



Systemkompetenz: Forschungsstand und Forschungsfragen

Competence of System Thinking: State of the Art and Research Questions

Armin Rempfler 

Zitieren dieses Artikels:

Rempfler, A. (2009). Systemkompetenz: Forschungsstand und Forschungsfragen. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 37(2), S. 58-79. doi 10.60511/zgd.v37i2.200

Quote this article:

Rempfler, A. (2009). Systemkompetenz: Forschungsstand und Forschungsfragen. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 37(2), pp. 58-79. doi 10.60511/zgd.v37i2.200

Systemkompetenz: Forschungsstand und Forschungsfragen¹

Armin Rempfler

Summary

Competence of System Thinking: State of the Art and Questions of Research

This article starts with a review of the current state of research with regard to the competence of system thinking and continues by formulating questions relevant to geographical education research. This approach aims at making a substantial contribution to the system concept which is considered the basic concept of geographical education in the German curriculum. Terminological considerations show that it makes sense to use terms like "competence of system thinking" and "system thinking" as synonymous, whereas both don't incorporate the level of action as well. While an extensive literature review in and outside of geographical sciences documents the broad application of systemic approaches, it also reveals that there is little empirically-based knowledge on this topic. Furthermore, it is evident that the competence of system thinking is composed of several different subcomponents, that there are indications of a domain-independency of the competence of system thinking and that this competence is influenced by interest as well as preliminary knowledge. From a geographical education point of view one of the questions to be explored is which preliminary knowledge of geographical issues learners bring with. With regard to develop models of competency of system thinking there are existing models which can be used, but they all show deficiencies: They consider neither man-environment interactions nor different scales. To afford the high demanded level of this modelling it will be important to cooperate multidisciplinary.

Keywords: Geography Education, Competence of System Thinking, Systems Thinking, State of the Art, Questions of Research, Empirical Studies

1 Einleitung

Die Bildungsstandards im Fach Geographie (DGfG 2007, S.10) bekennen sich zu einer systemischen Betrachtung

erdräumlicher Sachverhalte: „Die Breite und Komplexität der Inhalte erfordern für das Schulfach die Reduktion auf den Kern geographischen/geowissenschaftlichen Wissens und ein exemplarisches Vorgehen. Dies kann auf der Grundlage von Basiskonzepten geschehen, welche die Inhalte des Faches strukturieren. Da sich die

¹ Den Ausführungen liegt ein Vortrag zugrunde, der am 16.11. 2007 in Berlin anlässlich eines Symposiums zur Verabschiedung von Hartmut Leser als Mitherausgeber der ERDE (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin) gehalten wurde.

Geographie als Systemwissenschaft versteht, ist das Hauptbasiskonzept des Faches das Systemkonzept.“

Zwar finden sich in der Geographiedidaktik schon früh Ansätze in diese Richtung (vgl. 3.3), doch wurde das Systemkonzept bis anhin nie so eindeutig proklamiert. Um es qualitativ überzeugend umzusetzen, bedarf es nach Meinung des Verfassers erheblicher Anstrengungen. Der vorliegende Beitrag setzt hier an, indem er zunächst die Literatur zu systemischen Ansätzen in- und außerhalb der Geographie präsentiert und systematisiert. Basierend auf dieser Literaturanalyse werden dann für die Geographiedidaktik relevante Fragen zur Vermittlung von Systemkompetenz formuliert.

2 Begriffsklärung

System wird unter Bezug auf v. BERTALANFFY (1968) zunächst allgemein als ein Set von Elementen verstanden, die in Relation zueinander stehen. Indem dieses Beziehungsgeflecht gewissen Regeln folgt und somit eine ganz bestimmte funktionale Einheit bildet, erhält es sozusagen ein eigenes Gesicht und ist damit bekanntlich mehr als die Summe seiner Teile. Erdräumliche und damit natürliche Systeme kennzeichnen sich durch weitere generelle Prinzipien wie Input-Output-Relationen zur Umgebung und damit Offenheit, einseitige und wechselseitige Abhängigkeit (der Elemente), Eingebundenheit des Menschen, Dynamik, Fließgleichgewicht, Fähigkeit zur Selbstregelung über negative Rückkoppelung usw. (vgl. KLUG, LANG

1983). Die Betrachtung erdräumlicher Sachverhalte mit Hilfe dieser generellen Prinzipien trägt dazu bei, deren Komplexität tiefgründig(er) zu verstehen. Damit verbindet sich die Hoffnung, in komplexen Entscheidungs- und Handlungssituationen adäquate Antworten zu finden und Handlungsstrategien anzuwenden. Im Unterschied zu nichtsystemischem Denken zeichnet sich systemisches Denken also dadurch aus, dass generelle Prinzipien von Systemen bei einer kognitiven Analyse und mentalen Repräsentation berücksichtigt werden.

Begriffe, die häufig synonym für Systemisches Denken verwendet werden, sind Systemdenken, Vernetztes Denken und in der englischsprachigen Literatur *systems thinking*. Im Rahmen der Diskussion über Bildungsstandards und Kompetenzmodelle findet der Begriff Systemkompetenz vermehrt Beachtung. Dabei versteht sich hier Kompetenz als domänenspezifische kognitive Leistungsdisposition, bei der die Handlungsebene nicht mit einbezogen ist. KLIEME, LEUTNER (2006) stützen sich bei dieser Definition auf die Empfehlung von WEINERT, für empirische Untersuchungen kognitive und motivationale Faktoren getrennt zu erfassen, obwohl der Kompetenzbegriff an sich Handlungskompetenzen mit einschließt. Auch RIESS, MISCHO (2008, S. 217ff.) erachten eine konzeptuelle Trennung von deklarativen und prozeduralen Wissensinhalten für sinnvoll mit der Begründung, dass es sowohl Belege für einen Zusammen-

hang zwischen systembezogenem Wissen und Handeln gibt als auch Befunde, die dagegen sprechen. Unter bewusster Abgrenzung zu OSSIMITZ (2000), der im Systemdenken systemgerechtes Handeln mit einschliesst, verstehen sie deshalb unter systemischem Denken die Fähigkeit, „komplexe Wirklichkeitsbereiche als Systeme erkennen, beschreiben und möglichst modellieren (z.B. strukturieren, organisieren) zu können. Dazu gehören die Fähigkeiten, Systemelemente und Wechselbeziehungen bestimmen zu können, zeitliche Dimensionen (Dynamiken) zu erfassen sowie die Fähigkeit, auf der Basis der eigenen Modellierungen Erklärungen geben, Prognosen treffen und weiche Technologien² entwerfen zu können.“ Mit dieser Definition von Systemdenken orientieren sich RIESS, MISCHO (2008, S. 218) am Forschungsansatz der Subjektiven Theorien, indem „das systemische Denken als subjektive Repräsentation (subjektive Theorie) die gleiche Funktion für das Individuum wie die Systemtheorie (objektive Theorie) für den Wissenschaftler [erfüllt].“ Technologische Massnahmen – im Sinne von Handlungsentwürfen – sehen sie zwar als möglichen Effekt systemischen Denkens, konzeptuell und empirisch aber nicht als Teil des Systemdenkens.

² Unter weichen Technologien verstehen RIESS, MISCHO (2008, S. 218) Strategien zur Nutzung von Systemen, welche die Systemdynamik nicht ändern und die Systeme selbst nicht zerstören.

3 Forschungsstand

Systemtheoretische Ansätze und empirische Arbeiten zum Systemdenken finden sich in zahlreichen Fachdisziplinen mit unterschiedlichen Traditionen und Schwerpunktsetzungen. Deren Entwicklung ist in Tab. 1 zusammengefasst und chronologisch geordnet. Unterschieden werden Beiträge zur Theoriebildung und deren Umsetzung in der Fachwissenschaft Geographie, der Fachdidaktik Geographie und außerhalb des Faches. Eine weitere Zeile enthält empirische Studien im schulischen Umfeld. Ausgewählte Arbeiten aus Tab. 1, deren Erkenntnisse und Verfahren für geographiedidaktisch ausgerichtete Studien relevant erscheinen, werden im Folgenden erläutert. Die chronologische Einbettung erlaubt es, sie in einem größeren Zusammenhang zu sehen.

3.1 Fachdisziplinen außerhalb der Geographie

Frühe systemtheoretische Ansätze gehen auf FORRESTER in den USA zurück, der sich schon Mitte der 1950er Jahre mit *Industrial Dynamics* beschäftigte und 1969 den Schritt zu *System Dynamics* vollzog, indem er komplexe Systeme am Computer modellierte. Ein von ihm entwickeltes Weltmodell floss Anfang der 1970er Jahre in einschlägige Publikationen des *Club of Rome* ein. In den 1990er Jahren hielt die Idee des *systems thinking* auch Einzug in den US-amerikanischen Schulen. Unterrichtsmaterialien zur Systemdynamik wurden und werden dort

Tab. 1: Übersicht über die Entwicklung systemtheoretischer Ansätze und empirischer Studien zum Systemdenken in verschiedenen Fachdisziplinen (Entwurf A. Rempfler)

	1930er – 1960er Jahre	1970er Jahre	1980er Jahre	1990er Jahre	2000er Jahre
<ul style="list-style-type: none"> • Management • Biokybernetik • Steuerungs-/Regeltechnik • Mathematik • Soziologie • Kognitionspsychologie 	<ul style="list-style-type: none"> • System Dynamics: FORRESTER 1969 	<ul style="list-style-type: none"> • Weltdynamik, Grenzen des Wachstums: FORRESTER 1971 	<ul style="list-style-type: none"> • Soziale Systeme: LUHMANN 1984 • Systemorientiertes Management: GOMEZ, PROBST 1987 • Biokybernetik: VESTER 1984, 1988 • Komplexes Problemlösen: DÖRNER 1989 • Systems Thinking: MANDINACH 1989 	<ul style="list-style-type: none"> • Systemisches Denken im Management: SENGE 1990 • Weltmodell: FORRESTER 1991 • Systems Thinking: RICHMOND 1991 • Ökologisches Denken: LECHER 1997 	<ul style="list-style-type: none"> • Systemisches Denken in der Schule: SENGE et al. 2000
Fachwissenschaft Geographie	<ul style="list-style-type: none"> • Ecosystem: TANSLEY 1935 • Landschaftsökologie: TROLL 1939 • Standortslehre: SCHMITHÜSEN 1942 • Landschaftslehre: NEEF 1967 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Geosynergetik: SCHMITHÜSEN 1976 • Theoriebildung/Methodologie: LESER 1976 • Ökologischer Ansatz in der Stadtgeographie: STODDART 1970 • Humanökologie: EHRlich et al. 1975 	<ul style="list-style-type: none"> • Landschaftsökologische Komplexanalyse: KLUG, LANG 1983, MOSIMANN 1984 	<ul style="list-style-type: none"> • Landschaftshaushaltsmodellierung: DABBERT et al. 1999, DUTTMANN 1999 • Stadtökologie, Beispiel Berlin: SUKOPP 1990 	<ul style="list-style-type: none"> • Stadt als natürliches System: ENDLICHER 2004 • Handlungsbezogene Stadtökologie: BREUSTE et al. 2002 • Dritte Säule der Geographie: WEICHHART 2005

<p>Fachdidaktik Geographie</p>	<p>1930er – 1960er Jahre</p> <p>Erste Ansätze: ca. 1950</p>	<p>1970er Jahre</p> <ul style="list-style-type: none"> Inhaltsanalyse geographiedidaktischer Texte: HARD 1978 Geographie als Systemwissenschaft: WIRTH 1979 	<p>1980er Jahre</p> <ul style="list-style-type: none"> Geökologisches Defizit der Schulgeographie: HÄRLE 1980 Erkenntnisleitende Ansätze: Köck 1983 Systemdenken: Köck 1985 Grundlagen der Systemtheorie: KLAUS 1985 	<p>1990er Jahre</p> <ul style="list-style-type: none"> Konkrete Umsetzungen: FLATH, FUCHS 1996, KAMINSKE 1996, FRAEDRICH et al. 1997, REMPFLER 1998 Systemtheorie im Geographieunterricht: Köck 1997 	<p>2000er Jahre</p> <ul style="list-style-type: none"> Erkenntnisleitende Ansätze: Köck, REMPFLER 2004 Bildungsstandards Geographie: DGfG 2007
<p>Empirische Studien</p>				<p>• Modellbildung und Simulation: KLIEME, MAICHLE 1991, 1994</p> <p>• Physiklernen mit Modellbildungssystemen: SCHAECKER, KLIEME et al. 1997</p>	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung systemischen Denkens: OSSIMITZ 2000 Systemdenken in der Biologie: MAIERHOFER 2001 Bedeutung graphischer Repräsentation: STEINBERG 2001 Selbstregulierende Modellsysteme: BELL 2003 <i>Thinking about Everyday Systems</i>: SWEENEY 2004 <i>Development of System Thinking Skills</i>: ASSARAF, ORION 2005 Systemkompetenz in der Biologie: SOMMER 2005 Systemdenken in nachhaltigkeitsrelevanten Kontexten: RIESS, MISCHHO 2008

für alle Altersstufen vom Kindergarten bis Ende Highschool entwickelt, u.a. von einem Team um SENGE (vgl. SENGE et al. 2000; siehe auch www.clexchange.org). Ziel ist es, auf der Basis eines soliden theoretischen Fundaments, gefördert durch ein entsprechendes Training, Probleme des Alltags besser zu verstehen. Dies steht in deutlichem Kontrast zum Vorgehen, das beispielsweise SOMMER (2005) bei ihrer Untersuchung wählte (vgl. 3.4).

Im deutschen Sprachraum bekannte Autoren wie VESTER und DÖRNER haben das vernetzte Denken popularisiert und Schwierigkeiten im Umgang mit komplexen Problemen bewusst gemacht. Ihre Ausführungen, etwa zur Begrifflichkeit, fallen jedoch recht dünn aus und tragen wenig dazu bei, systemisches Denken zu lernen. Beachtenswert sind Anregungen aus der Soziologie, insbesondere von LUHMANN, der etwa auf die Beziehung Komplexität – Selektionszwang – Kontingenz – Risiko verweist. Im Gegensatz zur vorherrschend quantitativen Erfassung von Systemkomplexität (vgl. 3.4) rückt LUHMANN (1984, S. 42ff.) den qualitativen Aspekt in den Vordergrund: Will man (hoch)komplexen Systemen annähernd gerecht werden, bedingt dies eine selektive Wahrnehmung von Relationen durch Weglassen anderer, auch möglicher Relationen. Dieses ‚auch anders möglich sein‘ wird als Kontingenz bezeichnet und verweist auf die Möglichkeit, dass die günstigste Formung verfehlt wird. Entsprechend bedeutet Kontingenz Risiko. Hohe

Qualität im Umgang mit komplexen Systemen heißt also nichts anderes als (für den Moment) günstig zu selektionieren. Folgt man GIGERENZER (2007), mag diese Selektion unter gewissen Voraussetzungen sogar intuitiv geschehen.

Interessante Beiträge liefert auch LECHER (1997), ein Mitbegründer des psychologischen Konzepts ökologisches Denken. Nach diesem Ansatz lässt sich Umweltbewusstsein nicht in erster Linie über Inhaltswissen und verbal bekundetes Verhalten messen, sondern über das Ausmaß der systemischen Denkfähigkeit einer Person. Dafür leitet LECHER aus der Kognitionspsychologie und Ökologie ein Entwicklungsmodell ab, das mehrere kognitive Dimensionen ökologischen Denkens unterscheidet (Tab. 2). Diese sind inhaltlich nicht gebunden, weshalb sie zur Entwicklung eines Kompetenzmodells beitragen könnten. Zu den verschiedenen Dimensionen legt LECHER auch ein Strukturmodell mit drei Niveaus vor, die er je in zwei Stufen unterteilt (Tab. 3). Die Niveaus bilden seiner Meinung nach kein Kontinuum einer sich langsam entwickelnden Fähigkeit ab, sondern gehen von qualitativen Sprüngen aus. Ein empirischer Nachweis dieser Stufen steht noch aus.

3.2 Fachwissenschaft Geographie

In fachwissenschaftlichen Teildisziplinen der Geographie finden sich schon früh systemische Ansätze, vor allem in der Landschaftsökologie (TROLL 1939). Zentral hierbei ist der Begriff des Ökosystems, der

Tab. 2: Kognitive Dimensionen ökologischen Denkens nach LECHER (1997, S. 96-102)

Kognitive Dimensionen ökologischen Denkens	Höchste zu erreichende Verständnisstufe
Kausalität	Verständnis von Wechselwirkungen durch komplexe Vorstellungen von Kausalität, im Sinne reziproker Interaktionen (= beide Partner der Interaktion können beeinflussen bzw. beeinflusst werden). Abgrenzung: mono-/multikausale Beziehungen mit nur einer Wirkungsrichtung
Linearität vs. Zirkularität	wenn reziproke Interaktionen zeitlich aufeinander folgen und so zu einem Wechselspiel von Beeinflussen und Beeinflusst-Werden führen Abgrenzung: lineare Prozesse
Rückkoppelung	Rückkoppelungen werden innerhalb des Systems, aber auch zwischen Systemen gesehen.
Atomismus vs. Holismus/ Systemverständnis	Vorstellungen, die sich auf hierarchisch ineinander verschachtelte Systeme beziehen, die offen gegenüber anderen Systemen und der Systemumwelt sind Abgrenzung: Vorstellungen, die sich atomistisch auf isolierte Fakten, Ereignisse, Einzelrelationen etc. beziehen, ohne deren Zugehörigkeit zu einem umfassenden Ganzen zu berücksichtigen
Dichotomien vs. Zusammenhänge	Vorstellungen über Zusammenhänge sind vorhanden. Abgrenzung: Vorstellungen, die keine Zusammenhänge sehen und explizit auf Dichotomien gerichtet sind (A hat nichts mit B zu tun)
Folgen	Wechselwirkungen von intendierten und nicht intendierten Folgen sowie komplexe Kumulationseffekte von Handlungsfolgen werden wahrgenommen (d.h. die Folgen einer Veränderung wirken sich nicht nur auf ein Element aus, sondern auf mehrere, mit komplexen Folgewirkungen).
Räumliche Reichweite	Kognitionen, die sich nicht nur auf eine sehr nahe Umwelt/Region, sondern auf den ganzen Kosmos beziehen.
Zeitliche Reichweite	Kognitionen, die sich nicht nur punktuell auf die Gegenwart, sondern auf die gesamte Menschheits- und Artengeschichte und ihre mögliche Zukunft beziehen
Entwicklungsverläufe	Neben den aktuellen Zuständen werden auch vorausgegangene und nachfolgende berücksichtigt.
Reversibilität vs. Irreversibilität	Die Vorstellung einer prinzipiellen Irreversibilität von Ereignissen bedeutet gleichzeitig eine Vorstellung darüber, dass alle Geschehnisse als unumkehrbar gedacht werden. Sie finden dabei in einem Raum statt, der sich auf der Zeitachse kontinuierlich nach vorne entwickelt.
Aggregation/Abstraktion	Auf höherem Niveau eines Systems werden qualitativ neuartige Funktionen und Strukturen berücksichtigt, deren Eigenschaften in den darunter liegenden Niveaus nicht vorkommen.

Tab. 3: Niveaus des ökologischen Denkens nach LECHER (1997, S. 108-112)

Konkretistisches Niveau	Mechanistisches Niveau	Systemisches Niveau
<p>1) Konkretistisch-perzeptive Stufe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beachtung punktueller Dinge - Beachtung von Geschehnissen, deren Ursache nicht hinterfragt wird 	<p>3) Einfach-mechanistische Stufe</p> <p>Verknüpfungen von Ursachen und Folgen nach dem Motto: „Immer wenn X, dann Y“</p>	<p>5) Einfach-systemische Stufe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorstellungen mit Bezug auf ein einziges System bzw. einen Bereich und die in ihm vorhandenen Zusammenhänge - Fokus auf einzelnen Wechselwirkungen
<p>2) Konkretistisch-erklärende Stufe</p> <p>Vereinzelte kausale Vorstellungen werden nicht verallgemeinert, sondern bleiben an ein konkretes und einzelnes Geschehen geknüpft.</p>	<p>4) Komplex-mechanistische Stufe</p> <p>Nicht nur eine, sondern mehrere Folgen werden in den Blick genommen.</p>	<p>6) Komplex-systemische Stufe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausrichtung der Vorstellungen auf mehrere Systeme und auf die in und zwischen ihnen bestehenden Zusammenhänge - Fokus auf immer komplexere Vernetzung

Mitte der 1930er Jahre eingeführt wurde (TANSLEY 1935). Theorie und Konzept des landschaftlichen Ökosystems wurden nach 1970 zum Leitprinzip einer integrativen Betrachtung räumlicher Zusammenhänge (LESER 1976). Dabei trieb das Ökosystemparadigma den Wandel von einer strukturellen zu einer funktionellen Betrachtung in der Geographie wesentlich voran. Einen vergleichbaren theoretischen und methodischen Wandel vollzog die Stadtgeographie, indem sie den ökologischen und damit systemanalytischen Ansatz ebenfalls aufgriff und ihn auf städtische und soziale Systeme bezog (STODDART 1970). Heute nehmen Landschafts- und Stadtökologie ihren festen Platz vor allem als interdisziplinäre raumbezogene Umweltwissenschaften mit hohem Anwendungsbezug ein (z.B. DUTTMANN 1999; ENDLICHER 2004).

3.3 Fachdidaktik Geographie

Erste Ansätze des Systemdenkens lassen sich in der deutschsprachigen Geographiedidaktik bis in die 1950er Jahre zurückverfolgen, wobei sich dazu kaum Literaturbelege finden. Sicher hatte Systemdenken damals nicht die Stellung eines eigenständigen Paradigmas, sondern es kamen Aspekte davon implizit zum Tragen, wenn es etwa um Mensch-Raum-Wechselbeziehungen ging. Eine deutliche konzeptionelle und terminologische Schärfung erhielt der Begriff erst in den 1970er Jahren, unter dem Einfluss der Landschaftsökologie. Beachtlich scheint aus heutiger Sicht, dass Köck Systemdenken schon

1985 als unabdingbare geographiedidaktische Qualifikation und unterrichtliches Prinzip forderte. Es folgten Arbeiten, die sich vor allem mit konkreten Umsetzungsmöglichkeiten im Unterricht auseinandersetzten (z.B. FLATH, FUCHS 1996, KAMINSKE 1996, FRAEDRICH et al. 1997, REMPFLE 1998, 1999, 2000, 2002). Bei diesen Umsetzungsversuchen fällt auf, dass sie sich stark von der Fachwissenschaft her leiten ließen und die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler zu wenig berücksichtigten.

Köck, der sich seit den frühen 1980er Jahren mit erkenntnistheoretischen Fragen beschäftigt (Köck 1983), bezeichnet den systemischen Zugriff aufgrund seiner Bereichsunabhängigkeit als Metatheorie. Damit sieht er den Systemansatz als zentralen Teil mehrerer erkenntnisleitender Ansätze, die aufeinander aufbauen und in enger Beziehung zueinander stehen. 2004 stellte er diese Ansätze umfassend und kombiniert mit Unterrichtsvorschlägen dar (Köck, REMPFLE 2004). Mit dieser Konzeption metatheoretischer Ansätze liegt von geographiedidaktischer Seite eine erkenntnistheoretisch fundierte Grundlage vor, die als Kategorienraster zur Differenzierung unterschiedlicher Teilkompetenzen und Kompetenzniveaus nützlich sein kann. Eine gekürzte Fassung dieser Metatheorien ist in Tab. 4 dargestellt. Unterschieden werden vor allem Struktur-, Prozess-, System- und Modellansatz sowie Prognostischer und Technologischer Ansatz.

Tab. 4: Katalog metatheoretischer Ansätze

(Aus: REMPFLER 2007, S. 13; nach KÖCK 2004, KÖCK/REMPFLER 2004, DGfG 2007)

Ansatz/ Ausrichtung	Idee/Absicht/Beispiele
Strukturansatz	Strukturen – bestimmte räumliche Anordnungen, ein innerer Aufbau, eine innere Ordnung – sind in allen geographischen Inhalten und auf sämtlichen Maßstabebenen enthalten. Geographieunterricht zeigt auf, dass erdräumliche Sachverhalte geordnet auftreten und bestimmte räumliche Muster und Lagebeziehungen entstehen. Strukturbeispiele: Kernstadt – Agglomeration, Infrastrukturausstattung einer Gemeinde, Klima- und Vegetationszonen
Prozessansatz	Prozesse sind eine Folge von Ereignissen (sachlich, räumlich, zeitlich), die eine (vorläufige) Struktur hervorbringen. Geographieunterricht vermittelt anhand ausgewählter Raumbeispiele wesentliche räumliche Prozesse. Prozessbeispiele: Wachstum einer Stadt, Veränderung im Reiseverhalten, Entstehung einer Landschaft
Systemansatz	Wesentliches Merkmal, das Systeme von Strukturen und Prozessen abhebt, ist die Dimension der Beziehung, genauer der Wechselbeziehung bzw. Wechselwirkung. Systeme können recht einfach bis hochkomplex aufgebaut sein: Der Komplexitätsgrad steigt mit der Zahl der beteiligten Elemente und Beziehungen. Geographieunterricht verdeutlicht, dass ... <ul style="list-style-type: none"> - die systemische Betrachtung von Erdräumen gewinnbringend ist, - ein System mehr ist als die Summe seiner Teile, - Systeme aus mehreren Elementen bestehen, die in einer bestimmten Anordnung vernetzt, eine funktionale Einheit bilden, - dieses Netz aus einseitigen und/oder gegenseitigen Abhängigkeiten/Wechselwirkungen besteht. Systembeispiele: Standort einer Nutzpflanze, Fluss, Stadt, Vulkan, Erde
Modellansatz	Modelle verstehen sich hier als formalisierte Abbildungen erdräumlicher Gesetzmäßigkeiten und Theorien. Es gibt ideelle (z.B. graphische) und materielle Modelle (z.B. Tellurium). Würde jedes einzelne Raumbeispiel als einmaliger, nie wiederkehrender Fall behandelt, könnte man die inhaltliche Detailfülle gar nicht bewältigen und Transferleistungen wären unmöglich. Umso wichtiger ist es, aus Raumbeispielen allgemeingültige Gesetze und Theorien abzuleiten und sie eventuell modellhaft darzustellen. Geographieunterricht wechselt daher bewusst zwischen der Ebene der Einzelereignisse (Idiographie) und der verallgemeinernden Ebene (Nomologie). Modellbeispiele: Modell einer Flussrinne, Konvektionszellen (im Erdmantel), Modell zur Stadtentwicklung
Prognostischer Ansatz	Theorien eignen sich retrospektiv zur Erklärung, prospektiv zur Vorhersage der weiteren Entwicklung erdräumlicher Sachverhalte. Prognosen gelten als wissenschaftlich begründet, wenn sie auf der Grundlage von Gesetzen erfolgen. Andernfalls handelt es sich lediglich um Trendaussagen. Geographieunterricht zeigt Prognosen und Trends auf. Beispiele für Prognosen und Trends: Erdbebengefährdete Gebiete, prognostizierte Entwicklung der städtischen Bevölkerung, Trends im Reiseverhalten
Technologischer Ansatz	Sobald Prognosen problematische Entwicklungen erwarten lassen, liegt es nahe, das Auftreten der Probleme zu verhindern oder zumindest ihre Wirkung abzuschwächen. Entsprechend wird man im technologischen Sinn aktiv, wobei mit technologisch der Einsatz bestimmter Mittel oder Maßnahmen zum Erreichen bestimmter Ziele gemeint ist. Vorgeschlagene Maßnahmen zur Lösung von Problemen sind umso besser, je stringenter sie mit Gesetzen begründet werden. Geographieunterricht bleibt nicht beim Aufzeigen von Problemen stehen, sondern leitet aus erarbeiteten Erkenntnissen adäquate Lösungsansätze ab. Beispiele für technologische Maßnahmen: Erdbebenprävention, <i>fair trade</i> , Regeln für ein faires Reisen, Stadtsanierung

3.4 Empirische Studien zur Systemkompetenz

Empirische Arbeiten zum Systemdenken im schulischen Umfeld liegen gehäuft in der rechten Hälfte von Tab. 1. Im Vergleich zu den bisherigen Kategorien wird überdeutlich, dass es sich um ein sehr junges Feld mit wenig empirisch gestütztem Wissen handelt. Die ersten Untersuchungen in Form von Interventionsstudien mit Prä-Post-Tests und einer Unterrichtsreihe zum systemischen Denken als Treatment gehen auf KLIEME, MAICHLE (1991, 1994) zurück. Ihr Ziel ist es, systemisches Denken zu fördern, indem sich die Lernenden mit unterschiedlichen Systemen beschäftigen. Die wichtigsten Ergebnisse lauten:

- Systemisches Denken ist kein isolierbarer und mit einem einzigen Wert zu kennzeichnender Kompetenzbereich, sondern eher ein Fähigkeitsbündel (später bestätigt durch SCHECKER, KLIEME et al. 1997).
- Der Bereich des Systemdenkens ist wesentlich durch intellektuelle Grundfähigkeiten determiniert.
- Die Fähigkeit der Lernenden zum Systemdenken ist kontextabhängig.

Die beiden Autoren leisten Pionierarbeit in der Erforschung systemischen Denkens, indem sie erste Ansätze zur Operationalisierung in schülergeeigneter Form aufzeigen und sich mit den Einflüssen von Interesse, Motivation, Vorerfahrung und Schulsituation beschäftigen.

Aufbauend auf die Klieme/Maichle-Studie versucht der Mathematiker OSSIMITZ (2000) mit einem Vortest-

Treatment-Nachtest-Design die Entwicklung systemischen Denkens zu messen. Die Probanden erhalten u.a. die Aufgabe, die wichtigsten Inhalte bestimmter Texte in Skizzen darzustellen (Abb. 1). Zur genaueren Analyse errechnet OSSIMITZ einen Vernetzungsindex – d.h. er bestimmt pro Bildelement die durchschnittliche Zahl an hin- und wegführenden Pfeilen – und einen Komplexitätsindex, womit der Gesamtumfang der Darstellung erfasst wird. Seine wesentlichen Ergebnisse sind:

- Papier- und Bleistift-Tests bewähren sich.
- Vernetzungs- und Komplexitätsindizes eignen sich zur Quantifizierung. Es ist davon auszugehen, dass es sich um zwei essentiell verschiedene Maße handelt.
- Ein entscheidender Erfolgsfaktor zur Verbesserung der systemischen Denkfähigkeit scheint der Umgang mit entsprechenden Darstellungsformen zu sein.

In praktisch allen späteren Studien wird OSSIMITZ' Methode, das Verständnis komplexer Sachverhalte graphisch darstellen zu lassen und so zu quantifizieren, übernommen.

Die Studie von STEINBERG (2001) lehnt an Ossimitz an und bestätigt die Bedeutung der Darstellungsformen in Bezug auf die Erfassung systemischen Denkens. Zu beachten ist der Hinweis, dabei Vorerfahrungen und Vorwissen der Probanden zu erheben, um Überlagerungseffekte zu vermeiden.

BELL (2003) entwickelt eine Lerneinheit zu selbstregulierenden Modell-

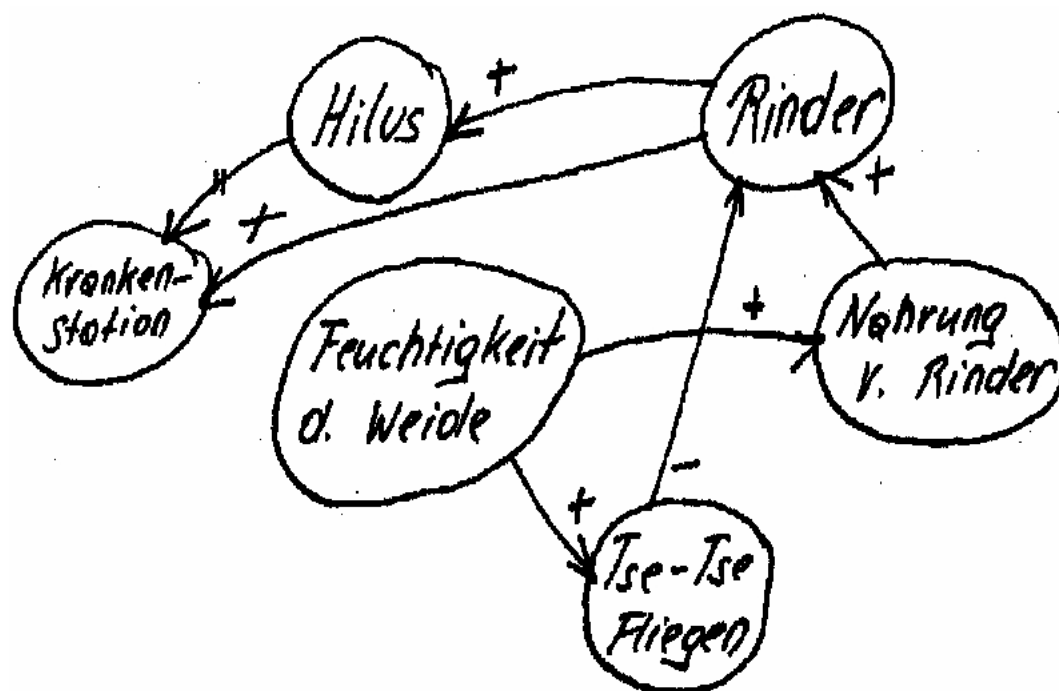


Abb. 1: Beispiel einer Schülerskizze (Vortest, 9. Schulstufe)
(Aus: OSSIMITZ 2000, S. 161)

systemen verschiedener Schulfächer. Dabei nutzen die Lernenden die systemischen Prinzipien der Rückkopplung und des dynamischen Gleichgewichts zur Strukturierung der Zusammenhänge und setzen sie selbständig in grafische Modellskizzen um. Qualitative Inhaltsanalysen von Daten aus Vor-, Zwischen-, Nach- und Langzeittests zeigen, dass der entsprechende Unterricht zur Entwicklung von systemischen Konzepten führt, dass aber die abstrakten Schemata nach einer gewissen Zeit wieder verschüttet werden und sich die Anwendungskompetenz der Lerner verliert.

Grundlage der Arbeit von ASSARAF, ORION (2005) – es handelt sich vermutlich um die erste empirische Studie zum Systemdenken im erdräumlichen Zusammenhang – ist ein Lernprogramm, bestehend aus

45 Lektionen Labor- und Freilandunterricht zum Thema Wasserkreislauf. Begleitend dazu wird die Entwicklung des Systemdenkens bei 70 Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe mit 10 quantitativen und qualitativen Methoden erhoben (Fragebogen, Zeichnungen, Wort-Assoziationstests, *concept maps*, begleitende Interviews, Beobachtungen etc.). Einige wichtige Ergebnisse lauten:

- Trotz ursprünglich minimal ausgebildeter Fähigkeit zum Systemdenken machen die meisten Probanden bedeutende Fortschritte. Ein Drittel erreicht sogar die höchste Stufe.
- Zwei wesentliche Faktoren beeinflussen die Fortschritte der Lernenden:
 - a) die individuelle kognitive Fähigkeit,

b) deren Engagement bei der Arbeit mit den Unterrichtsmaterialien.

- Nach Meinung der Autoren gibt es vier Stufen, die man bei der Entwicklung des Systemdenkens durchläuft (Tab. 5). Die kognitiven Fähigkeiten, die in einer Stufe erworben werden, bilden die Grundlage für das Erreichen der nächsthöheren Fähigkeit. Damit liegt erstmals der Versuch vor, die Entwicklung der Fähigkeit zum Systemdenken zu beschreiben.

Weitere empirische Forschungsarbeiten sind im Rahmen des Projekts Forschungsdialog System Erde (2000-2005) am IPN in Kiel ent-

standen. Das Ziel dieses Projekts bestand darin, Schülerinnen und Schülern unter Einbezug aktueller geowissenschaftlicher Forschungsergebnisse ein umfassendes naturwissenschaftliches Basiswissen und Grundverständnis des komplexen Systems Erde zu vermitteln. Die Untersuchung von SOMMER (2005), bei der es um die Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie geht, ist eine Interventionsstudie: Als Intervention dienen eine Unterrichtseinheit und ein Computerlernspiel zum Thema Weißstorch und seine Wechselbeziehungen mit der biotischen und abiotischen Umwelt. Vor und in mehreren Phasen nach der Intervention werden das fach-

Tab. 5: Die vier Entwicklungsstufen des Systemdenkens nach ASSARAF, ORION (2005, S. 556)

(Die Klassifikation in der rechten Spalte bezieht sich auf einen Vortrag, in dem ORION die vier Stufen zu drei Levels zusammenfasste.)

Stufe	Fähigkeit	Klassifikation
1	- Elemente eines Systems identifizieren - Prozesse eines Systems identifizieren	Level A: (System-)Analyse
2	- Beziehungen zwischen separaten Komponenten identifizieren - dynamische Beziehungen identifizieren	Level B: Komponentensynthese
3	- Kreislaufcharakter von Systemen verstehen - Systemelemente organisieren und sie in einem Netzwerk von Beziehungen platzieren - Generalisierungen vornehmen	
4	- versteckte Systemelemente wahrnehmen - Systeme innerhalb der zeitlichen Dimension wahrnehmen (retrospektiv und prospektiv)	Level C: Problemlösen (inkl. Generalisieren)

liche und systemische Wissen der Lerner erhoben. Im Gegensatz zum Vorgehen in den USA etwa um SENGE et al. (vgl. 3.1) oder von KLIEME, MAICHLE (1991, 1994) sowie OSSIMITZ (2000) erhalten die Kinder aber keinerlei theoretisches Systemtraining, indem ihnen z.B. die theoretischen Merkmale eines Systems vermittelt werden. Vielmehr dient der Unterricht der Vermittlung des benötigten Wissens, um systemisch denken zu können. Wesentliche Ergebnisse der Studie von SOMMER sind:

- Bereits in der Grundschule lässt sich Systemkompetenz vermitteln. Dabei erwerben die Schülerinnen und Schüler zusätzlich ein relativ umfangreiches und komplex vernetztes biologisches Fachwissen.
- Die Systemkompetenz ist nicht eine einzige Fähigkeit, sondern besteht aus verschiedenen Teilkompetenzen, die sich nur bedingt beeinflussen. Sie können analytisch und empirisch zu zwei größeren Kompetenzbereichen zusammengefasst werden: Systemorganisation (bzw. Modellbildung) und Systemeigenschaften.
- Nach der Intervention sind die Fähigkeiten der Lernenden im Bereich 'Systemorganisation' generell gut ausgeprägt.
- Bei den Fähigkeiten im Bereich 'Systemeigenschaften erkennen und damit umgehen' sind die Leistungen heterogen.
- Es gibt Hinweise auf eine reichsübergreifende Fähigkeit im

Bereich Systemorganisation³.

- Die Annahme eines Einflusses von Interesse und Vorwissen auf die Systemkompetenz bestätigt sich.
- Ein Einfluss intellektueller Fähigkeiten auf die Entwicklung der Systemkompetenz lässt sich nicht nachweisen.

SOMMER legt auch ein Kompetenzstufenmodell vor, unterschieden nach den Kompetenzbereichen Systemorganisation und Systemeigenschaften (Tab. 6). Die einzelnen Komponenten werden in drei Niveaus unterteilt, wobei nach Meinung der Autorin ein Durchlaufen dieser Stufen, wie das ASSARAF, ORION in ihrem Modell postulieren, nicht zwingend ist. Begründet wird dies mit der Tatsache, dass die untersuchten Grundschüler in keiner der beschriebenen Teilfähigkeiten völlig versagen, was sich aber zeigen würde, wenn die zugrunde liegende Fähigkeit noch nicht entwickelt wäre.

RIESS, MISCHO (2008) folgen in ihrer Studie der Forderung von Umweltbildung, Bildung für nachhaltige Entwicklung und Biologiedidaktik, bei Schülerinnen und Schülern die Fähigkeit zum systemischen Denken zu fördern. Ähnlich wie bei LECHER (vgl. 3.1) und ROST et al. (2003) steht dahinter die Annahme, dass Lernende sich nur dann an einer

³ Im Bereich Systemorganisation/Modellbildung kann SOMMER eine Entwicklung zur Bereichsunabhängigkeit nachweisen. Sie geht davon aus, dass zunächst ein bestimmtes Maß an Wissen vorhanden sein muss, um überhaupt eine Vernetzung vornehmen zu können. Vermutlich kann dieses vernetzte Wissen mit zunehmender Erfahrung – im Umgang mit verschiedenen Systemen – immer besser in Modellen dargestellt werden.

Tab. 6: Kompetenzstufenmodell zur Systemkompetenz nach SOMMER (2005, S. 255, leicht verändert)

Übergeordnete Kompetenzbereiche	Kompetenz-Komponenten	Niedrigstes Niveau	Mittleres Niveau	Höchstes Niveau
Systemorganisation/ Modellbildung	Verbindung von Elementen und Beziehungen in Bezugsrahmen	Elemente und Beziehungen werden nicht verbunden.	Elemente und Beziehungen werden monokausal verbunden.	Elemente und Beziehungen werden vernetzt.
	Unterscheidung zwischen Eigenschaften des Systems und der Elemente	keine Unterscheidung	Folgen der Veränderung des Systems durch Hinzufügen oder Entfernen von Teilen werden beschrieben.	Folgen der Veränderung des Systems durch Isolation der Elemente werden beschrieben.
Systemeigenschaften	dynamische Beziehungen erkennen	Keine dynamischen Beziehungen werden erkannt.	Einfache dynamische Beziehungen werden aufgrund allgemeinen biologischen Wissens erkannt.	Dynamische Beziehungen werden aufgrund speziellen biologischen Wissens erkannt.
	Folgen von Veränderungen vorher-sagen	Keine Folgen von Veränderungen werden vorhergesagt.	Folgen von Veränderungen werden aufgrund allgemeinen biologischen Wissens vorhergesagt.	Folgen von Veränderungen werden aufgrund der Kenntnis speziellen biologischen Wissens vorhergesagt.
	Wirkungen beur-teilen	Keine Wirkungen werden beurteilt.	Direkte und indirekte Wirkungen werden beurteilt.	Komplexe Wirkungen mit räumlicher und zeitlicher Di-stanz zwischen Ursache und Wirkung werden beschrieben.
	Rückwirkungen erkennen	Keine Rückwirkungen werden erkannt.	Rückwirkungen in einem einfachen System werden erkannt.	Rückwirkungen in einem komplexen System werden erkannt.

nachhaltigen Entwicklung beteiligen können, wenn sie komplexe und globale Zusammenhänge erkennen und verstehen. Ziel der Studie ist die Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zum Themenkomplex Wald, um systemisches Denken in nachhaltigkeitsrelevanten Kontexten zu erfassen. Dabei werden 424 Schülerinnen und Schüler der sechsten Jahrgangsstufe (Realschulen und Gymnasien) erfasst. Zwei wichtige Erkenntnisse lauten:

- Systemdenken korreliert erwartungsgemäss mit diversen kognitiven und motivationalen Variablen (Schulnoten in Biologie, Mathematik und Deutsch; logisches Denken; Selbstkonzept und Annäherungsleistungsziele im Fach Biologie). Insgesamt liegen die Korrelationen aber unter .30, so dass die Eigenständigkeit des Konstrukts Systemdenken nicht in Frage gestellt werden muss⁴.
- Das Messinstrument ist auch insofern valide, als es zwischen Gruppen, zwischen denen Unterschiede erwartet werden können, trennt. So liegt der Mittelwert der Gymnasiasten im systemischen Denken hoch signifikant über demjenigen der Realschülerinnen und -schüler.

⁴ Dieses Ergebnis steht im Kontrast zur Meinung einiger Autoren, welche die Eigenständigkeit des in der Psychologie untersuchten und mit dem Systemdenken teilweise überlappenden Konstrukts des komplexen Problemlösens anzweifeln (vgl. RIESS/MISCHO 2008, S. 219).

3.5 Fazit

Die wichtigsten vorliegenden empirischen Befunde zur Systemkompetenz lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Eigenständigkeit des Konstrukts Systemdenken wird bestätigt.
- Systemkompetenz lässt sich mindestens von der Grundschule an vermitteln.
- Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Stufe weisen im Mittel eine höhere Systemkompetenz auf als Realschülerinnen und -schüler.
- Systemkompetenz setzt sich aus verschiedenen Teilkompetenzen zusammen.
- Systemkompetenz ist grundsätzlich kontextabhängig. Vermutlich enthält sie aber auch bereichsunabhängige Teilkompetenzen.
- Interesse und Vorwissen beeinflussen die Systemkompetenz.
- Die Frage nach dem Einfluss intellektueller Fähigkeiten auf die Entwicklung der Systemkompetenz wird bisher widersprüchlich beantwortet.
- Das Vorgehen von SOMMER beweist, dass es zur Vermittlung von Systemkompetenz keines theoretischen Systemtrainings bedarf. Vielmehr ist Systemdenken auch über entsprechend aufbereitete Inhalte vermittelbar.
- Das methodische Verfahren, Probanden ihr Verständnis komplexer Sachverhalte in Papier- und Bleistift-Tests graphisch darstellen zu lassen und anschließend die Systemkomplexität zu quantifizieren, hat sich durchgesetzt.

Offen bleibt die Frage, wie – im Sinne von LUHMANN (1984) – auch qualitative Aspekte von Systemen stärker berücksichtigt werden können (vgl. 3.1).

- Der Umgang mit Formen zur Darstellung komplexer Sachverhalte verbessert vermutlich die Systemkompetenz.

Es liegen diverse Konzepte und Modelle vor, welche die Systemkompetenz zu strukturieren versuchen (Tab. 2 - 6). Trotz der unterschiedlichen fachlichen Herkunft ähneln sich diese Überlegungen, indem sie folgende Aspekte betonen:

- Sachliche, räumliche und zeitliche Dynamik von Strukturen,
- Wechselwirkungen und Rückkoppelungen,
- Kreislaufcharakter von Systemen,
- modellhafte Darstellung/Generalisierung von Systemen,
- Folgen/Wirkungen, Prognosen, Technologien/Maßnahmen.

4 Forschungsfragen aus geographiedidaktischer Sicht

Soll das Systemkonzept als fachliches Hauptbasiskonzept im Geographieunterricht zum Tragen kommen, müssen einerseits systembezogene fachwissenschaftliche Erkenntnisse – im Sinne von objektiven Theorien – vorliegen (vgl. Kap. 2). Die Literaturübersicht in 3.2 verdeutlicht, dass die geographische Fachwissenschaft allgemein und insbesondere einige Teildisziplinen eine lange Tradition im Umgang mit sys-

temanalytischen und -theoretischen Ansätzen aufweisen. Ebenso gibt es zahlreiche Beispiele, die aufzeigen, in welche Richtung die Aufbereitung entsprechender inhaltlicher und methodologischer Erkenntnisse für den Geographieunterricht gehen könnte. Andererseits offenbart das in der Forschung über subjektive Theorien weit verbreitete Modell der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN et al. 1997) ein ausgeprägtes geographiedidaktisches Desiderat. Die gemäss diesem Modell geforderte gleichwertige Berücksichtigung von Fachkonzepten (objektive Theorien) und Präkonzepten von Lernenden (subjektive Theorien) für die Entwicklung eines Unterrichtsgegenstandes setzt entsprechend differenzierte Erkenntnisse über systembezogene Präkonzepte von Schülerinnen und Schülern zu geographischen Themen voraus. Die unter 3.4 vorgestellten Arbeiten erheben zwar teilweise gemittelte Vernetzungs- und Komplexitätsindizes, liefern aber keine Angaben darüber, welche mentalen Modelle⁵ Lernende im Bereich des Systemdenkens mitbringen. Um sie in ihrer systemischen Alltagsvorstellung zu bestimmten Themen richtig abzuholen und um Fehlvorstellungen verändern zu können, drängt sich daher eine vertiefte Erforschung der systemischen Präkonzepte von Lernenden auf.

Geht es im Weiteren darum, empirisch

⁵ Unter einem mentalen Modell wird hier ein subjektives inneres Vorstellungsbild von Ausschnitten der Realität verstanden. In der Forschung über subjektive Theorien versucht man, die grundlegenden (fachlichen) Modellvorstellungen von Lernenden zu bestimmten Sachverhalten zu erfassen (vgl. REINFRIED 2006, S. 39).

untermauerte Kompetenzstruktur- und Kompetenzstufenmodelle (bis hin zu Kompetenzentwicklungsmodellen) zur Systemkompetenz in der Geographie zu entwickeln, so kann auf die unter 3.4 dargestellten Vorarbeiten zurückgegriffen werden. Allerdings weisen die vorliegenden Konzepte und empirischen Erkenntnisse aus Sicht der Geographie vor allem zwei Mängel auf:

- In den Studien werden die Probanden entweder mit allgemeinsystemischen oder rein naturwissenschaftlichen Inhalten konfrontiert. Der zentrale Gegenstand der Geographie als Brückenfach ist jedoch – im Gegensatz zu den Naturwissenschaften – ein Mensch-Umwelt-System, welches sich aus human- und naturgeographischen (Sub-)Systemen zusammensetzt (vgl. GEBHARDT et al. 2007; DGfG 2007). Im Vordergrund des Interesses liegen die Abhängigkeiten und Wechselbeziehungen zwischen diesen Systemkomponenten, worin auch ein Potenzial für die Verwendung neuer Erkenntnisse zur Systemkompetenz in der Umweltbildung und in der Bildung für nachhaltige Entwicklung liegt (vgl. BAYRHUBER et al. o.J., BORMANN, DE HAAN 2008).

Es stellt sich daher die Frage, inwiefern etwa die Befunde von SOMMER (2005) und RIESS, MISCHO (2008) über Systemdenken im biologischen Kontext auch für geographisch-erdräumliche Sachverhalte gelten. Unter anderem ist zu überprüfen, inwiefern das von SOMMER vorgelegte Kompe-

tenzstufenmodell (Tab. 6) auch für geographische Inhalte und für Lernende der Sekundarstufe I brauchbar ist oder allenfalls durch weitere Modelle und Konzepte, die oben vorgestellt wurden, ergänzt werden muss.

- In der Geographie als Raumwissenschaft kommt den unterschiedlichen Maßstabebenen im Rahmen der Systemkompetenz eine zentrale Bedeutung zu. Die Theorie der Geographischen Dimensionen besagt, dass jede wissenschaftliche geographische Untersuchung eine Maßstabsproblematik aufweist. Abhängig von der angestrebten Dimensionsebene bedarf es daher eines adäquaten Handwerkzeugs, um eine der jeweiligen Dimension sachgerechte Auflösung der Daten in Zeit und Raum zu erzielen. Die gängigste Unterteilung in der Landschaftsökologie differenziert (ähnlich wie die Bildungsstandards) zwischen topischer (lokaler), chorischer (regionaler), regionischer (zonaler) und geosphärischer (globaler) Dimension (LESER, SCHNEIDER-SLIWA 1999). Zentral für die Untersuchung von Systemkompetenz im erdräumlichen Kontext ist deshalb die Frage, welche Systemzusammenhänge auf welcher Dimensionsebene von Bedeutung sind.

Angesichts des Hinweises von SOMMER (2005), dass Systemkompetenz auch bereichsunabhängige Teilkompetenzen enthält, drängt sich außerdem die Frage auf, ob sich Bereiche der Systemkompetenz von einem inhaltlichen Gebiet auf ein anderes

übertragen lassen. Damit verbunden ist ein wichtiges Ergebnis der Experten-Novizen-Forschung. Es zeigt sich nämlich, dass die übertragenden Leistungen von Experten auf bestimmte inhaltliche Gebiete beschränkt, also domänenspezifisch sind und nicht ohne weiteres von einer Domäne auf eine andere übertragen werden können. Ließe sich die Vorstellung, dass der Umgang mit verschiedenen Systemen allmählich zu einer bereichsübergreifenden Kompetenz der Systemorganisation/Modellbildung führt, bestätigen, so wäre damit eine eindeutige Schlüsselqualifikation im Sinne der Übertragbarkeit auf neue Situationen nachgewiesen.

Gut elaborierte Methoden und Instrumente zur Beantwortung obgenannter Fragen sind teils vorhanden und können übernommen werden, teils sind sie auch (weiter) zu entwickeln. Vor allem der Anspruch, kognitionspsychologisch fundierte und empirisch belegbare Modelle der Struktur, Stufung und Entwicklung von Kompetenzen hervorzubringen, stellt eine besondere Herausforderung dar, die eine Fachdidaktik allein überfordert und die Zusammenarbeit mit Experten anderer Fachdisziplinen (z.B. Erziehungswissenschaftler, Kognitionspsychologen, Psychometriker) nahe legt.

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.
- BAYRHUBER, H. et al. (o.J.): Didaktische Analyse des Themas System Erde. <http://systemerde.ipn.uni-kiel.de/projekt.html>, besucht am 11.10.07.
- BELL, T. (2003): Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Studien zum Physiklernen*, Bd. 25. Berlin.
- BERTALANFFY, L. V. (1968): *General System Theory*. New York.
- BORMANN, I., DE HAAN, G. (Hrsg.; 2008): *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Wiesbaden.
- BREUSTE, J., MEURER, M., VOGT, J. (2002): *Stadtökologie – mehr als nur Natur in der Stadt*. – In: EHLERS, E., LESER, H. (Hrsg.): *Geographie heute – für die Welt von morgen*. Gotha, S. 36-45.
- DABBERT, S., HERRMANN, S., KAULE, G., SOMMER, M. (1999): *Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung*. Berlin, Heidelberg.
- DGFG – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (Hrsg.; 2007): *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen*. Berlin.
- DÖRNER, D. (1989; 2006): *Die Logik des Misslingens*. Reinbek.
- DUTTMANN, R. (1999): *Partikuläre Stoffverlagerungen in Landschaften*. *Geosynthesis* 10. Hannover.
- EHRlich, P. R., EHRlich, A. H., HOLDREN, J. P. (1975): *Humanökologie* (übersetzt und bearbeitet von H. REMMERT). *Heidelberger Taschenbücher* 168. Berlin, Heidelberg, New York.
- ENDLICHER, W. (2004): *Die Stadt als natürliches System*. *Berliner Geographische Arbeiten* 97, S. 33-38.

- FLATH, M., FUCHS, G. (Koord.; 1996): In Systemen denken lernen – Fachdidaktische Aspekte für den Geographieunterricht. Drittes Gothaer Forum zum Geographieunterricht 1995. Geographische Bausteine, Neue Reihe 47. Gotha.
- FORRESTER, J. W. (1969): Urban Dynamics. Cambridge.
- FORRESTER, J. W. (1971): World Dynamics. Waltham.
- FORRESTER, J. W. (1991): System Dynamics and the Lessons of 35 Years. Cambridge. (Download unter: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/D-4224-4.pdf>)
- FRAEDRICH, W., HÄRLE, J., HOH, E., LAMBERTY, M. (1997): Landschaftsökologie. – In: FRAEDRICH, W. (Hrsg.): bsv Oberstufen-Geographie. München.
- GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. (Hrsg.; 2007): Geographie. München.
- GIGERENZER, G. (2007): Bauchentscheidungen. München.
- GOMEZ, P., PROBST, G. (1987): Vernetztes Denken im Management: Eine Methodik des ganzheitlichen Problemlösens. Bern.
- HÄRLE, J. (1980): Das geoökologische Defizit der Schulgeographie. Geographische Rundschau 32, Heft 11, S. 481-487.
- HARD, G. (1978): Inhaltsanalyse geographiedidaktischer Texte. Braunschweig.
- KAMINSKE, V. (1996): Vernetztes Denken im Unterricht – Der geosystemare Ansatz in einer Klasse 11. Geographie und Schule 18, Heft 102, S. 36-43.
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H., KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3, Heft 3, S. 3-18.
- KLAUS, D. (1985): Allgemeine Grundlagen des systemtheoretischen Ansatzes. Geographie und Schule 7, Heft 33, S. 1-8.
- KLIEME, E., MAICHLE, U. (1991): Erprobung eines Modellbildungssystems im Unterricht. Bonn.
- KLIEME, E., MAICHLE, U. (1994): Modellbildung und Simulation im Unterricht der Sekundarstufe I. Bonn.
- 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.
- KLUG, H., LANG, R. (1983): Einführung in die Geosystemlehre. Darmstadt.
- KÖCK, H. (1983): Erkenntnisleitende Ansätze in Geographie und Geographieunterricht. Geographie im Unterricht 8, S. 317-325.
- KÖCK, H. (1985): Systemdenken – geographiedidaktische Qualifikation und unterrichtliches Prinzip. Geographie und Schule 7, Heft 33, S. 15-19.
- KÖCK, H. (1997): Der systemtheoretische Ansatz im Geographieunterricht. – In: CONVEY, A., NOLZEN, H. (Hrsg.): Geographie und Erziehung. Münchner Studien zur Didaktik der Geographie 10,

- München, S. 137-146.
- KÖCK, H. (2004): Erkenntnisleitende Ansätze. *Praxis Geographie* 34, Heft 7/8, S. 60-62.
- KÖCK, H., REMPFLE, A. (2004): Erkenntnisleitende Ansätze – Schlüssel zur Profilierung des Geographieunterrichts. Köln.
- LECHER, T. (1997): Die Umweltkrise im Alltagsdenken. Weinheim.
- LESER, H. (1976): Landschaftsökologie. Stuttgart.
- LESER, H., SCHNEIDER-SLIWA, R. (1999): Geographie – eine Einführung. Das Geographische Seminar. Braunschweig.
- LUHMANN, N. (1984): Soziale Systeme. Frankfurt.
- MAIERHOFER, M. (2001): Förderung des systemischen Denkens durch computerunterstützten Biologieunterricht. Salzburg.
- MANDINACH, E. (1989): Model-Building and the Use of Computer Simulation of Dynamic Systems. *Journal of Educational Computing Research* 5, vol. 2, S. 221-243.
- MOSIMANN, T. (1984): Landschaftsökologische Komplexanalyse. Wiesbaden.
- NEEF, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Gotha.
- OSSIMITZ, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik 1, München, Wien.
- REINFRIED, S. (2006): Alltagsvorstellungen – und wie man sie verändern kann. – *geographie heute* 27, Heft 243, S. 38-43.
- REMPFLER, A. (1998): Das Geoökosystem und seine schuldidaktische Aufarbeitung. *Physiogeographica*. Basler Beiträge zur Physiogeographie 26. Basel.
- REMPFLER, A. (1999): Wasser- und Klimahaushalt im städtischen Raum. Ein Ansatz zur Vermittlung von Systemdenken. *geographie heute* 20, Heft 172, S. 36-40.
- REMPFLER, A. (2000): Systemdenken im Geographieunterricht – Beispiel „Bodenerosion“. – In: *Regio Basiliensis* 41/2, S. 127-142.
- REMPFLER, A. (2002): Der systemanalytische Ansatz in der Stadtökologie: Grundlage für die Vermittlung strategischen Wissens. – In: MAYR, A., MEURER, M., VOGT, J. (Hrsg): *Stadt und Region. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen* 53. Deutscher Geographentag Leipzig 2001, Leipzig, S. 601-608.
- REMPFLER, A. (2007): Theorie und praktische Umsetzung. – In: VETTIGER, B., BOLLER, F., GOLAY, D., JETZER, A., KLOPFSTEIN, U., REMPFLE, A., UEHLINGER, H.: *Basismodule Geografie*. Zürich, S. 11-21.
- RICHMOND, B. (1991): *Systems Thinking: Four Key Questions*. Lyme. (Download unter: <http://www.bpa.gov/Corporate/KR/ed/step/reading/STFourKeyQuestions.pdf>)
- 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. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie 8, Heft 52, S. 10-15.
- SHECKER, H., KLIEME, E., NIEDDERER, H., GERDES, J., EBACH, J. (1997): Physiklernen mit Modellbildungssystemen. Bonn.
- SCHMITHÜSEN, J. (1942): Vegetationsforschung und ökologische Standortlehre in ihrer Bedeutung für die Geographie der Kulturlandschaft. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Berlin, S. 113-157.
- SCHMITHÜSEN, J. (1976): Allgemeine Geosynergetik. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie 12. Berlin, New York.
- SENGE, P. M. (1990): The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. New York.
- SENGE, P. M. et al. (2000): Schools that learn. A Fifth Discipline Fieldbook. New York.
- SOMMER, C. (2005): Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. Kiel.
- STEINBERG, S. (2001): Die Bedeutung graphischer Repräsentationen für den Umgang mit einem komplexen dynamischen Problem. Weinheim.
- STODDART, D. R. (1970): Die Geographie und der ökologische Ansatz. – In: BARTELS, D. (Hrsg.): Wirtschafts- und Sozialgeographie. Neue Wissenschaftliche Bibliothek 35. Köln, Berlin, S. 115-124.
- SUKOPP, H. (Hrsg.; 1990): Stadtökologie. Berlin.
- SWEENEY, L. B. (2004): Thinking about Everyday Systems. HARVARD.
- TANSLEY, A.G. (1935): The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. Ecology 16, S. 284-307.
- TROLL, C. (1939): Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Berlin, S. 241-298.
- VESTER, F. (1984): Neuland des Denkens. München.
- VESTER, F. (1988): Leitmotiv vernetztes Denken. München.
- WEICHHART, P. (2005): Auf der Suche nach der „dritten Säule“. – In: MÜLLER-MAHN, D., WARDENGA, U. (Hrsg.): Möglichkeiten und Grenzen integrativer Forschungsansätze in Physischer und Human-geographie. ifl-forum 2. Leipzig, S. 109-136.
- WIRTH, E. (1979): Theoretische Geographie. Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Armin Rempfler
 Pädagogische Hochschule Zentral-
 schweiz Luzern
 Museggstraße 37
 CH-6004 Luzern
 armin.rempfler@phz.ch