

Ökologisches Wirtschaften Spezial

Ökologisch-ökonomische Komplexität

Spezial

Seit jeher ist es ein Anliegen des Informationsdienstes Ökologisches Wirtschaften, auch ein Forum für neue und über den Mainstream hinausgehende Konzepte der ökologisch-ökonomischen Theoriebildung zu bieten (vgl. hierzu insbesondere den Schwerpunkt „Ecological Economics“ in Ausgabe 5-6/1995 sowie das Spezial „Nachhaltiges Wirtschaften - eine feministische Perspektive“ in Ausgabe 3-4/1997).

Ein Kernelement der Ökologischen Ökonomie ist es, die Umwelt nicht mehr nur als Ressourcenlieferant und Abfalldepot anzusehen, sondern als ökologisches System, in das auch das ökonomische System eingebettet ist. Nimmt man, wie das vorliegende Spezial, diesen Ausgangspunkt sowie die Komplexität der jeweiligen Systeme ernst, so ergeben sich daraus erhebliche Konsequenzen.

Diese sind sowohl analytischer als auch politischer Natur, wie der Überblicksbeitrag von Frank Beckenbach deutlich macht. Die analytische Herausforderung wird von den zwei folgenden Beiträgen aufgenommen. C.S. Holling, L.H. Gunderson und G. Peterson gehen von den Erkenntnissen der Ökosystemforschung aus und prüfen deren Generalisierbarkeit. Das Potential eines thermodynamischen Zugangs über die Theorie dissipativer Strukturen wird im Beitrag von Guido Bünstorf und Christian Sartorius ausgelotet. Zugleich wird damit eine Verbindung zur evolutiven Ökonomie hergestellt. Ein exemplarisches Beispiel, was für Konsequenzen sich aus dem Komplexitätsproblem für die praxisorientierte Politikberatung ergeben, bietet schließlich der von Hans-Joachim Schellnhuber und Thomas Bruckner näher beleuchtete Leitplankenansatz im Klimaschutz.

● Paradigmatischen Neuorientierung. Ökologisch-ökonomische Komplexitätsforschung im Überblick Von Frank Beckenbach	1
● Comparing Complex Systems. A Four Phase Adaptive Cycle Approach. Von C. S. Holling, L.H. Gunderson und G. Peterson	4
● Selbstorganisation als „Missing Link“? Komplexe Systeme als Gegenstand von Evolutionsökonomik und ökologischer Ökonomik. Von Guido Bünstorf und Christian Sartorius	7
● Leitplanken erforderlich. Klimaschutz als Beispiel analytischer und politischer Komplexität. Von Hans-Joachim Schellnhuber und Thomas Bruckner	10
● Literatur zum Spezial	3

Ökologisch-ökonomische Komplexitätsforschung im Überblick

Paradigmatische Neuorientierung

Ökologisch-ökonomische Komplexitätsforschung behandelt die Nutzung ökologischer Ressourcen aus ökonomischer Perspektive als Aufeinanderwirken von zwei Systemen, die jeweils für sich auf unterschiedliche Weise komplex sind. Hieraus ergeben sich sowohl analytisch als auch politisch-programmatisch erhebliche Konsequenzen.

Von Frank Beckenbach
Die Notwendigkeit einer derartigen Perspektive lässt sich einerseits durch Beobachtungen abrupt auftretender Veränderungen in ökologischen Ressourcensystemen im Gefolge ihrer Nutzung plausibel machen (Schwellenwertphänomen). Nahegelegt wird die Einbeziehung der ökologisch-ökonomische-Komplexitätsforschung (öök) auch durch den Zuschnitt der Umwelt- und Ressourcenökonomie (URÖ) einerseits und der Ökologischen Ökonomie (ÖÖ) andererseits: während die URÖ auf die Analyse

sehr spezieller ökonomischer Problemstellungen unter der Maßgabe einer hochgradigen Stilisierung der Eigenschaften von erschöpfbaren und regenerierbaren Ressourcen orientiert ist, erschöpft sich die ÖÖ oft in der Ergänzung des analytischen Instrumentariums der URÖ um schwer theoriefähig zu machende ethische Erwägungen oder im Verweis auf den Komplexitätsüberhang ökologischer Systeme. Entsprechend kann ÖÖK erstens als ein *analytisches* Vorhaben charakterisiert werden. Dabei geht es um die Verdichtung der in unterschied-

lichen Anwendungskontexten und mit unterschiedlichen Modellierungstechniken gewonnenen Erkenntnisse über die Eigenschaften von komplexen Systemen. Als solche Eigenschaften lassen sich etwa benennen:

- ein breites Spektrum an Ordnungszuständen, das diese Systeme annehmen können;
- nicht-lineare Verknüpfungen von Elementen in Gestalt von positiven/negativen Rückkopplungen, Diskontinuitäten, Verzögerungen und dergl.;
- die Heterogenität der Elemente, sei es hinsichtlich ihres raum-zeitlichen Auftretens, sei es hinsichtlich ihrer internen Aktivitätslogik;
- eine hierarchische Schichtung der Elementinteraktion, indem die jeweils höhere Ebene für die niedrigere Ebene eine (langsam veränderliche) Randbedingung darstellt.

Trotz dieser allgemeinen Merkmale komplexer Systeme ist aber gegenwärtig kein allgemeines Komplexitätskonzept absehbar, das sowohl für ökologische und ökonomische Anwendungskonzepte gleichermaßen tauglich ist, als auch alle Konzepte für die Modellierung nicht-linearer dynamischer Systeme (Chaostheorie, Katastrophentheorie, Theorie dissipativer Strukturen, Synergetik, zelluläre Automaten, evolutionäre Algorithmen usw.) zu einer Synthese zusammenfaßt. Insofern empfiehlt es sich, genau zwischen einer analytischen und einer heuristischen Bedeutung komplexer Systemkonzepte zu unterscheiden: in der ersteren wird von einer weitgehend geklärten Deckungsgleichheit zwischen der Struktur des Untersuchungsgegenstands und der Struktur des verwendeten Systemkonzepts ausgegangen, in der letzteren steht dagegen die Suche nach möglichen Erklärungen durch Kombination verschiedener Systemelemente im Vordergrund.

Zweitens kann die öök als ein *politisch-programmatisches* Vorhaben charakterisiert werden. Damit ist eine Verabschiedung von der Vorstellung verbunden, solche Systeme könnten in irgendeiner Weise vollständig kontrolliert werden. Soweit sich die politischen Gestaltungserwartungen in derartigen Systemen auf eine einfache Ziel-Mittel-Logik stützen, werden diese Erwartungen mit überraschenden Nebeneffekten, Nebeneffekten der Nebeneffekte usw. konfrontiert werden. Da einzelne Zustandsgrößen nicht direkt kontrollierbar sind und zudem mit der Beeinflussung komplexer Systeme eine plötzliche (unerwünschte) Veränderung eines Ordnungszustandes auftreten kann, wird bei der politischen Einflußnahme nicht die Effizienz, (vgl. den Beitrag von Holling et al.) sondern

- die (ökologische und ökonomische) Effektivität von gestaltenden Einzelmaßnahmen und
 - die Stabilisierung von bevorzugten Ordnungszuständen
- im Vordergrund stehen. Insofern einerseits eine beständige Veränderung in ökologischen und ökonomischen Systemen unumgänglich ist, andererseits aber eine direkte Beeinflussung von Zustandsgrößen ausgeschlossen ist, bietet es sich an, die politischen Gestaltungserwartungen auf die Einhaltung derjenigen Korridore oder „Fenster“ von Zustandsgrößen zu orientieren, mit denen bevorzugte Ordnungszustände für das System als ganzes verbunden werden (vgl. hierzu auch den Beitrag von Schellnhuber und Bruckner).

► Komplexität von Ökosystemen...

Für die moderne ökologische Systemtheorie ist die Erkenntnis wohlvertraut, daß sich die meisten ihrer Untersuchungsgegenstände durch Komplexitätsmerkmale auszeichnen. Belege für diese Erkenntnis lassen sich aus der Populationsökologie, aus der Untersuchung von Vegetationssystemen (boreale Wälder), der Klimaforschung und auch aus neueren Modellierungen der Evolutionstheorie gewinnen. Obwohl diese Erkenntnisse (noch) nicht zu einem allgemeinen ökologischen Komplexitätskonzept geführt haben, lassen sich doch prägnante Varianten für die Konzeptualisierung ökologischer Komplexität benennen:

- Energiefluß- und Stoffzyklussysteme fern vom Gleichgewicht,
- die Behandlung der Arteninteraktion in Multi-Spezies-Systemen (unter Einschluß von Verhaltensunterschieden innerhalb einer Art und räumlicher Gegebenheiten) und
- das von Holling entwickelte Konzept des Ökosystemzyklus (unter Einschluß der Eigenschaft der „selbstorganisierten Kritizität“).

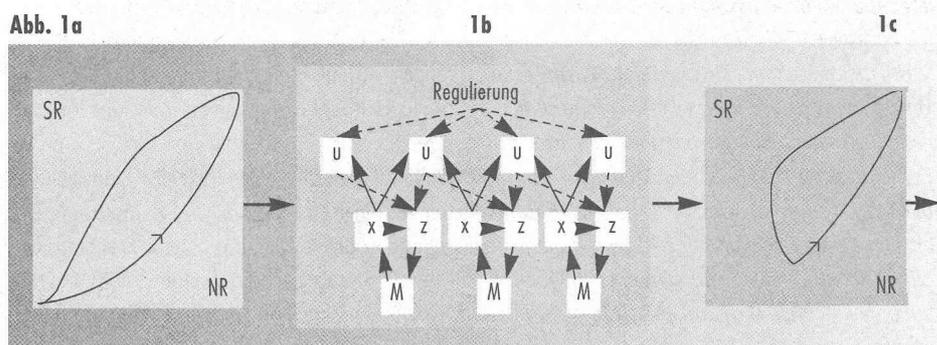
Die mit letzterem thematisierte Verwobenheit von ökologischer Evolution und Perturbation (z.B. in Gestalt von Feuern, Stürmen, Insekten-

plagen und dergl.) läßt sich durch die Interdependenz zwischen einer 'Störressource' (SR) und einer Nutzungsressource (NR) veranschaulichen (vergl. Abb. 1a).

Diese aus konkreten Studien gewonnenen Erkenntnisse und ihre Verdichtung zu Modellierungskonzepten legen die Folgerung nahe, daß die Ordnungsbildung komplexer ökologischer Systeme nicht durch eine Tendenz zum Gleichgewicht beschreibbar ist (wie dies etwa in der ökologischen Sukzessionsvorstellung und implizit in der gesamten URÖ unterstellt wird), sondern durch eine Lösungsvielfalt, die eine Verarbeitung eines breiten Spektrums von Umgebungsparametern erlaubt. Demgemäß wäre die ökonomische Nutzung, die derartige ökologische Systeme auf einem hohen Leistungsniveau für einzelne Nutzungsressourcen festzuschreiben versucht (Stabilisierung von NR, vgl. Abb. 1a und 1c), eine „gewaltsame Komplexitätsreduktion“. Sie verkleinert den Bereich der verarbeitbaren Umgebungsparameter (reduziert ggf. die Artenvielfalt) und macht auf diese Weise diese Systeme anfälliger für Störungen bzw. Schwankungen der Nutzungsparameter ('brittleness'-These).

► ...und ökonomischer Systeme

Die Komplexität ökonomischer Systeme läßt sich auf der Ebene der Handlungslogik einzelner Akteure (oder Organisationen), der Koordination der Handlungen und der Generierung institutioneller Einbindungen für die Akteure spezifizieren. Die Einbeziehung komplexer ökologischer Restriktionen ist bereits hinreichend, um die „substanzielle“ Handlungsrationalität (Tendenz zu vollständiger Information über die Handlungsalternativen und zu hinreichender Bewertungskompetenz für diese Alternativen) zu einem unwahrscheinlichen Sonderfall werden zu lassen. Stattdessen ist von unterschiedlichen Ausprägungen „beschränkter“ Rationalität (Informations- und/oder Kompetenzbeschränkungen) als dem allgemeinen Fall auszugehen. Unter den Bedin-



gungen einer nicht aufhebbarer Unsicherheit über die verfügbaren Handlungsmöglichkeiten und ihre Folgen ist die Wahrnehmungsbeschränkung (framing), die endogene Bildung von Präferenzen, das Suchen nach neuen Handlungsalternativen (Innovation) und lernendes Verarbeiten gemachter Erfahrungen ein integrales Merkmal ökonomischer Handlungskomplexität. Durch diese Kopplung von Handeln und kognitiver Verarbeitung von Informationen unterscheidet sich die Komplexität ökonomischer Systeme grundlegend von der Komplexität ökologischer Systeme. Betrachtet man die Gesamtheit der ökonomischen Akteure, dann ist zunächst zu berücksichtigen, daß sich die Akteure (bedingt durch ihre jeweiligen Anlagen und Biografien) unterscheiden hinsichtlich Framing, Präferenzen sowie Such- und Lernverhalten (heterogene Akteure). Märkte sind eine Koordinationsform der Ergebnisse dieser Handlungen (bzw. dieser Handlungen selber), deren hochgradige Komplexität Ökonomen in Gestalt parareligiöser Metaphern („invisible hand“) mehr ehrfurchtsvoll umschrieben als wissenschaftlich analysiert haben. Unterscheidet man die Handlungen der Akteure (x) und die mit diesen Handlungen erreichte Zielrealisierung (z), dann kann die Marktkoordination dadurch transparent gemacht werden, daß die Akteure durch ihr Handeln in unterschiedlicher Weise füreinander variable Umfeldbedingungen (u) schaffen und die Ergebnisse ihres Handelns in ihrem kognitiven Modell (M) verarbeiten (vgl. Abb. 1b für drei Akteure). Mit Hilfe von Computer-Simulationen (in denen jedem Akteur ein eigener Algorithmus zugeordnet wird) lassen sich dann die Koordinationsmechanismen von Märkten zumindest experimentell erforschen (Multi-Akteurs-Simulation).

Bedingt durch eine direkte Abhängigkeit der Handlungen der Akteure voneinander (z.B. Imitationseffekte) aber auch durch das Auftreten von Konflikten kommt es zur Generierung normativer Bindungen, von Regeln und Institutionen. Dadurch wird eine für das Koordinationsergebnis bedeutsame Pfadabhängigkeit in ökonomische Systeme eingeführt.

► Folgen der ökologisch-ökonomischen Komplexität

Die ökologisch-ökonomische Komplexität folgt aus der Intervention beschränkter Akteure in komplexe ökologische Systeme. Weit entfernt von „optimalen Nutzungspfaden“ wie sie der

URÖ vorschweben, findet praktisch ein trial and error Prozess statt, der Verfügbarkeiten von Ressourcen erkundet und die Ergebnisse dieser Erkundung zur Grundlage neuer Interventionsentscheidungen macht. Gekoppelt an diesen Prozess ist die Artikulation und Verarbeitung der (Neben-)Folgen dieser Veränderung von ökologischen Systemen, seien diese Folgen das Entstehen absoluter oder relativer ökologischer Knappheiten und/oder ökonomieinterne Konflikte bezüglich dieser Nutzungsfolgen (vergl. oben: 'brittleness'-These). Diese Knappheiten und Konflikte sind um so wahrscheinlicher, als die Nutzung ökologischer Ressourcen unter den Randbedingungen der Dominanz lebender Generationen, der - wettbewerbsbedingt - myopischen Orientierung ökonomischer Marktakteure und der Wissensbeschränkungen über die Verfügbarkeiten nicht-regenerierbarer und regenerierbarer Ressourcen erfolgt. Diese Knappheits- und Konfliktartikulation wiederum ist die Grundlage für die 'umweltpolitische' Regulierung. Ökonomische Intervention in ökologische Systeme, gesellschaftliche Artikulation von Knappheiten und Konflikten und die kompensatorische politische Regulierung sind damit Elemente eines dauerhaften komplexen ökologisch-ökonomischen Evolutionsprozesses, der weder zu einem Gleichgewicht noch gar zu einer gesellschaftlichen Wohlfahrtsoptimierung tendiert (vgl. Abb. 1). Die öök kann dazu beitragen, erstens das Entstehen dieser Knappheiten und Konflikte transparent zu machen. Auch hier dürfte deutlich werden, daß es bis dato unmöglich ist, mittels eines Komplexitätskonzepts (etwa der Ungleichgewichtsthermodynamik, wie es bei manchen Vertretern der ÖÖ der Fall ist, vgl. hierzu auch den Beitrag von Büntorf und Sartorius) alle relevanten ökologischen Restriktionen transparent zu machen. Zweitens ist es Aufgabe der öök, in Gestalt von Nachhaltigkeitskorridoren bzw. -fenstern in der ökologisch-ökonomischen Systemevolution strategische Rationalitätsreserven auszuloten und über deren Implementation Auskunft zu geben.

Der Autor

Dr. Frank Beckenbach ist Hochschulassistent für Sozioökonomie an der Universität Osnabrück.

Kontakt: Universität Osnabrück, FB Sozialwissenschaften, 49069 Osnabrück. Tel. 0541/ 969-4659, Fax -4600, E-mail: fbeckenb@rz.uni-osnabrueck.de

Vertiefende Literatur

a) Einführung in die Analyse komplexer Systeme:

KAUFFMAN, S. 1995. Der Öltropfen im Wasser: Chaos, Komplexität, Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft. München: Piper (Original erschienen 1995: At Home in the Universe).

WALDROP, M. M. 1993. Inseln im Chaos: Die Erforschung komplexer Systeme. Reinbek: Rowohlt (Original erschienen 1992: Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos).

b) zur ökologischen Komplexität

BAK, P. 1997. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. Oxford: Oxford University Press.

HAEFNER, J. W. 1996. Modeling Biological Systems: Principles and Applications. New York: Chapman & Hall.

WEBER, B. H. e. al. (Hg.) 1990. Entropy, Information and Evolution: Ingredients for a New Synthesis. Cambridge/Mass.: MIT Press.

c) zur ökonomischen Komplexität

ANDERSON, P. W., ARROW, K. J. & PINES, D. (Hg.) 1988. The Economy as an Evolving Complex System I Redwood City/Cal. usw.: Addison-Wesley Publishing Company.

ARTHUR, B. e. al. (Hg.) 1997. The Economy as an Evolving Complex System II. Reading/MA: Addison-Wesley Publishing Company.

BURLEY, P. & FOSTER, J. (Hg.) 1994. Economics and Thermodynamics: New Perspectives on Economic Analysis. Dordrecht: Kluwer.

EPSTEIN, J. M. & AXTELL, R. 1996. Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up. Cambridge/Mass.: MIT Press.

d) zur ökologisch-ökonomischen Komplexität

BECKENBACH, F. 1998. Beschränkte Rationalität und Systemkomplexität: Ein Beitrag zur Ökologischen Ökonomik. Marburg: Metropolis.

GUNDERSON, L. H. e. al. (Hg.): Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions, New York: Columbia University Press.

(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.