenschaft weiter zu geben. Ebenso ist es für Menschen keineswegs einfach, erfolgreiches Verhalten, z.B. im Privatleben, im Sport oder in der Geschäftswelt, zu imitieren.⁸ Zudem ist offensichtlich, dass Imitation zwar ein adaptiv-bewahrender Mechanismus ist, aber Evolution im Sinne von Selbsttransformation nicht zu erklären vermag.

Insgesamt ergibt sich damit für die Übertragung evolutiver Mechanismen auf sozio-ökonomische Systeme ein deutlich komplexeres Bild als dies aus der "naiven" Darstellung in Tabelle 1 ersichtlich wird. Tabelle 2 ist ein Versuch, die evolutiven Mechanismen derart auf sozio-ökonomische Systeme zu übertragen, dass deren Charakteristika zum tragen kommen. Dabei wird zunächst zwischen der individuellen und der kollektiven (Populations)Ebene unterschieden. Dies entspricht der Auffassung, dass letztlich nur Individuen denken, lernen, kreieren und handeln können, und die Selbsttransformation von sozialen oder ökonomischen Systemen nicht ausschliesslich auf Populationsebene, sondern nur unter Einbezug entsprechend modellierter Individuen verstanden werden kann.

sozio- ökonomisch Systeme	Mechanismus		
	Variation	→ Selektion	→ Bewahrung
individueller Feedback			
individuelle Ebene	Veränderung von – Wissen – Denken – Verhalten ... "spontan" oder...	Überleben "passender" – Wissensmuster – Denkweisen – Verhaltensweisen	– Imitation – Kreation – Replikation von Verhalten, Denken und Wissen
kollektive Ebene	... aufgrund von – technischen – ökonomischen – politisch-administrativen und – sozialen Prozessen sowie – neuem Wissen – neuen Ideen / Ideologien	... im – technischen – ökonomischen – politisch-administrativen und – sozialen Wettbewerb sowie im – Wettbewerb des Wissens / der Ideen	... erzeugen und verändern – Innovationen – Regeln – Routinen – Institutionen – Wissen im technische, ökonomischen, politischen, sozialen, und wissenschaftlichen Bereich als „kollektives Gedächtnis.“
kollektiver Feedback			

Tabelle 2: Erweiterte Darstellung der evolutiven Mechanismen im sozio-ökonomischen System.

⁸So sind beispielsweise die Probleme bei der Imitation erfolgreicher Geschäftsleute oder Firmen keineswegs zu unterschätzen, wie uns die Managementlehre lehrt.

Variation bedeutet hier auf Ebene des Individuums die Veränderung von Wissen, Denken und Verhalten. Grundlegende Motivation ist entweder eine “spontane“, vom Individuum selbst erzeugte Veränderung (z.B. Neugier) oder die Unzufriedenheit mit der Situation (vgl. WITT, 1994; MEIER & SLEMBECK, 1998, Kap. 3), die ihrerseits durch Prozesse im technischen, ökonomischen, politisch-administrativen oder sozialen Bereich bzw. auch durch neues Wissen, neue Ideen oder Ideologien ausgelöst wird. Die Selektion individueller Wissen-, Denk- und Verhaltensmuster erfolgt dann aufgrund ihrer *Anwendung* innerhalb eines impliziten oder expliziten Wettbewerbs bzw. allgemeiner, aufgrund von Interaktion mit anderen Individuen in den eben genannten Bereichen.⁹

Erfolgreiche Muster werden bewahrt, indem sie einerseits von Individuen imitiert und repliziert (wiederholt) werden, aber auch indem sie in dem Sinne “kreiert“ werden, als sie aufgrund der Lernerfahrung im Selektionsprozess neu kombiniert werden und damit wiederum als Input neuerlicher Variation dienen. Lernen meint hier den individuellen Prozess der Anwendung von neuen bzw. variierten Mustern, der Bewahrung sowie der Weiterentwicklung erfolgreicher Muster anhand individuellen Feedbacks. Auf kollektiver Ebene erfolgt die Bewahrung erfolgreicher Muster schliesslich in Form von der Hervorbringung von Innovationen bzw. der Erzeugung und Veränderung von Regeln, Routinen, Institutionen und kollektivem Wissen in den genannten Bereichen. Zusammen genommen, könnten diese Veränderungen auf kollektiver Ebene metaphorisch auch als “Weiterentwicklung eines kollektiven Gedächtnisses“ verstanden werden. Sie wirken im Sinne der Selbsttransformation ihrerseits als kollektives Feedback einerseits als Input neuerlicher Variation und andererseits auf die Selektionsprozesse, indem sich deren Inhalte, Regeln und Institutionen ebenfalls verändern können.

3. Individuelles Lernen

Wie z.B. DAY (2000) richtigerweise feststellt, sind Adaptionen- und Lernprozesse in der ökonomischen Literatur relativ deutlich vernachlässigt worden, haben aber in jüngerer Zeit vor allem im Rahmen der evolutiven Ökonomik zunehmend Beachtung gefunden. Etwas erstaunlich ist allerdings, dass in Anbetracht der im letzten Abschnitt geführten Diskussion, die nahe legt, dass Evolution nur unzureichend als Selbsttransformation von sozialen oder ökonomischen Systemen verstanden werden kann, wenn Lernprozesse ausschliesslich als Adaption auf Populationsebene analysiert werden, die grosse Zahl individueller Lerntheorien seitens der evolutiven Ökonomik ebenfalls vernachlässigt wird. Während sich die ökonomische Lerntheorie (vgl. FUDENBERG & LEVINE, 1998) auch ausführlich mit evolutiven Modellierungen be-

⁹Hierzu ist einerseits anzumerken, dass sich die genannten Bereiche stark überlappen und oft kaum sinnvoll trennbar sind. Andererseits können Wissens-, Denk- und Handlungsmuster auch ausserhalb der Interaktion mit anderen Individuen selektioniert werden, was allerdings für die hier diskutierten sozialen und ökonomischen Systeme von geringerer Bedeutung sein mag.

schäftigen, scheint die Evolutorik nur sehr zögernd von individuellen Lerntheorien Kenntnis genommen zu haben.¹⁰ Nachfolgend soll deshalb kurz auf einige wichtige Ansätze eingegangen werden.¹¹

Die grösste Beachtung haben – neben dem *rationalen Lernen*, welches auf dem Bayes'schen Mechanismus beruht – vor allem das aus der Psychologie stammende Verstärkungslernen (*reinforcement learning*) und verschiedene Formen des erwartungsbasierten Lernens (*belief-based learning*) gefunden. Beim *Verstärkungslernen* lernt das Individuum im Rahmen eines stochastischen Entscheidungsprozesses aufgrund des Erfolges oder Misserfolges seines *eigenen* Verhaltens in der Vergangenheit, indem erfolgreiches Verhalten mit höherer Wahrscheinlichkeit wiederholt wird als erfolgloses Verhalten. Für diese Art von Lernen ist charakteristisch, dass das Individuum über keinerlei Informationen bezüglich des Verhaltens oder Erfolges anderer Individuen verfügt bzw. zu verfügen braucht. Wie das evolutive Lernen, ist das Verstärkungslernen nicht-kognitiv, weil die Verhaltensänderung lediglich aufgrund eines Reiz-Reaktions-Mechanismus erfolgt. Aus diesem Grunde ist Verstärkungslernen vollkommen *unstrategisch*, wird aber in der Literatur insbesondere zur Analyse spieltheoretischer Situationen verwendet (EREV & ROTH, 1998). Empirische Evidenz aus Laborexperimenten zeigt, dass Verstärkungslernen die Daten in manchen dieser Situationen überraschend gut abbildet. Dies kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass anspruchsvolleres, strategisches Denken in gewissen Fällen durch simples Reiz-Reaktionsverhalten bzw. Verstärkungslernen – wie es auch bei Tieren beobachtbar ist – verdrängt oder überlagert wird.

Im Unterschied zum Verstärkungslernen ist es beim *erwartungsbasierten Lernen* notwendig, dass das lernende Individuum das Verhalten und/oder den Erfolg *anderer* an der Situation Beteiligter in der Vergangenheit kennt. Auf diesen Informationen basierend, werden Erwartungen über zukünftiges Verhalten anderer gebildet, welche ihrerseits die Basis für ein optimales Verhalten bei gegebenem Verhalten anderer bilden (z.B. das "Best Reply" Lernen). Erwartungsbasierte Ansätze modellieren damit Lernen nicht nur auf Ebene des Individuums, sondern lassen auch kognitive und strategische Aspekte in einem gewissen Mass einfließen.

Inhaltlich konzentrieren sich die genannten Ansätze in erster Linie auf die Formulierung des Lernprozesses selbst. Dieser Fokus scheint vorerst nötig, wenn der Prozess durch ein formales Modell abbildbar sein soll. Aus Sicht der Verhaltensforschung bedeutet er aber die Reduktion auf eine Mechanik, welche nur unter bestimmten Bedingungen plausibel erscheint (vgl. LOEWENSTEIN, 1999, für einen Vergleich zwischen experimenteller Verhaltensforschung und experimenteller Ökonomie). Wie im nächsten Abschnitt dargelegt wird, ist die implizite

¹⁰Vgl. DAY (2000), der in seinem Übersichtsartikel keine entsprechenden Arbeiten zitiert.

¹¹Für eine ausführliche Übersicht siehe BRENNER (1999). Kürzere Darstellungen sind in SLEMBECK (1999a) und BRENNER (2000) zu finden.

Annahme nämlich, dass die Lernumgebung hinsichtlich verschiedener Faktoren optimale Voraussetzungen bietet. Selbst in einfachen Anwendungen sind die Lernbedingungen häufig nicht so “optimal“ wie dies theoretisch angenommen bzw. vorausgesetzt wird. – Hierin mag auch ein Grund dafür liegen, dass die empirische Überprüfung von Lerntheorien in Laborexperimenten bisher keine einheitliche Evidenz für oder gegen bestimmte Lernmechanismen hervor gebracht hat (vgl. SLEMBECK, 1999a, und die dort zitierte Literatur). Einzig das rationale Lernen anhand des Bayes’schen Mechanismus scheint kaum durch empirische Daten gestützt zu werden, ist in manchen theoretischen Ansätzen aber nach wie vor aktuell (vgl. dazu kritisch BLUME & EASLEY, 1995).

4. Bedingtes Lernen

Wie eingangs angedeutet, wird das (komparativ-)statische Gleichgewichtskonzept der Ökonomie traditionell durch evolutive oder individuelle Anpassungs- und Lernprozesse rechtfertigt. Das Hauptargument sind marktliche oder evolutionäre Kräfte, die “langfristig“ dazu führen, dass ein unter gegebenen Bedingungen “optimales“ Gleichgewichtsverhalten im Sinne der jeweiligen Theorie resultiert. Dieses Argument wird gleichzeitig in Friedman’scher Tradition¹² zur Verteidigung der Gewinnmaximierungs- bzw. Rationalitätsannahme verwendet, indem unterstellt wird, dass sich Individuen (oder Firmen) im Ergebnis so verhalten “als ob“ sie im Sinne der Theorie vollständig rational wären, wenn Evolution und/oder Märkte annahmegemäss wirken (zur sog. “*classic defense*“ siehe WINTER, 1987, sowie KOOPMANS’, 1957, Kritik an Friedman¹³). Grundlegend ist hierzu festzustellen, dass im neoklassischen Modell erstens nicht nur die Anpassungsprozesse selbst nicht modelliert werden, sondern dass zweitens die *Voraussetzungen für solche Prozesse* weder diskutiert noch auf eine empirische Basis gestellt werden. Am deutlichsten ausgeprägt ist dies vielleicht in Modellen mit *rationalen Erwartungen*, welche implizit einen vollständigen (d.h. systematischen und abgeschlossenen) sowie fehlerfreien Lernprozess voraussetzen und damit gleichzeitig weiteres Lernen ausschliessen. Diese Grundhaltung der Neoklassik findet sich typisch bei Robert Lucas: “*Technically, I think of economics as studying decision rules that are steady states of some adaptive process, decision*

¹²Vgl. FRIEDMAN (1953) und in ähnlichem Sinne früher schon ALCHIAN (1950), der allerdings betont, dass positive Gewinne (im Gegensatz zur Gewinnmaximierung) für das Überleben von Firmen hinreichend sind, sowie ENKE (1951).

¹³In einem evolutiven Gleichgewichtsmodell haben BLUME & EASLEY (1998) zudem jüngst anhand von Beispielen gezeigt, dass Friedmans Gewinnmaximierungshypothese nur dann haltbar ist, wenn die Firmen einzig aufgrund des einbehaltenen Gewinns wachsen können. Sobald Kapitalmärkte eingeführt werden, können sich dynamische Anpassungspfade ergeben, die keinesfalls optimal sind. Im Bezug auf das Verhältnis zwischen natürlicher Auslese und Gewinnmaximierung kommen die Autoren zu folgendem Schluss: „*We show that it is simply not appropriate to argue for profit maximization on the basis of natural selection and then replace natural selection by profit maximization in either static or dynamic equilibrium analysis. It may be that profit maximizing behavior is a useful hypothesis, but the usefulness of natural selection as a defense of profit maximization is very limited.*“ (S. 23)

rules that are found to work over a range of situations and hence are no longer revised appreciably as more experience accumulates.“ (LUCAS, 1987, 218).

Die geschilderten individuellen Lerntheorien gehen insofern einen Schritt weiter, als sie den Lernmechanismus selbst spezifizieren. Wie die traditionellen Ansätze, lassen aber auch sie die möglichen Ausprägungen verschiedener “Lernumwelten“ und damit der *Lernbedingungen* weitgehend ausser Acht. Zwar unterstellen die Ansätze unterschiedliche Informationsbedingungen bzw. -anforderungen, doch erfassen sie damit nur einen Teil der relevanten Einflussfaktoren von Lernprozessen. Im Gegensatz hierzu betont der Ansatz bedingten Lernens (*contingent learning approach*; SLEMBECK, 1998) die Rolle der Lernbedingungen als situative Restriktionen für Anpassungs- und Lernprozesse auf Ebene des Individuums.¹⁴ In Analogie zu Theorien beschränkter Rationalität – wo korrekter von *bedingter* Rationalität gesprochen werden sollte, weil die Akteure nicht eigentlich “weniger“ rational sind, sondern lediglich zusätzlichen kognitiven Restriktionen unterworfen sind, aber in deren Rahmen wiederum “vollständig“ rational entscheiden – treten hier zusätzliche Situationsbedingungen auf, von welchen angenommen werden kann, dass sie Lernprozesse massgeblich mit beeinflussen. Ziel ist die Einführung von verhaltensorientierten Theorieelementen, welche die Modellierung von Entscheidungssituationen und Lernprozessen erstens im Hinblick auf Anwendungen realistischer erscheinen lassen und zweitens zusätzliche Kriterien zur Diskriminierung zwischen konkurrierenden Lernmechanismen und deren Anwendbarkeit liefern.

Ausgangspunkt ist die aus der psychologischen Literatur stammende und empirisch gut fundierte Feststellung, dass Entscheidungsprozesse aufgaben- und kontextabhängig verlaufen (*contingent decision making*; vgl. PAYNE ET AL., 1993). Analog dazu wird beim *contingent learning* davon ausgegangen, dass auch Lernprozesse systematisch durch situative Faktoren beeinflusst werden. Wie nachfolgend dargestellt, sind diese Faktoren für Lernprozesse überall dort relevant, wo die simplifizierenden Modellannahmen, z.B. hinsichtlich Komplexität und der Verfügbarkeit von Informationen, im Hinblick auf Anwendungen aufgegeben werden müssen.

a) Komplexität von Situation und Aufgabe

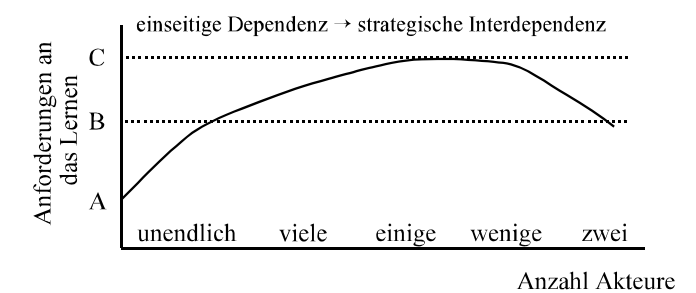
Der Komplexitätsgrad auf Ebene individueller Entscheidungen ist in den meisten ökonomischen Modellen relativ gering. So stehen üblicherweise nur ein oder zwei Aktionsparameter (z.B. Preis oder Menge) und in Spielen selten mehr als drei Strategien, also Verhaltensmöglichkeiten, zur Verfügung. Ebenso ist die Anzahl der Attribute je Alternative in aller Regel sehr beschränkt. Eine grosse Zahl von Studien der psychologischen Verhaltensforschung (vgl. PAYNE ET AL., 1993, S. 34ff.) weist aber darauf hin, dass die reine Anzahl von Alternativen und deren Attributen Entscheidungs- und Lernprozesse entscheidend beeinflussen können. Auch zeigen empirische

¹⁴Grundsätzlich ähnliche Überlegungen finden sich jüngst auch bei BÖRGERS (1999) und BRENNER (1999).

Arbeiten in der Spieltheorie, dass das Hinzufügen aus theoretischer Sicht “irrelevanter“ Strategien (z.B. weil diese durch andere Strategien dominiert sind) das Verhalten systematisch beeinflussen kann (vgl. z.B. das Experiment von AYMARD, 1999). Im Hinblick auf Anwendungen bedeutet dies, dass die vorgängige Eliminierung “irrelevanter“ Alternativen oder Aspekte der Situation seitens der Theorie – und damit eine exogen vorgegebene Fokussierung auf den theoretisch relevanten Realitätsausschnitt – zu einer Reduktion der Komplexität führt, die möglicherweise relevante Aspekte tatsächlicher Lern- und Entscheidungsprozesse ausblendet. Im Hinblick auf Lerntheorien bedeutet dies, dass Lernmechanismen, welche ihren empirischen Erklärungsgehalt auch bei erhöhter Komplexität beibehalten, tatsächliche Lernprozesse mit höherer Wahrscheinlichkeit erklären können. Eine Variation des Komplexitätsgrades (d.h. in der Regel eine Erhöhung gegenüber den traditionellen Modellen) kann somit nicht nur dazu dienen Lernprozesse realistischer darzustellen, sondern auch zwischen konkurrierenden Mechanismen hinsichtlich ihrer Robustheit und externen Validität zu diskriminieren.

b) Dependenzgrad

Ein anderer Aspekt von Komplexität in einem weiteren Sinne ist, dass die Anzahl an einer Situation beteiligter Individuen den Grad der (Inter)Dependenz zwischen den Individuen, und damit die individuellen Lernprozesse, mit beeinflusst. So scheint Lernen in einem Markt mit atomistischer Struktur und homogenen Gütern vergleichsweise einfach, weil alle Beteiligten typischerweise “Preisnehmer“ sind und es somit nur einen Beobachtungsparameter, nämlich den Marktpreis, zu lernen bzw. zu prognostizieren gilt (siehe Niveau A in Graphik 1). Auch existiert häufig nur ein Verhaltensparameter in Form der angebotenen oder nachgefragten Menge. Im Vergleich dazu mögen selbst einfache Zwei-Personen-Spiele grössere Anforderungen an Kognition und Lernen stellen, weil hier eine strategische Komponente hinzu tritt (Niveau B).



Graphik 1: Dependenzgrad und Lernen.

Zwischen den beiden Extremen der *einseitigen Dependenz* (atomistischer Markt) einerseits und der *zweiseitigen Interdependenz* (Zwei-Personen-Spiel) andererseits, liegt ein Kontinuum von Situationen, von welchen angenommen werden kann, dass sie rein aufgrund der Anzahl der Beteiligten höhere Anforderungen an die Lernenden stellen (z.B. Mehr-Personen-Spiele, Niveau C in Graphik 1). In wieweit sich Entscheidungs- und Lernprozesse verändern, wenn die Anzahl

der Beteiligten kontinuierlich steigt oder sinkt und welche Phasenübergänge dabei möglich sind (z.B. wenn die vollkommene Konkurrenz durch Ausscheiden von Marktteilnehmern in ein Polypol, Oligopol oder Duopol “umschlägt“) scheint bislang – zumindest experimentell – kaum untersucht worden zu sein. Die Analyse von Veränderungen des Abhängigkeitsgrades wirft nicht nur Licht auf das Anpassungsverhalten in praktisch relevanten Szenarien (z.B. kontinuierliche Marktaustritte in einem konjunkturellen Abschwung oder Marktkonzentration aufgrund von Globalisierungsprozessen), sondern kann im Hinblick auf die Theorie auch zeigen, welche der in der Literatur vorgeschlagenen Lernmechanismen das Anpassungsverhalten in Phasenübergängen hinreichend abzubilden vermögen.

c) Verfügbarkeit von Informationen

Wie in Abschnitt 3 dargelegt, unterscheiden sich Lerntheorien hinsichtlich der Informationsanforderungen welche an die Individuen gestellt werden. Dabei geht es insbesondere darum, ob einzig aufgrund eigener Erfahrung, oder anhand von Beobachtung Anderer gelernt wird. Grundlegend ist aber auch die Frage, wie viel den Akteuren über die Situation selbst bekannt ist. Diese auch als *strukturell* bezeichneten Informationen umfassen alle Merkmale einer Situation in der Ausgangslage, d.h. ohne Informationen über andere Individuen und deren Verhalten. Ökonomische Standardmodelle setzen regelmässig vollständige strukturelle Informationen voraus (z.B. hinsichtlich Handlungsraum und Auszahlungsfunktion). In lebensnahen Situationen ist augenscheinlich, dass diese Art von Information als Teil eines Lernprozesses erst gesammelt werden muss und möglicherweise nie vollständig zur Verfügung steht. Praktisches Lernen findet m.a.W. selten in wohldefinierten Handlungs- und Auszahlungsräumen statt und deren Erkundung ist Teil des Prozesses. Zwar befasst sich die Spieltheorie unter anderem mit strategischem Verhalten unter asymmetrischer Information, doch ist auch hier die grundsätzliche Struktur in aller Regel bekannt. Extremere (und möglicherweise realistischere) sind Spiele mit “niedriger“ Information (*low information games*; SLEMBECK, 1999b), oder Spiele bei denen den Beteiligten nicht bewusst ist, dass sie ein Spiel spielen (zur sog. *minimal social situation* vgl. COLEMAN ET AL., 1990).

Eine Variante des Fehlens struktureller Information ist das Wissen um deren Fehlen, was auch als *strukturelle Unsicherheit* bezeichnet wird. Diese ist zu unterscheiden von *strategischer Unsicherheit*, welche in Situationen strategischer Interdependenz auftritt und auf fehlenden Informationen über das Verhalten *anderer* Individuen in der Situation beruht. Das Auftreten beider Arten von Unsicherheit ist in allen praktischen Lernzusammenhängen wahrscheinlich und beeinträchtigt den Lernprozess dahingehend, dass er mit mehr Misserfolgen verbunden ist und damit auch tendenziell verlängert wird.

Experimente scheinen darauf hinzuweisen, dass mangelnde strukturelle Information bzw. strukturelle Unsicherheit das Erlernen situativ optimalen Verhaltens stärker erschweren, weil die

zugrundeliegende Struktur während des Lernprozesses möglicherweise nie vollständig bekannt wird, während strategische Unsicherheit in ihrer Bedeutung im Zeitablauf aufgrund der gesammelten Erfahrungen mit anderen Individuen deutlicher abnimmt.

Wie bei der Diskussion der Bedeutung von Komplexität, geht es auch bei der Verfügbarkeit von Informationen nicht nur einfach darum, Situationen und Lernprozesse realistischer *per se* abzubilden, sondern Lernmechanismen unter “mangelhafter“ struktureller Information sowie bei Vorliegen struktureller und strategischer Unsicherheit bezüglich ihrer Prognosekraft und Robustheit zu vergleichen, um damit zu zusätzlichen Entscheidungskriterien auf Ebene der Theorie zu gelangen.

d) Quantität, Qualität und Inhalt des Feedback

Die wohl augenscheinlichste Einflussgrösse für Lernprozesse ist das Feedback. So scheint Lernen ohne jede Rückmeldung über die Auswirkungen des Handelns oder Verhaltens kaum denkbar. In den meisten ökonomischen Modellen und auch Lerntheorien ist das Feedback häufig, unverzögert und unverzerrt, d.h. sofort und eindeutig auf bestimmtes Verhalten attribuierbar. Psychologen haben im Gegensatz dazu immer wieder darauf hingewiesen, dass *Qualität und Quantität* des Feedback dem theoretischen Ideal in der Praxis nur ausnahmsweise entspricht (vgl. TVERSKY & KAHNEMAN, 1987). So ist das Feedback für Manager, Unternehmer oder Politiker typischerweise “mangelhaft“, weil

- 1) die Ergebnisse oft verzögert und nicht einer bestimmten Handlung zuordenbar sind,
- 2) die Variabilität der Umwelt die Reliabilität des Feedbacks vermindert, v.a. wenn die Ergebnisse mit tiefen Wahrscheinlichkeiten verbunden sind,
- 3) häufig keine Informationen über die möglichen Ergebnisse anderer als der tatsächlich ausgeführten Handlungen bestehen, und
- 4) viele wichtige Entscheidungen selten oder einmalig sind sodass geringe Lernmöglichkeiten bestehen.

Während der *Inhalt* des Feedbacks unter einseitiger Dependenz relativ klar definierbar ist (i.d.R. Preisänderungen), ergibt sich in Situationen strategischer Interdependenz eine grösser Zahl von Möglichkeiten. Kombiniert man die Möglichkeiten des Lernen aufgrund von eigenem Verhalten und dem eigenen Ergebnis eines Akteurs mit den entsprechenden Informationen über andere an der Situation beteiligten Akteure ergeben sich die Varianten gemäss Tabelle 3.

Variante	Inhalte des Feedbacks			
	eigenes Verhalten	eigenes Ergebnis	Verhalten anderer Akteure	Ergebnis anderer Akteure
A	X	X		
B ₁	X	X	X	
B ₂	X	X		X
C	X	X	X	X

Tabelle 3: Inhalte des Feedbacks

Hier wird davon ausgegangen, dass ein Akteur sein eigenes Verhalten und das von ihm erzielte Ergebnis kennt bzw. sich daran zumindest kurzfristig erinnern kann, aber Verhalten und Ergebnis anderer Akteure möglicherweise unvollständig bekannt sind. In wiefern Lernprozesse von dieser Art von Information beeinflusst werden, ist allerdings im Allgemeinen nicht eindeutig prognostizierbar. So kann es in gewissen Situationen wichtig sein, das Verhalten anderer Akteure zu kennen, während Informationen über den Erfolg anderer Akteure manchmal mehr Bedeutung haben können (Varianten B₁ und B₂ in Tabelle 3; vgl. auch die experimentellen Arbeiten von HUCK, NORMANN & OECHSSLER, 2000). Deshalb scheint es wichtig, die Bedeutung des Inhalts des Feedbacks bei der Spezifizierung von Lernmodellen zu berücksichtigen.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Modelle, die qualitativ und quantitativ “mangelhaftem“ Feedback sowie dessen unterschiedlichen Inhalten Rechnung tragen, im Hinblick auf Anwendungen flexibler sind, weil die Bedingungen verschiedener Lernumwelten detaillierter erfasst werden können. Lernmechanismen, die auch unter solchen wenig idealen Feedbackbedingungen beobachtbares Lernverhalten abzubilden vermögen, sind mit grösserer Wahrscheinlichkeit in der Lage, tatsächliche Lernprozesse zu erfassen (externe Validität).

5. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lassen sich aus dem Gesagten, folgende Punkte ableiten. Erstens wurde argumentiert, dass die biologische Metapher evolutiver Mechanismen zu kurz greift, wenn sie Lernprozesse ausschliesslich auf Populationsebene modelliert, weil damit jene Prozesse auf individueller Ebene ausgeblendet werden, ohne die soziale oder ökonomische Selbsttransformation nicht erfasst werden kann. Lernen als Verbindungselement zwischen passiver Adaption und aktiver Kreation kann letztlich nur im Kontext individuellen Denkens und Handelns verstanden werden.

Zweitens wurden einige Ansätze individuellen Lernens diskutiert. Obwohl sie menschliches Lernverhalten in mancher Hinsicht besser abzubilden vermögen, indem sie z.B. ein gewisses Mass an Kognition und Lernen aus individueller Erfahrung zulassen, gehen sie im Bereich der

Lernbedingungen von idealen Voraussetzungen aus, die sich empirisch kaum rechtfertigen lassen.

Drittens wurde deshalb argumentiert, dass der Einbezug von Lernbedingungen als zusätzlichen Variablen eine reichhaltigere Modellierung erlaubt und damit die Anwendungsmöglichkeiten erweitert. Auf theoretischer Ebene geht es dabei nicht einfach um realistischere Modelle, sondern um eine bessere mikroökonomische, verhaltensbasierte und auch empirisch überprüfbare Fundierung der evolutiven wie neoklassischen Modellen implizit zugrundeliegenden Annahmen. So stellt sich die grundsätzliche Frage, ob und welche evolutiven Pfade oder Gleichgewichte sich rechtfertigen lassen, wenn die Lernbedingungen *nicht ideal* sind. Damit werden m.a.W. auch die Grenzen und Anwendungsbedingungen der entsprechenden Ansätze ausgeleuchtet.

Viertens erlaubt es der Ansatz bedingten Lernens, Lernmechanismen hinsichtlich ihrer Robustheit und externen Validität zu vergleichen und empirisch zu testen. Für die experimentelle Forschung zum Thema Lernen und Evolution – und damit auch für die theoretische Weiterentwicklung in diesem Bereich – bedeutet dies, dass unterschiedliche Lernbedingungen als primäre Experimentalvariablen eingeführt und variiert werden können. Ausgehend von einer einfachen Situation mit idealen Lernbedingungen (wie sie typischerweise in der Literatur zu finden ist), werden in diesem Ansatz Komplexitäts- und Dependenzgrad, die Verfügbarkeit von Information sowie Qualität, Quantität und Inhalt des Feedback variiert (idealerweise unter *ceteris paribus* Bedingungen). Jene Lernmechanismen, die ihren Erklärungsgehalt auch unter “mangelhaften“, d.h. häufig auch realistischeren Lernbedingungen beibehalten, sind robuster und bilden tatsächliche Anpassungs- und Lernprozesse mit grösserer Wahrscheinlichkeit ab.

Literaturverzeichnis

- **Alchian, A.** (1950): *Uncertainty, Evolution and Economic Theory*, Journal of Political Economy, Vol. 58, 211–221.
- **Aymard, S.** (1999): *The Influence of Non-Credible Threats: An Experimental Study of Centipede Games with Veto*, mimeo, Faculté Sciences Economiques, Université Montpellier 1.
- **Blume, L.E. & Easley, D.** (1995): *What Has the Rational Learning Literature Taught Us?*, in: Kirman, A.P. & Salmon, M. (Eds.): *Learning and Rationality in Economics*, Oxford / Cambridge, 12–39.
- **Blume, L.E. & Easley, D.** (1998): *Optimality and Natural Selection*, mimeo, July 9, 1998, Cornell University.
- **Bosch-Domènech, A. & Vriend, N.J.** (1999): *Imitation of Successful Behavior in Cournot Markets*, mimeo, Pompeu Fabra University and Queen Mary & Westfield College, London.
- **Börgers, T.** (1999): *Does Learning Lead to Nash Equilibrium?*, in: Inderfurth, K. et al. (Eds.): *Operations Research Proceedings 1999*, Springer, Berlin etc., 176–195.
- **Börgers, T. & Sarin, R.** (1997): *Learning Through Reinforcement and Replicator Dynamics*, Journal of Economic Theory, Vol. 77, 1–14.
- **Brenner, T.** (1998): *Can Evolutionary Algorithms Describe Learning Processes?*, Evolutionary Economics, Vol. 8, 271–283.

- **Brenner, T.** (1999): *Modelling Learning in Economics*, E.Elgar, Cheltenham.
- **Brenner, T.** (2000): *Lernen*, erscheint in: Hermann-Pillath, C. & Lehmann-Waffenschmidt, M. (Hrsg.): *Handbuch der Evolutorischen Ökonomik*, Bd. I, Springer, Berlin etc.
- **Coleman, A.A., Colman, A.M. & Thomas, R.M.** (1990): *Cooperation Without Awareness – A Multiperson Generalization of the Minimal Social Situation*, *Behavioral Science*, Vol. 35, 115–121.
- **Dawid, H.** (1999): *Adaptive Learning by Genetic Algorithms – Analytical Results and Applications to Economical Models*, Springer, Berlin etc.
- **Day, R.H.** (2000): *Adapting, Learning and Economizing*, in: Dopfer, K. (Ed.): *Evolutionary Economics: Program and Scope*, Recent Economic Thought Series, Kluwer, Dordrecht/Boston, forthcoming 2000.
- **Denzau, A.T. & North, D.C.** (1994): *Shared Mental Models: Ideologies and Institutions*, *Kyklos*, Vol. 47(1), 3–31.
- **Edmonds, B.** (1998): *Modelling Bounded Rationality in Agent-Based Simulations Using the Evolution of Mental Models*, Manchester Metropolitan University, Centre for Policy Modelling Report No. 98-33.
- **Enke, S.** (1951): *On Maximizing Profits: A Distinction Between Chamberlin and Robinson*, *American Economic Review*, Vol. 41, 566–578.
- **Erev, I. & Roth, A.E.** (1998): *Predicting How People Play Games: Reinforcement Learning in Experimental Games with Unique, Mixed Strategy Equilibria*, *American Economic Review*, Vol. 88 No.4, 848-881.
- **Friedman, M.** (1953): *Essays in Positive Economics*, University of Chicago Press, Chicago.
- **Fudenberg, D. & Levine, D.K.** (1998): *The Theory of Learning in Games*, MIT Press, Cambridge / London.
- **Fudenberg, D. & Tirole, J.** (1991): *Game Theory*, MIT Press, Cambridge / London.
- **Hesse, G.** (1990): *Evolutorische Ökonomik oder Kreativität der Theorie*, In: Witt, U. (Hrsg.): *Studien zur Evolutorischen Ökonomik*, Bd. 195/I, Duncker & Humblot, Berlin, 49–73.
- **Huck, S., Normann, H.T. & Oechssler, J.** (2000): *Lernen auf Cournot Märkten*, erscheint in: Hermann-Pillath, C. & Lehmann-Waffenschmidt, M. (Hrsg.): *Handbuch der Evolutorischen Ökonomik*, Bd. II, Springer, Berlin etc.
- **Koza, J.R.** (1992): *Genetic Programming - On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, MIT Press, Cambridge.
- **Loewenstein, G.** (1999): *Experimental Economics From the Vantagepoint of Behavioral Economics*, *Economic Journal*, Vol. 109 (February), F25–F34.
- **Lucas, R.E.** (1987): *Adaptive Behavior and Economic Theory*, in: Hogarth, R.M. & Reder, M.W. (Eds.): *Rational Choice - The Contrast Between Economics and Psychology*, Chicago/London, Chicago Univ. Press, 217–242.
- **Meier, A. & Slembeck, T.** (1998): *Wirtschaftspolitik - Ein kognitiv-evolutionärer Ansatz*, München/Wien, Oldenbourg.
- **Moss, S.J.** (1999): *Relevance, Realism and Rigour: A Third Way for Social and Economic Research*, Manchester Metropolitan University, Centre for Policy Modelling Report No. 99-56.
- **Moss, S.J. & Edmonds, B.** (1998): *Modelling Economic Learning as Modelling*, *Systems and Cybernetics*, Vol. 29, 5–37.
- **Payne, J.W., Bettman, J.R. & Johnson, E.J.** (1993): *The Adaptive Decision Maker*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.

- **Röpke, J.** (1977): *Die Strategie der Innovation*, Mohr/Siebeck, Tübingen.
- **Röpke, J.** (1990): *Evolution and Innovation*, in: Dopfer, K. & Raible, K.F. (Eds.): *The Evolution of Economic Systems - Essays in Honour of Ota Sik*, Honsmill, London, 111–120.
- **Samuelson, L.** (1997): *Evolutionary Games and Equilibrium Selection*, Cambridge/London, MIT Press.
- **Sargent, T.J.** (1993): *Bounded Rationality in Macroeconomics*, Clarendon Press, Oxford.
- **Schlag, K.H.** (1998): *Why Imitate, and If So, How?*, *Journal of Economic Theory*, Vol. 78, 130–156.
- **Schlag, K.H.** (1999): *Which One Should I Imitate?*, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 31 (4), 493–522.
- **Schlag, K.H.** (2000): *Evolutionäre Spieltheorie*, erscheint in: Hermann-Pillath, C. & Lehmann-Waffenschmidt, M. (Hrsg.): *Handbuch der Evolutorischen Ökonomik*, Bd. I, Springer, Berlin etc.
- **Schohl, F.** (2000): *Kreativität*, erscheint in: Hermann-Pillath, C. & Lehmann-Waffenschmidt, M. (Hrsg.): *Handbuch der Evolutorischen Ökonomik*, Bd. I, Springer, Berlin etc.
- **Schunk, D.H.** (1991): *Learning Theories - An Educational Perspective*, New York.
- **Slembeck, T.** (1998): *A Behavioral Approach to Learning in Economics – Toward an Economic Theory of Contingent Learning*, University of Pittsburgh, Department of Economics, Working Paper No. 316.
- **Slembeck, T.** (1999a): *Learning in Economics: Where Do We Stand? – A Behavioral View on Learning in Theory, Practice and Experiments*, University of St.Gallen, VWA Discussion Paper No. 9907.
- **Slembeck, T.** (1999b): *Low Information Games: Experimental Evidence on Learning in Ultimatum Bargaining*, University of St.Gallen, VWA Discussion Paper No. 9903.
- **Slembeck, T.** (2000): *Ideologies, Beliefs, and Economic Advice – A Cognitive-Evolutionary View on Economic Policy-Making*, paper presented at the Conference on Evolutionary Analysis of Economic Policies, 4-6 May, 2000 in Bochum / Germany, Discussion Paper No. 2000-12, Department of Economics, University of St.Gallen.
- **Taylor, P. & Jonker, L.** (1978): *Evolutionary Stable Strategies and Game Dynamics*, *Mathematical Biosciences*, Vol. 40, 145–156.
- **Tversky, A. & Kahneman, D.** (1987): *Rational Choice and the Framing of Decisions*, in: Hogarth, R.M. and Reder, M.W. (Eds.): *Rational Choice - The Contrast Between Economics and Psychology*, Chicago/London, Chicago University Press, 67–94.
- **Weibull, J.W.** (1995): *Evolutionary Game Theory*, Cambridge/London, MIT Press.
- **Winter, S.G.** (1987): *Comments on Arrow and on Lucas*, in: Hogarth, R.M. and Reder, M.W. (Eds.): *Rational Choice - The Contrast Between Economics and Psychology*, Chicago/London, Chicago University Press, 243–250.
- **Witt, U.** (1993): *Emergence and Dissemination of Innovations*, in: Day, R. & Chen, P. (Eds.): *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*, Oxford University Press, Oxford, 91–100.
- **Witt, U.** (1994): *Wirtschaft und Evolution*, *WiSt*, Vol. 23, Heft 10, 503–512.
- **Witt, U.** (2000): *Evolutionary Economics: An Interpretative Survey*, in: Dopfer, K. (Ed.): *Evolutionary Economics: Program and Scope*, Recent Economic Thought Series, Kluwer, Dordrecht/Boston, forthcoming 2000.
- **Young, P.** (1998): *Individual Strategy and Social Structure*, Princeton University Press, Princeton.