



Sozialökologisches Systemverständnis: Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz

**Systemic Understanding of Social Ecology: A Basis for the Modeling of
System Competence in Geography**

Armin Rempfler , Rainer Uphues

Zitieren dieses Artikels:

Rempfler, A., & Uphues, N. (2010). Sozialökologisches Systemverständnis: Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 38(4), S. 205-217. doi 10.18452/25540

Quote this article:

Rempfler, A., & Uphues, N. (2010). Sozialökologisches Systemverständnis: Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 38(4), pp. 205-217. doi 10.18452/25540

Sozialökologisches Systemverständnis: Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz

Armin Rempfler und Rainer Uphues

Systemic Understanding of Social Ecology: A Basis for the Modelling of System Competence in Geography

The main goal of the article is to present a consistent system theory which is suitable as a basis for the modelling of geographical system competence. An analysis of the system understanding in physical and human geography brings distinct differences to the forefront. The efforts of the scientific discipline specialisations to overcome these differences with the goal of investigating natural and social systems in an integrated manner also prove to be very productive for geography education. Following this discussion and under special consideration of a systemic understanding such as that held by social ecology (according to the Frankfurt school), the relevant system attributes are described. On this basis the cornerstones of a model of system competence in Geography are defined.

Keywords: System concept, system theory, geography education, system competence modelling, social ecology, attributes of systems.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Während der aktuelle Forschungsstand zur Systemkompetenz bereits ausführlich erhoben und dokumentiert ist (allgemein: BOLLMANN-ZUBERBÜHLER, KUNZ 2008; geographiespezifisch: REMPFLE 2009), zeigen sich bezüglich der Klärung des eigentlichen Systembegriffs, insbesondere aus geographiedidaktischer Sicht, in der jüngeren Literatur Defizite. Eine Ausnahme bildet RHODE-JÜCHTERN (2009, S. 92ff.). Ausgangspunkt für die angestrebte Begriffsklärung im Rahmen von Kompetenzmodellierung sind die Bildungsstandards im Fach Geographie (DGfG 2007). Dort wird die Analyse der Erde als Mensch-Umwelt-System ausdrücklich hervorgehoben und mit einer Würfeldarstellung illustriert. Die Abbildung verdeutlicht in prägnanter Form die zentrale Absicht, naturgeographische und humangeographische (Sub-)Systeme in ihrer Wechselwirkung zu betrachten. System wird mit Begriffen wie Struktur, Funktion, Prozess und Zusammenwirken charakterisiert. Es stellt sich die Frage, inwiefern dieses implizit angedeutete

Systemverständnis neueren systemtheoretischen Ansätzen standhält.

Dazu wird zunächst das unterschiedliche Systemverständnis in fachwissenschaftlichen Teildisziplinen der Geographie erörtert (Kap. 2). Eine Darlegung des sozialökologischen Systemverständnisses in Kapitel 3 bildet die Grundlage, um die Eckpunkte eines Struktur- und Stufenmodells zur geographischen Systemkompetenz festzumachen (Kap. 4). Die Bedeutung der vorliegenden Begriffsklärung für weiterführende Arbeiten und die Unterrichtspraxis wird in Kapitel 5 umrissen.

2 Systemverständnis in den geographischen Fachwissenschaften

Um das Grundverständnis von Systemen, wie es in der geographischen Fachliteratur dokumentiert wird, zu erläutern, muss zwischen Physio- und Humangeographie unterschieden werden. Der Physischen Geographie wird vorgehalten, sie beschränke sich weitgehend auf die frühen Erkenntnisse der Allgemeinen Systemtheorie nach

BERTALANFFY (1968), erweitert durch Aspekte aus der Kybernetik und der Ökosystemtheorie (EGNER 2006; WARDENGA, WEICHHART 2006; RATTER, TREILING 2008). Der Systembegriff werde dabei meist als selbstverständlich genutzt und nicht weiter hinterfragt. Ein Indiz dafür liefern ELVERVELDT, KEILER (2008, S. 76) aus der Geomorphologie mit der Feststellung, „dass sich die Systemtheorie [dort] zu einer impliziten Theorie entwickelt hat.“ Damit verbinden sich Grundannahmen eines Systems, die als unbestritten gelten (Zusammensetzung aus Elementen mit bestimmten Eigenschaften, Verknüpfung dieser Elemente durch Beziehungen), aber auch Positionen, die aus heutiger Sicht zu überdenken sind (vgl. Kap. 3).

Die Humangeographie hat vor einigen Jahren die soziologische Systemtheorie (nach N. LUHMANN) für sich entdeckt (EGNER, RATTER 2008). Wesentlich bei diesem Verständnis ist die Unterscheidung von System und Umwelt. Letztere existiert nicht per se, sondern nur als Umwelt eines lebenden, psychischen oder sozialen Systems. Jedes System grenzt sich durch eine je spezifische Operationsweise – im Fall der sozialen Systeme ist es die Kommunikation – von anderen Systemen ab. Das heißt, Kommunikation ist das konstitutive Element sozialer Systeme. Mit physisch-materiellen Mitteln lässt sich diese Operationsweise sozialer Systeme nicht beeinflussen (*et vice versa*). Eine Verbindung zwischen Natur- und Sozialsystemen wird nach diesem Verständnis lediglich über die strukturelle Kopplung des Bewusstseins möglich. Die Gesellschaft kann demnach nur auf Ereignisse (im Natursystem) reagieren, die über das Bewusstsein in die Kommunikation gelangen, d.h. auf Umweltereignisse, die bewusst wahrgenommen werden (LIPPUNER 2008; EGNER 2008a, 2008b; RHODE-JÜCHTERN 2009, S. 98ff.).

Angesichts einer immer stärkeren disziplinären Aufsplitterung wird die Frage der Einheit der Geographie ab der Jahrtausend-

wende neu thematisiert. Ob diese Diskussion letztlich zu einer Dritten Säule des Faches führen wird, mag offen bleiben (vgl. WARDENGA, WEICHHART 2006; RHODE-JÜCHTERN 2009, S. 116ff.). Als fruchtbar erweist sich jedenfalls der inhaltliche Diskurs, der sich auf Schnittstellenprobleme zwischen Natur- und Sozialwissenschaften konzentriert und damit das gemeinsame Feld „Geographische Realität“ wieder stärker fokussiert, wie es u.a. LESER (2007, S. 22) fordert. An den Diskussionen beteiligen sich vor allem Geographinnen und Geographen, die sich in ihrer Spezialdisziplin zwar mit sozial- oder naturwissenschaftlichen Fragen beschäftigen, aber eigentlich einer Überwindung der „innerhalb der Geographie bestehenden Kommunikationsbarrieren“ (WARDENGA, WEICHHART 2006, S. 14) bedürften. Um Gesellschaft-Umwelt-Probleme theoretisch und konzeptionell angemessen anzugehen, nahm man den weiten Bereich der Systemtheorien als mögliches tragfähiges Fundament zur Integration in den Blick. Dabei wurde aber deutlich, dass das gängige natur- und sozialwissenschaftliche Systemverständnis kaum kompatibel zueinander sind und die unterschiedlichen Auffassungen eine gründliche theoretische Aufarbeitung erfordern. Wesentliche Aspekte dieser Aufarbeitung – sie finden sich in EGNER, RATTER, DIKAU (2008) ausführlich dargestellt – fließen in die nachfolgenden Darlegungen ein.

3 Systemverständnis aus sozialökologischer Sicht

Gemäss dem Verständnis der Bildungsstandards gilt das Systemkonzept – als Hauptbaskonzept des Faches – „sowohl für die humangeographischen als auch für die naturgeographischen Bereiche sowie für das Gesamtsystem Mensch-Erde auf sämtlichen Maßstabsebenen“ (DGF 2007, S. 12). Die Hauptaufgabe des Faches wird darin gesehen, „Entwicklungen und Problemstellungen in Räumen zu untersuchen, bei denen

naturgeographische und humangeographische Faktoren in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden“ (DGF 2007, S. 12). Soll für das Fach Geographie ein Systemkompetenzmodell entwickelt werden, das diesen vielfältigen Ansprüchen gerecht wird, bedarf es zunächst einer konsistenten systemtheoretischen Fundierung. Die einseitige Ausrichtung auf ein eher traditionelles physisch-geographisches Systemverständnis scheint ebenso wenig zweckdienlich zu sein wie diejenige auf ein soziologisch orientiertes humangeographisches Systemverständnis. Eine Verbindung der beiden Ansätze erweist sich als schwierig, weil man Kommunikation als konstitutives Element sozialer Systeme kaum mit Strukturen und Prozessen eines Natursystems in Beziehung bringen kann (vgl. LIEHR et al. 2006, S. 274; LUX et al. 2006). LIPPUNER (2008, S. 114) hingegen sieht in einer scharfen begrifflichen Trennung von Natur- und Sozialsystem sogar Vorteile: „Wenn Gesellschaft und Umwelt so miteinander verwoben gedacht werden, dass sie nicht mehr unterschieden werden können, dann können konsequenterweise keine Interaktionen oder Beziehungen zwischen Gesellschaft und Umwelt analysiert werden“. Diese Auffassung widerspricht allerdings dem chorologischen Paradigma, welches letztlich alle geosphärischen Sachverhalte mit derselben Forschungsfrage nach räumlicher Ordnung untersucht. Damit „vereint es physio- wie soziogene Raumsachverhalte [...] und kann also schon insofern auch als Plattform für transgeographische natur- und sozialwissenschaftliche Vernetzungen fungieren“ (KÖCK 2008, S. 35). Hinzu kommt, dass die geographische Realität im Sinne NEEFS (LESER 1991, S. 47) weitgehend physio- und soziogen geprägt ist. Eine deskriptive und kausale Analyse der meisten Raumsachverhalte kommt also gar nicht darum herum, integral natur- und sozialwissenschaftlich vorzugehen (zur weiteren Argumentation

siehe KÖCK 2004a; KÖCK 2008, S. 33 ff.). Aus Sicht der Komplexitätstheorie ortet MAINZER (2008, S. 13) zudem den Nachteil, dass sich soziologische Systemtheorien wie etwa jene von LUHMANN auf ältere kybernetische und neurobiologische Theorien beziehen. Nach seiner Auffassung fehlen diesen Theorien häufig der Bezug zu logisch-mathematischen Methoden und manchmal auch die empirische Bodenhaftung.

Ein Systemverständnis, das Erkenntnisse der Komplexitätsforschung (v.a. aus den 1990er Jahren) in ihre Theorien integriert und empirisch umsetzt, vertritt die Soziale Ökologie, ein interdisziplinärer Wissenschaftszweig, der vor rund 20 Jahren in Frankfurt entstand (BECKER, JAHN 2006a; siehe auch www.isoe.de). Das Besondere an dieser Forschung ist die sowohl sozial- als auch naturwissenschaftliche Herangehensweise an lebenspraktische gesellschaftliche Probleme, ausgerichtet auf das Konzept der Nachhaltigkeit. Sozial- und naturwissenschaftliche Aspekte werden aber nicht additiv betrachtet, sondern systematisch aufeinander bezogen und integriert. In dieser Hinsicht gleicht der sozialökologische Ansatz dem Syndromansatz, wobei letzterer Prozesse des globalen Wandels in den Vordergrund rückt (SCHINDLER 2005). Zur Klärung des Systembegriffs bietet der Syndromansatz allerdings wenig, weil das zugrunde liegende Systemverständnis kaum transparent erscheint. Seine Eignung als „Basiskonzept für den Geographieunterricht“ (RHODE-JÜCHTERN 2009, S. 123) wird daher eher angezweifelt. Die Verbindung der Sozialökologie zur Geographie liegt zum einen im gemeinsamen Fokus der Gesellschafts-Natur-Beziehungen, zum anderen in der Tatsache, dass auch der sozialökologische Ansatz der räumlichen Differenzierung eine besondere Bedeutung zumisst (BECKER, JAHN 2006b; LIEHR et al. 2006). In Nuancen anders ausgerichtet ist der in Österreich lokalisierte Ansatz einer

Sozialen Ökologie (BECKER, JAHN 2006c, S. 136; FISCHER-KOWALSKI, ERB 2006).

Wesentliches Merkmal eines sozialökologischen Systemverständnisses ist der Versuch, „das Beziehungsgeflecht zwischen Gesellschaft und Natur in seinem Gesamtzusammenhang als System darzustellen. Die äußeren Beziehungen zwischen Gesellschaft und Natur werden dann zu *inneren* Beziehungen des sich herausbildenden sozial-ökologischen Systems“ (LIEHR et al. 2006, S. 269). Mit diesem Verständnis geht die Betrachtung von Sachverhalten einher, die eine vermittelnde Rolle zwischen Natur und Gesellschaft einnehmen (z.B. Wasser, Versorgungssysteme; vgl. KLUGE et al. 2006; LUX et al. 2006). Die methodische Alternative, Gesellschaft und Natur durch relativ autonome (Sub-)Systeme zu repräsentieren, die über äußere Beziehungen miteinander gekoppelt sind, zeigt sich etwa im landschaftsökologischen Ansatz (mit Geo-, Bio- und Anthroposystem; vgl. LESER 1991; 2007). Nach sozialökologischem Verständnis dominierte dieses Vorgehen beim traditionellen Umgang der Wissenschaftsdisziplinen mit Gesellschaft und Natur. Als Konsequenz ergab sich, dass von den Naturwissenschaftler die sozialen Einflüsse bzw. von den Sozialwissenschaftler die naturbürtigen Einflüsse als äußere Störungen des untersuchten Systems aufgefasst wurden und diese Konzeption somit an ihre Grenzen stieß. Ein tieferes Mensch-Umwelt-Verständnis verspricht sich GÖRG (2003, S. 241, 300) von einem übergreifenden Ansatz vor allem durch die Betonung der Selbstreflexion, indem soziale Entwicklungen in ihren Reaktionen auf Natursysteme kritisch reflektiert sowie die Grenzen sozialökologischer Regulation und die dahinter stehenden Machtverhältnisse ausgeleuchtet werden.

Weitere relevante Systemmerkmale, die sich an das sozialökologische Verständnis anlehnen, sind: Offenheit, Autopoiesis, Modellhaftigkeit, Komplexität, Nicht-Linearität,

Dynamik, Emergenz, Abgrenzung, selbstorganisierte Kritikalität, eingeschränkte Vorhersagbarkeit und Regulation. Wenn einige dieser Merkmale bzw. Teilaspekte davon auch nicht neu sind (und z.T. durchaus in der Systemtheorie LUHMANN'scher Prägung vorkommen), so wurden sie nach Kenntnis der Verfasser bisher kaum so konsequent aus einer integrativen Perspektive gedacht. Dies macht sie für die Geographiedidaktik besonders interessant. Was unter den Begriffen zu verstehen ist, wird in den folgenden Abschnitten ausgeführt.

3.1 Offenheit und Autopoiesis

Wie die Soziale Ökologie beschäftigt sich die Geographie mit offenen Systemen, die über Energie, Materie und Information mit ihrer Umgebung interagieren und Evolutionsfähigkeit sowie Selbstorganisation mit einschließen. Hinter letzterem steht die Abgrenzung von autopoietischen (lebenden) zu allopoietischen (mechanischen) Systemen. Autopoiesis – der Begriff wurde vom Biologen MATURANA Ende der 1960er Jahre erstmals verwendet – geht davon aus, dass ein entsprechendes System nicht nur die Beziehungen zwischen Systemelementen umgestalten kann, sondern auch die das System konstituierenden Elemente selbst produziert und reproduziert (VARELA et al. 1974; MATURANA, VARELA 1980). Damit kann ein System aber nicht das Produkt eines Beobachters sein, wie dies in der klassischen Systemtheorie üblicherweise gedacht wird, sondern geht aus dem Netzwerk interner Systemoperationen hervor. Die gängige Praxis, beliebige Phänomene als Systeme zu begreifen, gerät damit in Schwierigkeiten (EGNER 2006; FISCHER-KOWALSKI, ERB 2006; LIEHR et al. 2006; EGNER 2008a, 2008b; EGNER, RATTER 2008; ZIERHOFER 2008).

3.2 Modellhaftigkeit

Die Sozialökologie moniert, dass mit System sowohl ein (letztlich mathematisches) Mo-

dell als auch ein Realitätsbereich bezeichnet wird, ohne dass zwischen beiden unterschieden wird. Sie verwendet daher den Systembegriff ausschließlich modelltheoretisch. Argumentiert wird, dass die Beschreibung eines Realitätsbereichs als System einer ontologischen Annahme entspricht. Der Systemcharakter wird nämlich bereits unterstellt, bevor er überhaupt nachgewiesen ist. Als charakteristisch für Modelle im sozialökologischen Sinn gelten – in Anlehnung an STACHOWIAK (1973), zit. in LIEHR et al. (2006, S. 271) – die folgenden Merkmale:

- **Abbildung:** Modelle sind stets Abbildungen natürlicher oder künstlicher Originale.
- **Verkürzung:** Erfasst werden nur jene Attribute eines Originals, die den Modellschaffern relevant erscheinen.
- **Pragmatik:** Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre ersetzende Funktion für bestimmte modellbenutzende Subjekte, innerhalb bestimmter Zeitintervalle und beschränkt auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen.

3.3 Komplexität, Nicht-Linearität und Dynamik

Traditionelle Vorstellungen eines Systemgleichgewichts gelten als überholt. Die Komplexitätstheorie, die auf der allgemeinen Systemtheorie und der Chaosforschung aufbaut, geht davon aus, dass die Stabilität in Systemen höchstens von temporärer Dauer ist. Natürliche und soziale Systeme zeichnen sich vielmehr durch Nicht-Linearität und Dynamik aus. Sie befinden sich permanent im Austausch; Sprünge und Überraschungen sind Teil des Verlaufs. Dynamik ist zwar in der Geographie seit längerem ein Thema, wird in der Physischen Geographie aber vor allem unter dem Aspekt der Maßstabsfrage stark betont („Theorie der geographischen Dimensionen“ in der Landschaftsökologie, Skalenkonzept in der Geomorphologie; vgl.

LESER 1991; DIKAU 2006). Die Beachtung von Nicht-Linearität und Komplexität ist bspw. in der Geomorphologie relativ jung (DIKAU 2006, S. 134ff.; ELVERFELDT, KEILER 2008, S. 87).

Aufgrund des unregelmässigen Verlaufs lässt sich ein System weniger über seine Struktur – das heißt über die vorhandenen Elemente und deren Beziehungen –, als vielmehr über sein Verhalten – also die entlang der Zeit beobachtbare Entwicklung eines Systems – charakterisieren. Demnach kann sich ein einfach strukturiertes System komplex verhalten (z.B. eine Amöbe) und umgekehrt ein komplex strukturiertes System recht einfach (z.B. Auto). Dem Begriff der Strukturkomplexität wird deshalb derjenige der Verhaltenskomplexität gegenübergestellt. In der Sozialökologie spricht man auch von funktionaler Komplexität (LIEHR et al. 2006, S. 273). Nach ersterem ist ein System umso komplexer, je größer die Zahl der beteiligten Elemente und je komplizierter die Art der Relationen ist. Nach letzterem besteht Komplexität aus den Systemeigenschaften, welche über nicht-lineares Verhalten Emergenz hervorbringen (zum Begriff der Emergenz siehe nachfolgend). Ein System muss demnach also bestimmte qualitative Schlüsseigenschaften aufweisen, um als komplex zu gelten. Diese Verhaltenseigenschaften sind nicht quantifizierbar, weisen keine Schwellenwerte auf und lassen sich (letztlich) auch nicht reduzieren: Ein System verhält sich komplex oder nicht (RATTER 2006; EGNER, RATTER 2008; RATTER, TREILING 2008).

3.4 Emergenz

Mit Komplexität eng verbunden ist Emergenz, das Entstehen von etwas Neuem, etwas qualitativ Anderem (lat.: *emergere* = auftauchen, zum Vorschein kommen). Darunter werden neue räumlich und zeitlich organisierte Strukturen und Eigenschaften verstanden, die komplexe Systeme spontan,

als Folge von Selbstorganisationsprozessen, hervorbringen. Emergenz lässt sich nicht einfach über ein additives Aggregat von Systemelementen erklären, sondern nur auf einer über die Systembestandteile hinausgehenden Ebene (MAINZER 2008, S. 42; LIEHR et al. 2006). Emergenz meint nicht das bloße Wachsen von etwas Vorhandenem, sondern resultiert aus einem qualitativen Sprung, der genauso wie die emergenten Eigenschaften nicht prognostiziert werden kann. Allerdings herrscht keine Einigkeit darüber, ab wann von Emergenz zu sprechen ist (EGNER 2006; 2008c; RATTER 2006).

3.5 Abgrenzung

Folgt man dem Konzept der Autopoiesis konsequent, definiert ein System sich und seine Grenze zur Umgebung selbst. Dies steht im Widerspruch zu klassischen systemtheoretischen Ansätzen, die bei einer Systemdefinition in erster Linie die Einheit eines Systems (und damit auch seine Abgrenzung) in den Blick nehmen. Eine Alternative dazu besteht darin, weniger die Einheit (z.B. einen Wald oder ein Einzugsgebiet) als vielmehr einen bestimmten Beziehungszusammenhang als System zu denken. Damit wird System zu einem Ausschnitt der Welt, der von einem Beobachter zu bestimmten Zwecken von seiner Umgebung unterschieden wird. Dies erfordert die Angabe einer eindeutigen Systemreferenz, in der das zu beschreibende Etwas als Teil des Systems oder als Teil seiner Umgebung zu bestimmen ist (EGNER 2006; 2008b). Entsprechende Untersuchungsgegenstände in der Sozialökologie sind übergreifende gesellschaftliche und ökologische Problemfelder wie Wasser, Konsum, Ernährung, Mobilität, Bevölkerungsentwicklung. Sie werden in raum-zeitliche Zusammenhänge eingeordnet, die von der lokalen bis zur globalen Ebene reichen (BECKER, JAHN 2006b). Auf der Beschreibungsebene ergibt sich daraus „die Herausbildung eines kom-

plexen sozial-ökologischen Systems mit einer räumlichen oder funktionalen Grenze“ (LIEHR et al. 2006, S. 268). Dass sich die Geographie bei einem solchen Zugriff der räumlichen Komponente besonders annehmen muss, steht außer Frage. So betont etwa DIKAU (2006, S. 129) die hohe Bedeutung des in der Geomorphologie verwendeten Skalenkonzepts für eine Annäherung von Physio- und Humangeographie.

3.6 Selbstorganisierte Kritikalität

Ein weiteres grundlegendes Merkmal komplexer dynamischer Systeme ist die Selbstorganisierte Kritikalität (SOC = self-organized criticality). Darunter wird jener Vorgang verstanden, bei dem sich ein System ohne Einwirkung von außen in einen kritischen Zustand bringt und diesen aufrecht erhält. In diesem Zustand vermag schon ein winziges Ereignis eine Kettenreaktion in Gang zu setzen, die zu einer Katastrophe führen kann. Die Theorie wurde von BAK et al. (1987) anhand eines Sandhaufens entwickelt. Lässt man Sandkörner auf eine horizontale Fläche fallen, so bildet sich ein Haufen mit kontinuierlich steiler werdenden Flanken. Ist ein bestimmter Neigungswinkel erreicht, befindet sich der Sandhaufen in einem kritischen Zustand und kann nicht mehr größer werden. Es reicht nämlich das Hinzufügen eines einzelnen Sandkorns an einer bestimmten Stelle, um den Steigungswert zu überschreiten und abzurutschen. Zur Regelung dieses kritischen Zustands ist der Sandhaufen in der Lage, indem vorwiegend kleine Lawinen auftreten, solange die mittlere Neigung des Haufens unterhalb der kritischen Größe liegt. Steigt das Gefälle jedoch über den kritischen Wert, nimmt auch die Wahrscheinlichkeit zu, dass rutschende Körner weitere instabile Teilchen mit sich reißen und somit größere Lawinen evozieren. Damit ist das System zwar an zahlreichen Stellen instabil, in seinem kritischen Zustand aber äußerst robust.

Wesentlich hierbei ist das Verständnis des kritischen Zustands als sog. Attraktor, eine Art Anziehungspunkt, zu dem sich unter- und überkritische Zustände hinbewegen. Während lineare Systeme nur Fixpunkt-Attraktoren besitzen, weisen nicht-lineare Systeme u.a. Grenzyklen auf, in denen sich Zustände periodisch wiederholen (MAINZER 2008; ELVERFELDT, KEILER 2008). Merkmale der SOC zeigen erwiesenermaßen Naturgefahren wie Schneelawinen, Waldbrände und Erdbeben, gelten aber auch für soziale Systeme (BIRKELAND, LANDRY 2002; RATTER 2006). Würden Erdbeben SOC im strengen Sinn der Definition aufweisen, so wären Beginn und Stärke völlig zufällig und unbestimmt. Allerdings liegen dazu widersprüchliche Daten vor, weshalb SOC für Erdbeben inzwischen kontrovers diskutiert wird (YANG et al. 2004).

3.7 Eingeschränkte Vorhersagbarkeit und Regulation

Nicht-lineare Systeme weisen eine sensible Abhängigkeit von ihren Anfangsbedingungen auf. Minimale Differenzen in diesen Bedingungen führen aufgrund der Nicht-Linearität der Dynamik rasch zu großen Veränderungen der zukünftigen Systemzustände. Dieses Phänomen wird auch als chaotisches Verhalten bezeichnet. Um solche verhaltenskomplexen Systeme zu verstehen, sind Vergangenheit und Zufälligkeit eines Systemverhaltens gebührend zu berücksichtigen. Möglichkeiten zur Prognose einer Systementwicklung bleiben dennoch eingeschränkt. Sind sie kurzfristig noch eher leistbar, so werden Mittel- und Langfristprognosen durch eine mit der Zeit exponentiell wachsende Unsicherheit stark relativiert. Umso bedeutender sind Wahrscheinlichkeitsaussagen über die Spannbreite einer zukünftigen Systemveränderung. Entsprechend sind traditionelle Steuerungsvorstellungen nur angebracht, wenn eindeutige (lineare) Ursachen für

bestimmte Probleme identifiziert werden können. Unzureichend sind sie jedoch, sobald komplexe Ursache-/Wirkungsbeziehungen über Rückkopplungen laufen.

Die Soziale Ökologie spricht denn auch von Regulation statt Steuerung und misst dabei den menschlichen Akteuren eine besondere Bedeutung zu. Sie sieht diese als Teil des Regulationsprozesses, als Handelnde und Betroffene zugleich, und versucht daher vor allem Rückkopplungen im Wechselwirkungsgefüge Gesellschaft – Natur – Technik zu identifizieren. Allerdings ist das klassische kybernetische Prinzip, wonach negative Rückkopplungen stabilisierend, positive hingegen verstärkend und damit störend auf ein System wirken, nach heutigem Wissen zu relativieren. Zwar gilt noch, dass bei positiver Rückkopplung Wachstumsprozesse und Strukturbrüche zu bewältigen sind, die ein System sogar zerstören können. Heute ist aber bekannt, dass positive Rückkopplung auch Instabilitäten hervorbringen kann, aus denen sich neue Ordnungsformen entwickeln. „Inzwischen wissen wir, dass nur Systeme mit positiver Rückkopplung lern- und entwicklungsfähig sind“ (HUMMEL, KLUGE 2006, S. 254). Der Miteinbezug der Akteure bietet den Vorteil, dass diese als Teil des Regulationszusammenhangs die Wirkungen ihrer Handlungen wahrnehmen und berücksichtigen können. Planungssicherheit gibt es dabei nicht. Anstelle von Planung tritt Regulation (oder adaptives Management), die unter Berücksichtigung der aktuellen Situation kontinuierlich an die im Systemverlauf auftretenden Veränderungen und Überraschungen angepasst wird (HUMMEL, KLUGE 2006; LIEHR et al. 2006; RATTER 2006; RATTER, TREILING 2008).

4 Eckpunkte eines Struktur- und Stufenmodells zur geographischen Systemkompetenz

Basierend auf einem sozialökologischen Systemverständnis, wie es unter Kap. 3

ausführlich dargestellt ist, und unter Berücksichtigung vorliegender empirischer Arbeiten (vgl. u.a. REMPFLER 2009) gilt es ein Modell zur geographischen Systemkompetenz zu entwickeln. Die obigen Ausführungen zeigen, dass ein solches Modell den besonderen Ansprüchen des Faches gerecht werden muss, indem es sich sowohl auf physio- und humangeographische Themen als auch auf Mensch-Umwelt-Themen anwenden lässt.

Auf der Grundlage bisheriger Erkenntnisse ist von einem Strukturmodell auszugehen, das aus vier Dimensionen besteht (Abb. 1). Faktorenanalytisch begründet unterscheidet SOMMER (2005, S. 252) zwischen den Dimensionen Systemorganisation/Modellbildung und Systemeigenschaften. Systemorganisation meint die Fähigkeit, einen komplexen Realitätsbereich in seiner Organisation als System zu erkennen und dessen wesentliche Bestandteile modellhaft (gemäß 3.2) zu beschreiben. Zu den systemischen Eigenschaften zählen Merkmale und Verhaltensweisen, die generell für Systeme gelten. Gestützt auf theoretische Überlegungen geht das Modell von zwei weiteren Dimensionen aus, welche die Fähigkeit zum systemadäquaten Handeln umfassen (KÖCK 1985, S. 16; LECHER 1997, S. 119; OSSIMITZ 2000, S. 52; ROST et al. 2003, S. 14; KÖCK 2004b, S. 87ff.; RIESS, MISCHO 2008, S. 218; FRISCHKNECHT-TOBLER et al. 2008, S. 30). Geht es bei den erstgenannten Dimensionen um Wissenserwerb und somit primär um die Aneignung von deklarativem Wissen, so steht bei systemadäquater Handlung die Wissensanwendung im Vordergrund. Vorhandenes bzw. erworbenes Wissen wird in einen instrumentellen Zusammenhang gestellt und genutzt, um einen bestimmten Systemzustand zu erreichen oder allenfalls zu verhindern (FUNKE 2003, S. 158). Wissensanwendung kann mental oder aktional geschehen. Mentale Anwendung von System-

wissen expliziert sich über systemadäquates Handeln im virtuellen Raum. Aktionale Anwendung schliesst konkretes Handeln – im Sinne eines beobachtbaren Verhaltens im Realraum – mit ein (vgl. KÖCK 1989, S. 17). Für die Wissensanwendung braucht es zum deklarativen Wissen auch Handlungswissen (prozedurales und strategisches Wissen) sowie metakognitives Wissen. Die Fähigkeit, in diesem umfassenden Sinn systemisch denken und handeln zu können, entspricht der Kompetenzdefinition von WEINERT (2001, S. 27 ff.).

Nun wird aber die Kluft zwischen Wissen und Handeln nach wie vor sehr kontrovers diskutiert. FUNKE (2003, S. 158 ff.) zum Beispiel verweist auf Studien, welche die Annahme, vorangehender Wissenserwerb sei notwendig und hinreichende Bedingung für erfolgreiche Wissensanwendung, in Frage stellen. Er nennt aber auch Untersuchungen, die positive Korrelationen zwischen Wissenserwerb und -anwendung nachweisen. Diese treten vor allem dann auf, wenn zum Wissenserwerb angeregt wird, entsprechende Erfahrungen gesammelt werden können und das erworbene Wissen genügend spezifisch erfasst wird. Angesichts dieses Dilemmas sowie den Empfehlungen von WEINERT (2001) und KLIEME, LEUTNER (2006) folgend, für empirische Untersuchungen eine Trennung von Leistungs- und Handlungsdisposition vorzunehmen, beschränkt sich der für die weitere diagnostische Arbeit verwendete Systemkompetenz-Begriff auf die Dimensionen, bei denen der kognitive Anteil überwiegt bzw. die Handlungsdisposition nicht über eine Zielintention (RENNER, SCHWARZER 2000, S. 39ff.) hinausreicht. Die systemadäquate Handlung im Realraum, die sich durch volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten von einer Handlung im Mentalraum unterscheidet und nach Auffassung mancher Psychologen situationsbasiert (und nicht planbasiert) ist

		Spannbreite von Teildimensionen	
Dimension	Beschreibung	Novize	Experte
Systemorganisation	= Fähigkeit, einen komplexen Realitätsbereich in seiner Organisation als System zu erkennen und dessen wesentliche Bestandteile modellhaft beschreiben zu können. (Deklarativer Wissenserwerb)	Identifikation isolierter Elemente und Beziehungen	Identifikation vernetzter Elemente und Beziehungen
		Erkennung der oberflächlichen Struktur	Erkennung der funktionalen Tiefenstruktur
		Vage Abgrenzung eines Beziehungszusammenhangs	Eindeutige Abgrenzung eines Beziehungszusammenhangs
Systemeigenschaften	= Fähigkeit, Merkmale und Verhaltensweisen eines Systems erfassen und nachvollziehen zu können. (Deklarativer Wissenserwerb)	Eigenschaften von Systembestandteilen identifiziert mit ganzem System	Entstehen neuer Eigenschaften auf höherer Ebene durch das Zusammenwirken von Systembestandteilen (Emergenz)
		Interaktion aufgrund zeitlicher und räumlicher Nähe (einfache Kausalität)	Interaktion trotz zeitlicher und räumlicher Distanz (Rückkopplungen, Kreisläufe); Unterscheidung zwischen systeminterner und -externer Interaktion (Offenheit)
		Statisch-stabile Betrachtung: keine Berücksichtigung von Entwicklungsverläufen	Dynamische Betrachtung: Berücksichtigung von linearen und nicht-linearen Entwicklungsverläufen
Systemadäquate Handlungsintention	= Fähigkeit, im Mentalraum systemadäquat handeln zu können. (Mentale Wissensanwendung)	Prognosen basierend auf einfacher Kausalklärung; fehlendes Bewusstsein über eingeschränkte Vorhersagbarkeit	Prognosen basierend auf direkten und indirekten Wirkungsanalysen; Bewusstsein über eingeschränkte Vorhersagbarkeit (z.B. aufgrund von SOC) vorhanden
		Regulative Maßnahmen ohne Komplexitätsreduktion und ohne Berücksichtigung der Systemdynamik	Regulative Maßnahmen durch Komplexitätsreduktion und unter kontinuierlicher Berücksichtigung der Systemdynamik
Systemadäquates Handeln	= Fähigkeit, im Realraum systemadäquat handeln zu können. (Aktionale Wissensanwendung)		

Abb. 1: Eckpunkte einer Kompetenzmodellierung zur Systemkompetenz in der Geographie (Entwurf: Rempfler, Uphues)

(LAW 2000, S. 264), bleibt daher einer gesonderten Betrachtung vorbehalten.

Die Dimensionen sind in weitere Teildimensionen unterteilt, indem die mögliche Spannbreite ihrer Ausprägung – unterschieden zwischen Novizen und Experten – aufgeführt wird. Hierbei schlägt sich das Systemverständnis gemäss Kapitel 3 deutlich nieder. Die Herleitung beruht auf Arbeiten, welche die Ausprägungen weitgehend empirisch belegen (WILENSKY, RESNICK, 1999, S. 18; JACOBSON 2001, S. 46; HMELO-SILVER, PFEFFER 2004, S. 136; ASSARAF, ORION 2005, S. 556; SOMMER 2005, S. 255; TALANQUER 2009, S. 2128) und theoretisch-konzeptionell untermauern (LECHER 1997, S. 96 ff.; OSSIMITZ 2000, S. 52; STERMAN 2000, S. 22; ROST et al. 2003, S. 14; KÖCK 2004b, S. 19 ff.; FRISCHKNECHT-TOBLER et al. 2008, S. 30).

5 Ausblick

Die Ausführungen verdeutlichen, dass das in den Bildungsstandards angedeutete Verständnis von Systemen zu erweitern und zu präzisieren ist. Die vorliegende Klärung des Systembegriffs ist zunächst unabdingbar, um eine Kompetenzmodellierung theoretisch zu fundieren. Auf der Grundlage der in Abb. 1 dargestellten Spannbreite der Ausprägung von Dimensionen bzw. Teildimensionen lässt sich nun ein Stufenmodell zur Systemkompetenz normativ entwickeln. In einer umfangreichen Studie werden die postulierten Dimensionen und Stufen empirisch zu überprüfen sein. Um dafür geeignete Themen zur Konstruktion von Testaufgaben auszuwählen, wird die eindeutige systemtheoretische Ausrichtung ebenfalls

sehr nützlich sein.

Angesichts der Komplexität geographisch-erdräumlicher Systeme – im oben aufgeführten Sinn – stellt sich gleichwohl die Frage, wie damit auf unterrichtspraktischer Ebene umzugehen ist. Auch hierauf gibt die Sozialökologie Antwort, indem sie an unseren Umgang mit komplexen Situationen im Alltag anknüpft. Gemeint ist unsere Fähigkeit, einen Ausschnitt der Wirklichkeit mit Begriffen und Symbolen zu beschreiben, wobei wir in der Lage sind, eine geringe Anzahl von Aspekten und Eigenschaften als wesentlich für Abgrenzungen und Unterscheidungen hervorzuheben, während weniger relevante in den Hintergrund rücken. LUHMANN (1984, S. 42 ff.) betont diese Fähigkeit zur selektiven Wahrnehmung von Komplexität ebenfalls, verdeutlicht aber auch das damit verbundene Risiko, die günstigste Formung zu verfehlen. Dieses „auch anders möglich sein“ bezeichnet er als Kontingenz (siehe auch EGNER 2008b; RHODE-JÜCHTERN 2009, S. 21). In Anlehnung an diese Fähigkeit plädiert die Sozialökologie für „Komplexitätsreduktion auf der Beschreibungsebene“ (LIEHR et al. 2006, S. 280): Zum einen sind Systeme in möglichst einfach zu handhabenden Modellen zu fassen, um zumindest ein qualitatives Systemverständnis zu erreichen. Zum anderen muss gewährleistet sein, dass die relevanten Systemmerkmale auch in einer reduzierten Beschreibung adäquat repräsentiert werden. Das Kernziel besteht letztlich darin, den betrachteten Realitätsbereich in seiner Dynamik erklärbar und eingeschränkt prognostizierbar zu machen.

Literatur

ASSARAF, O., ORION, N. (2005): Development of system thinking skills in the context of earth system education. In: Journal of research in science teaching, 42/5, S. 518-560.

BAK, P., TANG, C., WIESENFELD, K. (1987): Self-organized criticality: An explanation of the $1/f$ noise. In: Physical Review Letters 59, S. 381-384.

BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.; 2006a): Soziale

- Ökologie. Frankfurt/Main.
- BECKER, E., JAHN, T. (2006b): Krisendiskurse. In: BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.): Soziale Ökologie. Frankfurt/Main, S. 54-69.
- BECKER, E., JAHN, T. (2006c): Horizonte und Nachbarschaften. In: BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.): Soziale Ökologie. Frankfurt/Main, S. 110-139.
- BERTALANFFY, L. V. (1968): General system theory. Foundations, development, applications. New York.
- BIRKELAND, K. W., LANDRY, C. C. (2002): Power-laws and snow avalanches. In: Geophysical Research Letters, 29/11, S. 49-51.
- BOLLMANN-ZUBERBÜHLER, B., KUNZ, P. (2008): Ist systemisches Denken lehr- und lernbar? In: FRISCHKNECHT-TOBLER, U., NAGEL, U., SEYBOLD, H. (Hrsg.): Systemdenken. Zürich, S. 33-52.
- DGfG - DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (Hrsg.; 2007): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss - mit Aufgabenbeispielen. Berlin.
- DIKAU, R. (2006): Komplexe Systeme in der Geomorphologie. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 148, Wien, S. 125-150.
- EGNER, H. (2006): Autopoiesis, Form und Beobachtung - Moderne Systemtheorie und ihr möglicher Beitrag für eine Integration von Human- und Physiogeographie. - In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 148, Wien, S. 92-108.
- EGNER, H. (2008a): Gesellschaft, Mensch, Umwelt - beobachtet. Ein Beitrag zur Theorie der Geographie. Erdkundliches Wissen, Bd. 145. Stuttgart.
- EGNER, H. (2008b): Planen, beeinflussen, verändern ... Zur Steuerbarkeit autopoietischer Systeme. In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System - System als Umwelt? München, S. 137-154.
- EGNER, H. (2008c): Komplexität. Zwischen Emergenz und Reduktion. In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System - System als Umwelt? München, S. 39-54.
- EGNER, H., RATTER, B. (2008): Einleitung: Wozu Systemtheorie(n). In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System - System als Umwelt? München, S. 9-19.
- EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.; 2008): Umwelt als System - System als Umwelt? München.
- ELVERFELDT, K. V., KEILER, M. (2008): Offene Systeme und ihre Umwelt. Systemperspektiven in der Geomorphologie. In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System - System als Umwelt? München, S. 75-102.
- FISCHER-KOWALSKI, M., ERB, K. H. (2006): Epistemologische und konzeptuelle Grundlagen der Sozialen Ökologie. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 148, Wien, S. 33-56.
- FRISCHKNECHT-TOBLER, U., KUNZ, P., NAGEL, U. (2008): Systemdenken - Begriffe, Konzepte und Definitionen. In: FRISCHKNECHT-TOBLER, U., NAGEL, U., SEYBOLD, H. (Hrsg.): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich, S. 11-31.
- FUNKE, J. (2003): Problemlösendes Denken. Stuttgart.
- GÖRG, C. (2003): Regulation der Naturverhältnisse. Zu einer kritischen Theorie der ökologischen Krise. Münster.
- HMELO-SILVER, C. E., PFEFFER, M. G. (2004): Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. In: Cognitive Science 28, S. 127-138.
- HUMMEL, D., KLUGE T. (2006): Regulationen. - In: BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.): Soziale Ökologie. Frankfurt/Main, S. 248-258.

- JACOBSON, M. J. (2001): Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. In: *Complexity* 6/3, S. 41-49.
- KLIEME, E., LEUTNER, D. (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Überarbeitete Fassung des Antrags an die DFG auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms. Frankfurt a. M.
- KLUGE, T., LIEHR, S., LUX, A. (2006): Wasser. In: BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.): *Soziale Ökologie*. Frankfurt/Main, S. 344-359.
- KÖCK, H. (1985): Systemdenken – geographiedidaktische Qualifikation und unterrichtliches Prinzip. In: *Geographie und Schule*, 7/33, S. 15-19.
- KÖCK, H. (1989): Aufgabe und Aufbau des Geographieunterrichts. In: *Geographie und Schule* 11/57, S. 11-25.
- KÖCK, H. (2004a): Der Raum – die Mitte der Geographie. In: KÖCK, H., REMPFLE, A.: *Erkenntnisleitende Ansätze – Schlüssel zur Profilierung des Geographieunterrichts*. Köln, S. 12-18.
- KÖCK, H. (2004b): Typen und Kategorien der Raummanifestation. In: KÖCK, H., REMPFLE, A.: *Erkenntnisleitende Ansätze – Schlüssel zur Profilierung des Geographieunterrichts*. Köln, S. 19-91.
- KÖCK, H. (2008): Thesen zur innergeographischen Integration von natur- und sozialwissenschaftlicher Dimension als Voraussetzung für eine mögliche Brückenfunktion. In: *geographische revue* 10/1, S. 31-39.
- LAW, L. (2000): Die Überwindung der Kluft zwischen Wissen und Handeln aus situativer Sicht. In: MANDL, H., GERSTENMAIER, J. (Hrsg.): *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze*. Göttingen, S. 253-287.
- LECHER, T. (1997): *Die Umweltkrise im Alltagsdenken*. Weinheim.
- LESER, H. (³1991): *Landschaftsökologie*. Stuttgart.
- LESER, H. (2007): Raum, Geographie und Landschaftsökologie: Zur aktuellen Diskussion um Transdisziplinarität. In: GEIGER, M., HÜTTERMANN, A. (Hrsg.): *Raum und Erkenntnis*. Köln, S. 7-26.
- LIEHR S., BECKER, E., KEIL, F. (2006): Systemdynamiken. In: BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.): *Soziale Ökologie*. Frankfurt/Main, S. 267-283.
- LIPPUNER, R. (2008): Die Abhängigkeit unabhängiger Systeme. Zur strukturellen Kopplung von Gesellschaft und Umwelt. In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): *Umwelt als System – System als Umwelt?* München, S. 103-117.
- LUHMANN, N. (1984): *Soziale Systeme*. Frankfurt.
- LUX, A., JANOWICZ, C., HUMMEL, D. (2006): Versorgungssysteme. In: BECKER, E., JAHN, T. (Hrsg.): *Soziale Ökologie*. Frankfurt/Main, S. 423-433.
- MAINZER, K. (2008): *Komplexität*. Paderborn.
- MATURANA, H. R., VARELA, F. J. (1980): *Autopoiesis and cognition. The realization of the living*. Dordrecht.
- OSSIMITZ, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. *Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik 1*, München-Wien.
- RATTER, B. (2006): *Komplexitätstheorie und Geographie – Ein Beitrag zur Begründung einer anderen Sicht auf Systeme*. In: *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 148, S. 109-124.
- RATTER, B., TREILING, T. (2008): *Komplexität – oder was bedeuten die Pfeile zwischen den Kästchen?* In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): *Umwelt als System – System als Umwelt?* München, S. 23-38.
- REMPFLER, A. (2009): *Systemkompetenz: Forschungsstand und Forschungsfragen*. In: *Geographie und ihre Didaktik*

- 37, S. 58-79.
- RENNER, B., SCHWARZER, R. (2000): Gesundheit: Selbstschädigendes Handeln trotz Wissen. In: MANDL, H., GERSTENMAIER, J. (Hrsg.): Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze. Göttingen, S. 25-50.
- RHODE-JÜCHTERN, T. (2009): Eckpunkte einer modernen Geographiedidaktik. Seelze-Velber.
- RIESS, W., MISCHO, C. (2008): Entwicklung und erste Validierung eines Fragebogens zur Erfassung des systemischen Denkens in nachhaltigkeitsrelevanten Kontexten. In: BORMANN, I., DE HAAN, G. (Hrsg.): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Wiesbaden, S. 215-232.
- ROST, J., LAUSTRÖER, A., RAACK, N. (2003): Kompetenzmodelle einer Bildung für Nachhaltigkeit. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie, 8/52, S. 10-15.
- SCHINDLER, J. (2005): Syndromansatz. Ein praktisches Instrument für die Geographiedidaktik. In: Praxis Neue Kulturgeographie, Bd. 1, Münster.
- SOMMER, C. (2005): Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. Kiel.
- STERMAN, J.D. (2000): Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world. Boston u.a.
- TALANQUER, V. (2009): On cognitive: Constraints and learning progressions: The case of „structure of matter“. – In: International Journal of Science Education 31/15, S. 2123-2136.
- VARELA, F. G., MATURANA, H. R., URIBE, R. (1974): Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. – In: BioSystems 5, S. 187-196.
- WARDENGA, U., WEICHHART, P. (2006): Sozialökologische Interaktionsmodelle und Systemtheorien – Ansätze einer theoretischen Begründung integrativer Projekte in der Geographie? In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 148, Wien, S. 9-31.
- WEINERT, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: WEINERT, F. E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim, Basel, S. 17-31.
- WILENSKY, U., RESNICK, M. (1999): Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. – In: Journal of Science Education and Technology 8/1, S. 3-19.
- YANG, X., DU, S., MA, J. (2004): Do earthquakes exhibit self-organized criticality? – In: Physical Review Letters 92, 228501.
- ZIERHOFER, W. (2008): Strukturelle Kopplung und die „Autonomie“ des Sozialen. In: EGNER, H., RATTER, B., DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System – System als Umwelt? München, S. 119-133.

Autoren:

Prof. Dr. Armin Rempfler

Pädagogische Hochschule Zentralschweiz, Luzern
armin.rempfler@phz.ch

Prof. Dr. Rainer Uphues

Friedr.-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
rainer.uphues@ewf.uni-erlangen.de