

# WELCHEN BEITRAG LEISTET DIE GEOGRAPHIEDIDAKTIK BEI DER ANALYSE KOMPLEXER MENSCH-UMWELT-SYSTEME?

JANNICK HEMPOWICZ

Martin-Luther-Universität Halle/Saale, Institut für Geowissenschaften und Geographie, Von-Seckendorff-Platz 4, 06120 Halle/Saale

**Schlüsselwörter:** Komplexe Systeme, Komplexität, Mensch-Umwelt-Systeme, Systemisches Denken, Systemkompetenz, Geographiedidaktik, Design-based Research

**Keywords:** complex systems, complexity, human-environment systems, systems thinking, system competence, geography education, design-based research

## Zusammenfassung

Ein Verständnis für komplexe Mensch-Umwelt-Sachverhalte zu entwickeln, stellt für den Menschen eine große Herausforderung dar. Die Komplexitätsanforderungen übersteigen die bisherigen Erfahrungen dessen, was die Menschen mit ihrer intuitiven Vernunft erfassen können (vgl. SCHEUNPFLUG 2001). Auf der anderen Seite ist es notwendig, dass ein systemisches Denken und ein kompetenter Umgang mit komplexen Sachverhalten gefördert werden, um den zukünftigen Problemen einer fortschreitenden Globalisierung zu begegnen (vgl. ROST 2005).

Der Geographiedidaktik wird dabei eine Schlüsselrolle eingeräumt, da sie die Betrachtung von Mensch-Umwelt-Systemen in den Fokus rückt. Als Leitziel des Geographieunterrichts wird das Erkennen der Zusammenhänge zwischen natürlichen Gegebenheiten und gesellschaftlicher Aktivitäten in verschiedenen Räumen der Erde deklariert (vgl. DGfG 2014). Mit der Integration des Systemkonzepts in die Bildungsstandards und der Entwicklung und Validierung geographischer Systemkompetenzmodelle wurden zukunftsweisende Strukturen geschaffen, die einen kompetenten Umgang mit Mensch-Umwelt-Systemen ermöglichen können.

Der vorliegende Beitrag diskutiert die Bedeutung des Systemkonzepts als Basiskonzept des Faches Geographie und beschreibt ein Kompetenzstruktur- und -stufenmodell zur geographischen Systemkompetenz. Darüber hinaus werden allgemeine Ansätze zur Förderung systemischen Denkens dargelegt und ein aktuelles Forschungsvorhaben skizziert.

## Abstract

Envolving a comprehension of complex human-environment systems is a huge challenge for human beings. The requirements of complexity exceed the experiences of what human beings could understand with their intuitive reasons (vgl. SCHEUNPFLUG 2001). On the other hand, it is necessary to foster systems thinking

skills and a competent interaction with complex contents to solve global issues (vgl. ROST 2005).

Therefore, geography education plays a key role by including human-environment systems as a central aspect. The main goal of geography education is to identify the connections between nature and social systems in different scales of the earth (vgl. DGfG 2014). Major impacts were the integration of the system concept into the national education standards as well as the development and validation of system competence models. This paper discusses the importance of the system concept as a major concept in geography education and describes a definite competence model of geographical system competence. Furthermore, approaches to foster systems thinking skills are shown and a current research project is outlined.

## 1. Komplexe Mensch-Umwelt-Systeme aus geographischer Perspektive

„Die Kluft zwischen ‚naturwissenschaftlich‘ und ‚sozial- oder geisteswissenschaftlich‘ arbeitenden Fächern gilt nach wie vor als nahezu unüberwindbar, auch wenn mittlerweile klar geworden ist, dass die drängenden Fragen des 21. Jahrhunderts weder allein durch naturwissenschaftliche Arbeiten noch durch rein sozialwissenschaftlich erarbeitete Lösungen beantwortet werden können.“ (vgl. EGNER & RATTER 2008, S. 9) Die Wissenschaftsdisziplin der Geographie wird zwar als ein Fach angesehen, dennoch muss sie als Brückenfach sowohl mit Gesellschafts- als auch mit Umweltaspekten agieren. Eine Möglichkeit der Integration beider Ausrichtungen findet sich in den interdisziplinären, fachübergreifenden Systemtheorien (vgl. EGNER 2008; WARDENGA & WEICHHART 2006).

### 1.1 Systemdefinition und Komplexität

Das aus dem Griechischen stammende Wort System wird mit einem ‚aus mehreren Teilen zusammengesetzten Ganzen‘ übersetzt. Diese Formulierung ist sehr weit gefasst, sodass spezifische Systemdefinitionen als Grundlage der Bildung von Systemtheorien nötig sind. BERTALANFFY (1968) definierte im Zuge seiner Allgemeinen Systemtheorie ein System als Set von Elementen, die in Beziehung zueinander stehen. Dieses Beziehungsgeflecht folgt bestimmten Regeln und bildet eine funktionale Einheit. Vor allem die Physische Geographie mit ihrem Untersuchungsschwerpunkt der Natursysteme lehnt sich an diese Definition an und erweitert sie durch Aspekte der Kybernetik und Ökosystemforschung (vgl. WARDENGA & WEICHHART 2006; RATTER & TREILING 2008). Die Humangeographie nutzt zum Verständnis von Systemen eher die soziologische Systemtheorie nach LUHMANN (1984). Nach dieser Theorie wird als Ausgangspunkt die Differenz zwischen System und Umwelt festgelegt. Dabei definiert sich ein System als Abgrenzung durch eine bestimmte Operationsweise, z. B. der Kommunikation, und die Umwelt existiert lediglich aufgrund dieser Grenzziehung außerhalb des Systems. Eine Verbindung zwischen dem Sozialsystem und der umgebenden Umwelt findet über das Bewusstsein statt. Dies bedeutet, dass eine Gesellschaft Umwelteinflüsse bewusst wahrnehmen und darüber kommunizieren muss, um sie einzubeziehen (vgl. LIPPUNER 2008). Um die Theorie eines integrativen Verständnisses von Mensch-Umwelt-Systemen zu entwickeln, eignen sich die natur- bzw. sozialwissenschaftlichen Systemtheorien weniger, da sie kaum kompatibel erscheinen und unterschiedliche theoretische Grundlagen angenommen werden (vgl. REMPFLER & UPHUES 2010). Einen interdisziplinären Ansatzpunkt bietet das sozialökologische Systemverständnis (vgl. Kapitel 1.2)..

Bei der Beschreibung und Analyse von Systemen spielt die Komplexität eine

entscheidende Rolle. In der Literatur findet man dazu viele Definitionen (vgl. Übersicht bei RATTER & TREILING 2008, S. 27f.). Eine vereinheitlichte Definition beschreibt HERGET (2003, S. 12): „Komplexe Systeme sind Realitätsausschnitte, die sich dadurch kennzeichnen, dass sie aus vielen verschiedenen Einzelteilen (Variablen) bestehen, die über viele verschiedene Verbindungen miteinander in Kontakt stehen.“ In einer Zusammenfassung verschiedener Komplexitätsdefinitionen in Bezug auf Systeme halten RATTER & TREILING (2008) fest, dass sich die Komplexität eines Systems einerseits auf die Anzahl der Elemente (Betrachtung der Systemkonstitution) und andererseits auf die Menge und Stärke der Beziehungen jener Systemelemente (Betrachtung des Systemverhaltens) beziehen kann. Für die Entwicklung eines angemessenen Umgangs mit komplexen Systemen ist das Verständnis beider Komplexitätsformen notwendig.

### 1.2 Das sozialökologische Verständnis von Systemen

Das Verständnis von Mensch-Umwelt-Systemen im geographischen Kontext muss vielfältigen Ansprüchen gerecht werden (vgl. REMPFLER & UPHUES 2010). Eine einseitige, eher traditionelle Betrachtung physiogeographischer Systeme steht einer soziologischen Betrachtung humangeographischer Systeme gegenüber. Eine Verknüpfung beider Ansätze ist strittig, weil beispielweise die Kommunikation als zentrales Element sozialer Systeme – nach dem Gesellschaftsbegriff von LUHMANN – schwer auf die Strukturen und Prozesse von Natursystemen zu übertragen ist (vgl. LIEHR et al. 2006; LUX et al. 2006). Auf einer anderen Ebene deklariert LIPPUNER (2008), dass ein integratives Natur- und Sozialsystem keine konsequenten Interaktionen zwischen Gesellschaft und Umwelt mehr abbilden kann. Dennoch ist es aus geographischer Sicht unumgänglich, in einem integrierten Systemverständnis vorzugehen, da die geographische Realität im Sinne Neefs

natur- und sozialwissenschaftlich geprägt ist (vgl. LESER 1991) und eine Analyse von Raumsachlagen stets integrativ abläuft (vgl. KÖCK 2008).

Ein Ansatz des Zusammenführens beider Systeme entstammt der Landschaftsökologie. Er interpretiert Gesellschaft und Natur als überwiegend autonome Systeme, bei denen soziale Einflüsse auf Natursysteme sowie natürliche Einflüsse auf Sozialsysteme als äußere Störungen wirken (vgl. LESER 1991). Dem Anspruch einer integrativen Betrachtung sozialer und natürlicher Systeme kann er jedoch nicht gerecht werden (vgl. REMPFLE & UPHUES 2011a).

Einen weiteren Versuch, den Differenzen des dichotomen Systemverständnisses zu begegnen und gleichzeitig das Zusammenwirken von Gesellschaft und Natur als enges Beziehungsgeflecht zu konstituieren, unternahm der interdisziplinäre Wissenschaftszweig der Sozialen Ökologie (vgl. BECKER & JAHN 2006). Dieser an der Komplexitätsforschung ausgerichtete Ansatz untersucht kontextorientierte Probleme aus sozial- und naturwissenschaftlicher Sicht mit Bezug zum Konzept der Nachhaltigkeit. Dabei werden die einzelnen Faktoren beider Sichtweisen nicht additiv gesehen, sondern als integratives Konstrukt beschrieben. Das Systemverständnis der Sozialen Ökologie zeichnet sich durch eine „Interiorisierung externer Beziehungen“ aus (vgl. LIEHR et al. 2006, S. 269). Das Beziehungsgeflecht wird als Gesamtsystem dargestellt, indem die im landschaftsökologischen Ansatz beschriebenen, äußeren Faktoren zwischen Gesellschaft und Natur zu inneren Beziehungen des neugebildeten Mensch-Umwelt-Systems determiniert werden. Daraus ergibt sich eine eigene funktionale und räumliche Struktur und eine eigene Dynamik des Gesamtsystems (vgl. LIEHR et al. 2006).

Der Zusammenhang zwischen diesem sozialökologischen Systemverständnis und der Geographie findet sich einerseits in der Betrachtung von Gesellschaft-Natur-Beziehungen als wesentliche Zielperspektive

und andererseits in der räumlichen Ausdifferenzierung des integrativen Systems (vgl. BECKER & JAHN 2006; Liehr et al. 2006). Aus dieser Vereinbarkeit heraus wird eine Eignung des sozialökologischen Systemverständnisses für die Geographie deklariert (vgl. REMPFLE & UPHUES 2010). Unter dieser Voraussetzung legen REMPFLE & UPHUES (2010) relevante Merkmale einer sozialökologischen Betrachtungsweise von Systemen dar: Offenheit, Autopoiesis, Modellhaftigkeit, Komplexität, Nicht-Linearität, Dynamik, Emergenz, Abgrenzung, selbstorganisierte Kritikalität, eingeschränkte Vorhersagbarkeit und Regulation (zur genaueren Beschreibung siehe REMPFLE & UPHUES 2010, 2011a). Aufbauend auf den determinierten Systemmerkmalen wurde von den genannten Autoren ein integratives Kompetenzmodell zur geographischen Systemkompetenz entwickelt (vgl. Kapitel 2.2).

### 1.3 Herausforderungen im Umgang mit komplexen Mensch-Umwelt-Systemen

Komplexe Mensch-Umwelt-Sachverhalte heutiger Zeit zu verstehen, stellt für den Menschen eine gewaltige Herausforderung dar. Sie übersteigen unsere bisherigen Erfahrungen dessen, was wir mit unserer intuitiven menschlichen Vernunft erfassen können (vgl. SCHEUNPFLUG 2001). Das vielfältige und vernetzte System der globalisierten Welt bietet ein hohes Maß an faktischen und ethischen Ungewissheiten, die ein adäquates Handeln erschweren. Die faktische Komplexität als hohe Anzahl an Sachinformationen und deren Relationen wird dabei oft verstärkt durch widersprüchliche wissenschaftliche Erkenntnisse und Expertenmeinungen. Zudem sind ethische Unsicherheiten geprägt durch widersprüchliche Auffassungen über moralisch richtiges Handeln (vgl. BÖGEHOLZ & BARKMANN 2005; OHL 2013). Die Notwendigkeit des angemessenen Umgangs mit dieser doppelten Komplexität entstand im Zuge einer zunehmenden Globalisierung, die „[...] eine Komplexitätssteigerung in verschiedensten gesellschaftlichen

Bereichen, mit unterschiedlicher Intensität und unterschiedlichen Auswirkungen“ mit sich brachte (vgl. SCHEUNPFLUG & SCHRÖCK 2000, S. 8).

Erklärbar wird dieses Phänomen bei einem Blick in die Evolutionsgeschichte des Menschen. In der längsten Periode ihrer Stammesgeschichte lebten die Menschen in nomadisch-umherziehenden Gesellschaften als Jäger und Sammler. In der Phase der vollständigen Ausreifung des menschlichen Gehirns, zu Zeiten des Pleistozäns, bestand die Hauptaufgabe der Menschen darin, Strategien zur Lösung von Problemen zu entwickeln, die sich auf ihren aktuellen natürlichen Lebensraum beziehen. Diese Entwicklung von Überlebensstrategien als Hauptziel menschlichen Handelns ist sogar noch heute erkennbar, bringt allerdings Schwierigkeiten mit sich (vgl. SCHEUNPFLUG 2001).

Über Jahrtausende hinweg waren spontane Problemlösungen auf Erfahrungen im Nahbereich zurück zu führen. Es werden vornehmlich jene Probleme gelöst, die direkt sinnlich erfahrbar sind. Gerade in Bezug auf globale Probleme heutiger Zeit sind die auf einen kleinen Lebensraum fokussierenden Tat-Folge-Zusammenhänge verloren gegangen: Die Abholzung des Regenwaldes in Südamerika bringt auf der einen Seite unmittelbare Profite für die Unternehmen vor Ort. Auf der anderen Seite entwickeln sich neben negativen Auswirkungen für die Region (z. B. Bodenerosion, Versteppung, Artensterben) auch negative Folgen im globalen Maßstab (z. B. Klimaveränderung). Der Mensch hat sich auf die Nebenwirkungen seines Handelns und die Auswirkungen dieser Nebenwirkungen aufgrund seiner lediglich intuitiven Problemlösefähigkeit noch nicht eingestellt (vgl. SCHEUNPFLUG & SCHRÖCK 2000).

Darüber hinaus besitzen Menschen die Vorstellung, dass Ursachen für bestimmte Effekte nur begrenzt auftreten. Es wird davon ausgegangen, dass es eine Ursache gibt, doch sie wird in ihrer Tragweite vernachlässigt. Für das eigene Verhalten reicht die

Begründung einer Ursache zumeist aus, um das alltägliche Handeln zu regulieren. Bei der Steuerung komplexer Systeme, z. B. in der Wirtschaft, Politik oder Ökologie ist diese Denkweise unzulänglich. Es werden anspruchsvollere Modelle benötigt, um komplexe Wandlungsprozesse zu verstehen (vgl. SCHEUNPFLUG 2001).

Die Herausforderungen zunehmender Globalisierung und evolutionär-bedingter Faktoren gilt es an das heute notwendige Verständnis komplexer Mensch-Umwelt-Systeme und dem folglich angemessenen Umgang mit diesen anzupassen. Der Entwicklung und Förderung einer geographischen Systemkompetenz im Schulunterricht kommt dabei eine entscheidende Rolle zu (vgl. REMPFLE & UPHUES 2011b).

## **2. Komplexe Mensch-Umwelt-Systeme aus geographiedidaktischer Perspektive**

Die Wahl des passenden Komplexitätsniveaus sowie eines geeigneten Systemverständnisses und die Herausforderungen im Umgang mit Systemen werfen die Frage auf, wie damit auf didaktischer und unterrichtsmethodischer Ebene umzugehen ist. Die Soziale Ökologie schlägt vor, komplexe Sachverhalte an Alltagssituationen zu knüpfen, um eine Authentizität und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus wird versucht, eine selektive Wahrnehmung von Komplexität zu schaffen, indem komplexe Sachverhalte auf eine deskriptive Ebene reduziert werden (vgl. LIEHR et al. 2006): Einerseits sollen Systeme in einfache, handhabbare Modelle gefasst werden, um ein qualitatives Systemverständnis zu erzeugen. Andererseits muss abgesichert sein, dass die entscheidenden Systemmerkmale auch in einer reduzierten Variante adäquat dargestellt werden – frei nach dem Motto Einsteins: „Mache Dinge so einfach wie möglich – aber nicht einfacher.“ In der Folge wird beschrieben, welche geographiedidaktischen Leitideen für das Verständnis komplexer Mensch-Umwelt-Beziehungen vorherrschen.

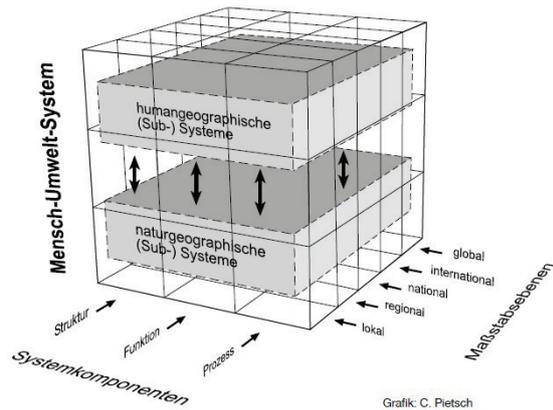


Abb. 1 : Basiskonzepte der Analyse von Räumen im Fach Geographie (Quelle: DGfG 2014, S. 11) | Main concepts of analysing spatial in geography education (Reference: DGfG 2014, p. 11)

Dazu wird zunächst das Systemkonzept als Basiskonzept des Faches Geographie aus den Bildungsstandards vorgestellt und ein Kompetenzmodell zur geographischen Systemkompetenz erläutert, welches auf dem sozialökologischen Systemverständnis fußt. Im Anschluss werden ausgewählte Ansätze zur Förderung systemischen Denkens erläutert.

## 2.1 Das Systemkonzept aus den Bildungsstandards des Faches Geographie

Das schlechte Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler bei den PISA-Studien (2000, 2003) und TIMSS (1995, 1999, 2003) entfachte in Deutschland einen bildungspolitischen Diskurs. Als maßgebliche Konsequenz sollte ein Wandel innerhalb der Bildungspläne stattfinden: von einer Inputorientierung (Aneignung von deklarativem Wissen) zu einer Outputorientierung (Entwicklung von Kompetenzen). Im Hinblick auf diese Qualitätssicherung sowie inhaltliche Weiterentwicklung der einzelnen Fächer wurden Bildungsstandards als zukünftige Lehrplangrundlage konzipiert und verabschiedet. Innerhalb dieser Bildungsstandards werden Kompetenzen festgelegt, welche die Schülerinnen und Schüler am Ende eines bestimmten Bildungsabschnittes erreicht haben sollen (vgl. DGfG 2014). Als Grundlage galt die Kompetenzdefinition nach WEINERT (2001): Kompetenzen sind „[...] die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten,

um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (WEINERT 2001, S. 27f.)

Ein zentraler Punkt bei der Neudiskussion von Bildungsstandards für das Fach Geographie war die Formulierung der „Philosophie des Faches“, welche mit der „Erde als System“ manifestiert wurde (RHODE-JÜCHTERN 2009, S. 126). Als Leitziel des Geographieunterrichts wurde das Erkennen der Zusammenhänge zwischen natürlichen Gegebenheiten und gesellschaftlicher Aktivitäten in verschiedenen Räumen der Erde und eine darauf aufbauende raumbezogene Handlungskompetenz deklariert (vgl. DGfG 2014). Die Fülle und Komplexität der Sachinhalte erfordern, wie eingangs beschrieben, eine Reduktion auf den Kern geographischen Wissens und ein Vorgehen anhand räumlicher Beispiele. Zur Strukturierung dieser Sachinhalte eignen sich Basiskonzepte, die als themenübergreifende Leitlinien eines Faches gelten. Im Fach Geographie wurde das Systemkonzept als Hauptbasiskonzept festgelegt (Abb. 1).

Es beinhaltet die Systemkomponenten Struktur, Funktion und Prozess als Basisteilkonzepte. Die Struktur eines Systems beschreibt die Elemente der Geofaktoren, z. B. Klima, Vegetation und Wirtschaft in ihrer jeweils räumlichen Ausdehnung. Die Beziehungen und Interaktionen zwischen diesen Elementen stellen die Funktion des

Systems dar (z. B. Einfluss des Klimas auf Vegetation, Einfluss des Reliefs auf den Städtebau). Bei der Betrachtung einer räumlichen oder zeitlichen Veränderung dieser Strukturen und Funktionen bilden sich Prozesse, die eine Systemdynamik hervorbringt (z. B. globaler Klimawandel, Strukturwandel in Mittelengland). Darüber hinaus wird in Abbildung 1 ersichtlich, dass das Systemkonzept sowohl für naturgeographische als auch für humangeographische (Sub-)Systeme gilt, die wiederum in einem Abhängigkeitsverhältnis stehen und komplexe Mensch-Umwelt-Systeme auf verschiedenen Maßstabsebenen (von lokal bis global) bilden (vgl. DGfG 2014). Aufbauend auf diesem Systemkonzept wurden Standards formuliert, welche die Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Schulzeit entwickeln sollen (ausführlich in DGfG 2014, S. 15 ff.), z. B. „Die Schülerinnen und Schüler können [...] das funktionale und systemische Zusammenwirken der natürlichen und anthropogenen Faktoren bei der Nutzung und Gestaltung von Räumen beschreiben und analysieren [...]“ (DGfG 2014, S. 15). An diesem Beispiel erkennt man, dass die Entwicklung eines Verständnisses komplexer Mensch-Umwelt-Zusammenhänge Einhalt in curriculare Dokumente gefunden hat.

Mit der Festlegung des Systemkonzepts als Grundlage zur Analyse komplexer Mensch-Umwelt-Systeme in den Bildungsstandards greift die Geographiedidaktik einen Ansatz zur Lösung zukünftiger Problemfragen auf. Zur Erlangung eines tiefgründigen Verständnisses von komplexen, erdräumlichen Sachverhalten ist eine systemische Denkweise essenziell. Die zunehmenden Herausforderungen einer globalisierten Welt gilt es mit der Entwicklung eines mehrperspektivischen Verständnisses und erfolgreicherem Umgangs mit komplexen Sachlagen zu lösen. Schülerinnen und Schüler sollen durch Geographieunterricht über Jahre hinweg befähigt werden, kompetent mit faktischer und ethischer Komplexität umzugehen und darüber hinaus zweckvolle Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln.

## 2.2 GeoSysKo – ein Kompetenzstruktur- und -stufenmodell zur geographischen Systemkompetenz

Mit der Festsetzung des Systemkonzepts in den Bildungsstandards als Basiskonzept wurden curriculare Implementationsvoraussetzungen geschaffen. Zur gezielten Entwicklung und Förderung eines angemessenen Systemverständnisses bedarf es allerdings einer theoretischen und empirischen Fundierung einer Systemkompetenz (vgl. MEHREN et al. 2015). Die Systemkompetenz wird hierbei als Fähigkeit beschrieben, „[...] einen komplexen Wirklichkeitsbereich in seiner Organisation und seinem Verhalten als System zu erkennen, zu beschreiben und zu modellieren und auf der Basis dieser Modellierung Prognosen und Maßnahmen zur Systemnutzung und –regulation zu treffen.“ (vgl. FRISCHKNECHT-TOBLER et al. 2008, S. 20) Aus diesem Grund wurden in der geographiedidaktischen Forschung mehrere Projekte durchgeführt, die sich mit der Entwicklung und Validierung von Systemkompetenzmodellen beschäftigten (HEIGIS: 2009-2011, SysThema: 2011-2015, GeoSysKo: 2011-2014). In der Folge wird das Projekt GeoSysKo (vgl. REMPFLER & UPHUES 2011b; MEHREN et al. 2014; MEHREN et al. 2015) genauer vorgestellt und dessen Wichtigkeit für die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler dargestellt.

Das in Kap. 1.2 beschriebene sozial-ökologische Systemverständnis bildet die Basis für die Entwicklung dieses Kompetenzmodells, da die Natur- und Gesellschaftssysteme integrativ als Mensch-Umwelt-Systeme betrachtet werden sollen. Aus empirischen und theoretisch-konzeptionellen Arbeiten wurde ein Theoriemodell entwickelt, das aus vier Kompetenzdimensionen (Systemorganisation, Systemverhalten, Systemadäquate Handlungsintention mental und Systemadäquate Handlungsintention aktional) und drei Kompetenzstufen (Stufe I, II, III) besteht. Um Lernprozesse gezielt fördern und diagnostizieren zu können, müssen Kompetenzmodelle bildungstheoretisch fundiert, empirisch

belastbar und praktisch handhabbar sein (vgl. HEMMER et al. 2008). Aus diesem Grund wurde das Theoriemodell komprimiert, ohne die Kernideen zu verändern. Nach den Kriterien Kompetenzdimensionen (Systemorganisation, Systemverhalten, systemadäquate Handlungsintention), Anzahl der Elemente und Relationen (niedrig, mittel, hoch) und der Vernetzungsart (monokausal, linear, komplex) wurde auf diese Weise ein empirisch zu überprüfendes Kompetenzstruktur- und -stufenmodell zur geographischen Systemkompetenz entwickelt. Um in der Folge dieses Kompetenzmodell validieren zu können und ein Instrument zur schulischen Diagnostik zu entwerfen, wurden zunächst Testaufgaben mittels eines iterativen Verfahrens konzipiert (Abbildung 2). Die Testaufgaben, welche zu 17 geographischen Themenbereichen zugeordnet werden können und jeweils 7-10 Items enthalten, wurden qualitativ und quantitativ kalibriert (N=954). Zu guter Letzt vervollständigte die Hauptstudie (N=1926) mit der Prüfung des Faktormodells sowie der Schätzung der Aufgabenschwierigkeiten und Item-

schwierigkeiten die Validierung des Kompetenzmodells. Anhand von Analysen zur Modellgüte wurde das Kompetenzmodell auf zwei Dimensionen mit drei Niveaustufen festgelegt (Tab. 1). Mithilfe des Modells können die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler den verschiedenen Leistungsniveaus zugeordnet werden. Die validierten Testaufgaben ermöglichen es, die geographische Systemkompetenz zu erheben und darüber hinaus didaktisch-methodisch aufbereitete Unterrichtskonzeptionen zu gestalten, zu erproben und mittels Pra-Post-Testdesign zu untersuchen (vgl. MEHREN et al. 2015).

Mit der Entwicklung und Validierung dieses Kompetenzmodells wurde eine Brücke geschlagen zwischen einem fachwissenschaftlichen Systemverständnis, den zunehmenden Herausforderungen einer globalisierten Welt und dem Geographieunterricht. Die zu entwickelnden Fähigkeiten, Realitätsbereiche in ihrer Organisation als System zu identifizieren und Funktionen und Prozesse eines Systems zu analysieren, bilden grundlegende

#### Item 5

Ursprünglich lebende Völker im tropischen Regenwald nutzen die Brandrodung, um auf kleinen Flächen Nahrung anzubauen. Welche Folgen bringt das mit sich?

*Geh von den vorgegebenen Begriffen aus und überlege dir, welche wie zusammenhängen. Verbinde sie entsprechend mit Pfeilen und vergiss nicht, jeden Pfeil zu beschriften (siehe Beispiel). Achte darauf, die Pfeilrichtung eindeutig anzugeben. Beachte als Hilfe Abb. 2 und den Begleittext im Aufgabenstamm.*

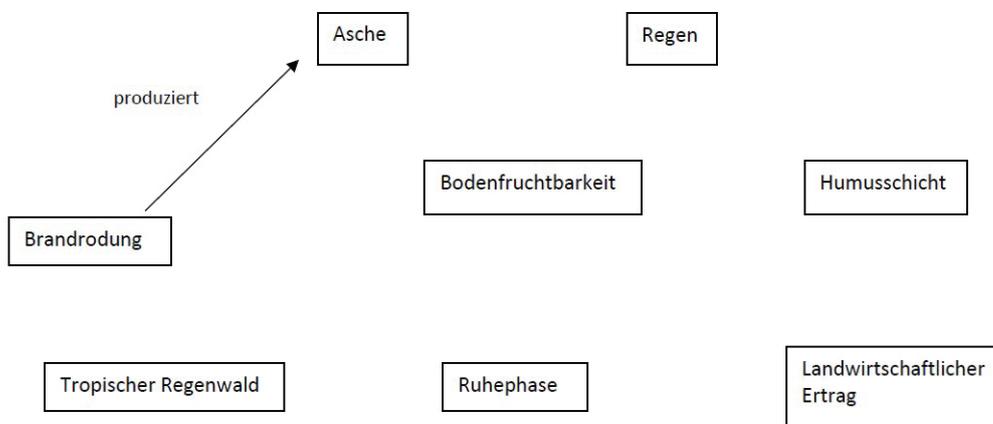


Abb. 2: Beispielitem einer Testaufgabe zum Themenbereich „Tropischer Regenwald“ als Mensch-Umwelt-System (Quelle: Mehren et al. 2015, Online-Ergänzung) | Item of a test to the topic „tropical rainforest“ as a human-environment system (Reference: Mehren et al. 2015, online attachment)

Tabelle 1. Empirisch überprüftes Kompetenzstruktur- und -stufenmodell zur geographischen Systemkompetenz (verändert, nach MEHREN et al. 2015)

Kompetenzstufen	Kompetenzdimensionen	
	<b>Dimension 1: Systemorganisation und Systemverhalten</b>  Systemische Struktur, Grenze, Emergenz, Interaktion & Dynamik  Komplexen Realitätsbereich in seiner Organisation als System identifizieren sowie dessen Funktion und Verhaltensweisen analysieren  (Wissenserwerb)	<b>Dimension 2: Systemadäquate Handlungsintention</b>  Systemische Prognose & Regulation  im Mentalraum systemadäquat handeln  (Wissensanwendung → mental)
Stufe 1	Schülerinnen und Schüler identifizieren eine niedrige Anzahl an Elementen und Relationen überwiegend isoliert oder monokausal und als vage abgrenzbaren Beziehungszusammenhang. Ihre Analyse monokausaler Entwicklungsverläufe basiert auf einem schwach entwickelten Funktions- und Prozessverständnis.	Schülerinnen und Schüler entwickeln bei einer niedrigen Anzahl an Elementen und Relationen Prognosen und regulative Maßnahmen aufgrund monokausaler Wirkungsanalyse, vager Antizipation der Wirkung und schwach ausgeprägter Komplexitätsreduktion.
Stufe 2	Schülerinnen und Schüler identifizieren eine mittlere Anzahl an Elementen und Relationen überwiegend linear und als mäßig abgrenzbaren Beziehungszusammenhang. Ihre Analyse linearer Entwicklungsverläufe basiert auf dem Verständnis von Wechselbeziehungen, Reihen- und Parallelkopplungen sowie einfachen Haushaltsbeziehungen.	Schülerinnen und Schüler entwickeln bei einer mittleren Anzahl an Elementen und Relationen Prognosen und regulative Maßnahmen aufgrund linearer Wirkungsanalyse, Antizipation der Wirkung und mäßig ausgeprägter Komplexitätsreduktion.
Stufe 3	Schülerinnen und Schüler identifizieren eine hohe Anzahl an Elementen und Relationen überwiegend komplex und als eindeutig abgrenzbaren Beziehungszusammenhang sowie als Teil verschachtelter Systeme. Ihre Analyse linearer und nicht-linearer Entwicklungsverläufe basiert auf dem Verständnis von Rückkopplungen und Kreisläufen sowie anspruchsvollen Haushaltsbeziehungen, Irreversibilität und Emergenz.	Schülerinnen und Schüler entwickeln bei einer hohen Anzahl an Elementen und Relationen Prognosen und regulative Maßnahmen aufgrund komplexer Wirkungsanalyse, Antizipation der Wirkung und stark ausgeprägter Komplexitätsreduktion sowie dem Bewusstsein eingeschränkter Vorhersagbarkeit.

Kompetenzen in der Betrachtung komplexer Mensch-Umwelt-Systeme. Die validierten Testaufgaben bieten hohes Potenzial zur Anwendung in der Schule. Sie dienen einerseits der Beurteilung und gezielten Förderung von Lernenden und andererseits der Evaluation unterrichtspraktischer Maßnahmen. Damit folgt die Geographiedidaktik dem zukunftsweisenden Paradigmenwechsel in der Bildungspolitik – einer Verschiebung der Unterrichtsziele von einer Input- zu einer Outputseite.

### 2.3 Ansätze zur Förderung systemischer Denkfähigkeiten

Nach der Verankerung des Systemkonzepts in den Bildungsstandards und der Entwicklung und Validierung von Kompetenzmodellen zur geographischen Systemkompetenz steht die Forderung, Unterrichtskonzeptionen und –methoden zu entwickeln, die das systemische Denken von Schülerinnen und Schülern fördern kann (vgl. REMPFLER UND UPHUES 2011b). In der empirischen Forschung konnten bereits erfolgsversprechende Unterrichtsmethoden und Ansätze zur Förderung belegt werden (vgl. RIESS et al. 2015; MEHREN et al. 2014).

Verfahren zur Veranschaulichung von Systemeigenschaften eignen sich innerhalb eines erfahrungsbasierten Zugangs, vor allem für jüngere Klassenstufen. Erlebnisorientierte Gruppenspiele schaffen ein Bewusstsein für den Aufbau, die Eigenschaften und das Verhalten von Systemen. Bollmann-Zuberbühler et al. (2010) konzipierten und erprobten einen großen Fundus an Spielen und Methoden zur Förderung systemischen Denkens, z. B. die Methode „Mittendrin“. Bei dieser Methode laufen 12-15 Schülerinnen und Schüler in einem abgegrenzten Feld umher. Zuvor hat sich jeder Teilnehmende zwei Personen in Gedanken ausgewählt. Nach dem Startschuss durch die Spielleitung bewegen sich die Teilnehmenden so, dass sie stets den gleichen Abstand zu ihren zwei Mitspielern haben. Jede Bewegung löst dabei weitere Bewegungen aus, sodass fast nie Stillstand entsteht. Falls sich dennoch

ein Gleichgewicht im „System“ eingestellt hat, kann sich durch eine „externe Störung“ (gezieltes Verschieben einer Person durch die Spielleitung) das System wieder verändern. Die Schülerinnen und Schüler lernen hierbei unter anderem, dass einfache Wechselwirkungen zwischen Systemelementen zu komplexen Systemverhaltensweisen führen können.

Als Verfahren zur Förderung der Systemorganisation haben sich der Einsatz des Syndromkonzepts und der Mystery-Methode bewiesen (vgl. RIESS et al. 2015). Das Syndromkonzept wurde vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) entwickelt, um aktuelle Krisen auf der Erde ganzheitlich zu analysieren. Dazu werden die Ursache- und Wirkungsmechanismen verschiedener Bereiche (Hydrosphäre, Atmosphäre, Pedosphäre, Bevölkerung, Biosphäre, Wirtschaft, Psychosoziale Sphäre, Gesellschaftliche Organisation und Technik/Wissenschaft) interdisziplinär betrachtet und daraus einzelne Syndrome abgeleitet. Beispiele dafür sind das Raubbau-Syndrom oder das Sahel-Syndrom. Spätestens seit SCHINDLER (2005) hat das Syndromkonzept Einhalt in der Geographiedidaktik gefunden (vgl. RHODE-JÜCHTERN 2009). Die Mystery-Methode entstammt dem moderat-konstruktivistischen Ansatz des Thinking Through Geography (vgl. LEAT 1999). Die Schülerinnen und Schüler erhalten mithilfe von Kärtchen ungeordnete Informationen zu einem Fallbeispiel. Die Aufgabe besteht darin, die gewonnenen Informationen zu strukturieren, zu gewichten und sinnvoll miteinander in Beziehung zu setzen. Eine anfangs gestellte rätselhafte Leitfrage soll durch das Verständnis und der Analyse der Zusammenhänge gelöst werden. Zur Lösung des Problems eignen sich grafische Repräsentationsformen wie Concept Maps. Die Potenziale der Mystery-Methode liegen in dem eigenständigen Prozess des Strukturierens, dem Entdecken komplexer Zusammenhänge sowie der Nutzung

authentischer Kontexte.

Als Verfahren zur Untersuchung des Systemverhaltens und der Prognosefähigkeit eignen sich Computersimulationen. Computersimulationen sind sinnvoll, wenn das Verhalten komplexer, dynamischer Systeme untersucht werden soll. Simulationsspiele wie LandYOUs ([www.landyous.org](http://www.landyous.org)) oder das Energiespiel Bayern ([www.energiespiel.bayern.de](http://www.energiespiel.bayern.de)) funktionieren nach dem System, dass über mehrere Runden die Parameter so eingestellt werden müssen, dass ein bestimmtes Systemverhalten bewirkt wird. Durch die schrittweise Entwicklung eines Systemverständnisses können erfolgreiche Systemveränderungen vorgenommen werden. Neben diesen Black-Box-Modellen, bei denen die innere Struktur unbekannt ist und sich Erkenntnisse aufgrund der Systemveränderungen von Runde zu Runde zeigen, gibt es Glas-Box-Modelle, welche die einzelnen Systemkomponenten und -zusammenhänge offen darlegen (z. B. VENSIM). Durch eine gezielte Veränderung bestimmter Systemparameter kann das Systemverhalten problemlösend verändert werden (vgl. RIESS et al. 2015)

### **3. Komplexe Systeme transparent gestalten - Eine Design-Based-Research-Studie zur Förderung geographischer Systemkompetenz**

Die empirische Forschung zur Systemkompetenz im geographiedidaktischen Kontext hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Grund dafür sind nicht zuletzt die drei Projekte zur Entwicklung von Systemkompetenzmodellen (vgl. Kap. 2.2) und der anschließenden Forderung nach Unterrichtskonzeptionen auf der Grundlage dieser Modelle (REMPFLER & UPHUES 2011b). Eine Übersicht über Meilensteine geographiedidaktischer Forschung zur Systemkompetenz liefert REMPFLER (2009). Im Folgenden wird ein Forschungsprojekt skizziert, welches den Design-Based-Research-Ansatz nutzt, um der Forderung nach

Unterrichtskonzeptionen nachzukommen und theoretische Erkenntnisse mit praktischen Maßnahmen zu verbinden.

#### **3.1 Problemstellung und Erkenntnisinteresse**

Wie im Kap. 2.1 beschrieben, wurde die Entwicklung einer raumbezogenen Handlungskompetenz mit dem Erschließen komplexer Zusammenhänge zwischen natürlichen und gesellschaftlichen Aspekten verschiedener Räume der Erde als Leitziel des Geographieunterrichts festgelegt (vgl. DGfG 2014). Um diesem Ziel näher zu kommen, bedarf es der Förderung einer systemischen Betrachtungsweise bei den Lernenden, basierend auf dem Systemkonzept (vgl. FRISCHKNECHT-TOBLER et al. 2008). Nach der Entwicklung und Validierung theoretischer Kompetenzmodelle steht die Forderung nach der Konzeption und Evaluation geeigneter Unterrichtsarrangements zur Förderung systemischen Denkens (vgl. REMPFLER & UPHUES 2011b). Die Übertragung in die Praxis ist allerdings mit Herausforderungen verbunden. ROST (2005) stellt den kompetenten Umgang mit faktischer Komplexität als eine zentrale Schwierigkeit bei Lernenden heraus. Darüber hinaus stößt der Ansatz der didaktischen Reduktion an seine Grenzen. Auf der einen Seite darf die Komplexität der behandelten Systeme nicht zu gering gewählt werden, weil sonst die Begründungen monokausal oder linear ausfallen. Auf der anderen Seite darf das System nicht zu komplex sein, damit die Lernenden nicht überfordert sind (vgl. MEHREN et al. 2014). Diesen schmalen Grat zu finden, stellt eine große Herausforderung für Lehrende und Lernende dar. Auf der Basis dieser Problemstellung soll mithilfe des Design-Based-Research-Ansatzes eine Unterrichtskonzeption entwickelt und evaluiert werden, welche den Lernenden einen kompetenten Umgang mit komplexen Sachlagen ermöglicht. Für die Unterrichtskonzeption wird sich an der Mystery-Methode (vgl. Kap. 2.3) orientiert.

### 3.2 Forschungsansatz: Design-Based Research

Der Design-Based-Research-Ansatz (DBR) begegnet dem von vielen Pädagogen diskutierten Theorie-Praxis-Problem des geringen Transfers empirischer Forschungsergebnisse in die Praxis (vgl. MESSNER 2001; STARK & MANDL 2001). Viele Erkenntnisse der Grundlagenforschung gelangen nicht zur Anwendung, da es an einer Aufbereitung entsprechender Erkenntnisse für die Praxisakteure fehlt oder die experimentellen Laboruntersuchungen nicht in der Feldforschung nachgeprüft wurden. Ziel des DBR-Ansatzes ist es demnach, praktische und wissenschaftliche Maßnahmen miteinander zu verbinden, indem Lernszenarien entwickelt und simultan dazu Fortschritte in der Theoriebildung erzielt werden (vgl. REINMANN 2015).

Das Forschungsziel des DBR bildet die Verbesserung eines Unterrichtskonzepts in einem realen Setting. Nach der Problemanalyse wird der Design-Zyklus eingeleitet (Abbildung 3). Dieser enthält die chronologischen Phasen des Entwurfs, der Umsetzung, der Analyse und der Überarbeitung. Ist eine Überarbeitung sinnvoll, so wird der Zyklus wiederholt, bis

die Zielvorgaben erreicht wurden oder sich eine Stagnation eingestellt hat. Am Ende werden die Ergebnisse der iterativen Zyklen interpretiert. Damit liefert der DBR-Prozess zwei wichtige Resultate: Einerseits können verallgemeinerte Gestaltungsempfehlungen aus der Entwicklung des konkreten Designs abgeleitet werden. Andererseits können die Ergebnisse einer Lernprozessanalyse ausgewählte Fragestellungen zum jeweiligen Forschungsinteresse beantworten (vgl. REINMANN 2015).

### 3.3 Arbeitsstand und Ausblick

In einer Literaturrecherche wurden die möglichen Kompetenzmodelle zur geographischen Systemkompetenz gesichtet und verglichen. Darüber hinaus wurden Potenziale und Probleme bei der Förderung systemischen Denkens im Geographieunterricht analysiert. Außerdem wurden Testinstrumente zur Messung der systemischen Denkfähigkeit recherchiert und deren Eignung für das aufgeführte Vorhaben bewertet. Im Anschluss wurden Interviews mit Lehrenden (N=5) geführt. Aus diesen Interviews wurde extrahiert, wie Lehrende das systemische Denken ihrer Schülerinnen und Schüler fördern, wie sie den

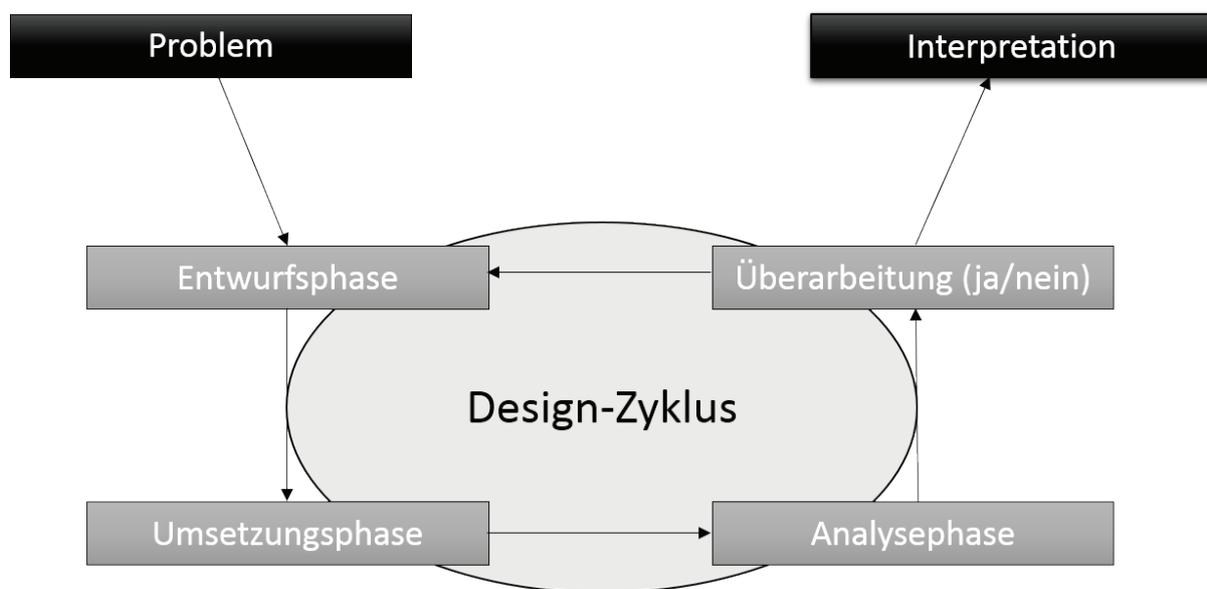


Abb. 3 : Zyklischer Ablauf des Design-Based Research (Quelle: eigene Darstellung) | Cyclic process of Design-based Research (Reference: Own representation)

Umgang ihrer Schülerinnen und Schüler im Umgang mit komplexen Fragestellungen bewerten und welche Potenziale und Probleme sie bei der Förderung systemischen Denkens sehen.

Auf der Grundlage dieser empirischen und praktischen Erkenntnisse zu Lehr-Lernprozessen im Kontext systemischen Denkens wird in der Folge ein Unterrichtskonzept für die Klassenstufe 9 in Anlehnung an die Mystery-Methode konzipiert. Das entwickelte Design wird mehrere Umsetzungs-Analyse-Zyklen im schulischen Kontext durchlaufen. Zur Analyse und Bewertung des Forschungsprozesses werden in Anlehnung an EULER (2014) Design-Prinzipien festgelegt. Nach jedem Zyklus werden diese kontrolliert und ausdifferenziert, sodass am Ende allgemeine Gestaltungsempfehlungen abgeleitet werden können.

#### 4. Fazit

Der Artikel zeigt, dass sich die Geographiedidaktik der Entwicklung und Förderung zukünftig entscheidender Kompetenzen angenommen hat. Mit der Implementierung des Systemkonzepts in den Bildungsstandards und der Zielfestlegung einer zu entwickelnden raumbezogenen Handlungskompetenz wurde die curriculare Grundlage geschaffen, komplexe Mensch-Umwelt-Fragestellungen in den Schulunterricht zu integrieren. Auch in der geographiedidaktischen Forschung wird der Förderung einer Systemkompetenz ein hoher Stellenwert beigemessen. Theoretisch-fundierte und validierte Kompetenzmodelle wurden in Großprojekten entwickelt, welche die Grundlagen für nachfolgende, praxisnahe Forschungsprojekte bieten. Der Design-Based-Research-Ansatz stellt eine geeignete Methode für anschließende Forschungsvorhaben dar, weil er theoretisch-fundierte Unterrichtskonzeptionen in einem praxisnahen Setting iterativ überprüft und sowohl für die Praxis als auch für die Theoriebildung Fortschritte erzielen kann.

#### 5. Literaturverzeichnis

- BECKER, E. & JAHN, T. (Hrsg.) (2006): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Campus, Frankfurt am Main, New York.
- BERTALANFFY, L. (1968): General System Theory. New York.
- BÖGEHOLZ, S. & BARKMANN, J. (2005): Rational Choice and beyond: Handlungsorientierende Kompetenzen für den Umgang mit faktischer und ethischer Komplexität. In: KLEE, R. & SANDMANN, A. (eds.): Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: 211–224, Innsbruck.
- BOLLMANN-ZUBERBÜHLER, B., FRISCHKNECHT-TOBLER, U., KUNZ, P., NAGEL, U. & WILHELM HAMITI, S. (2010): Systemisches Denken fördern - Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. Bern.
- DGfG - Deutsche Gesellschaft für Geographie (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss - mit Aufgabenbeispielen. Selbstverlag Deutsche Gesellschaft für Geographie, Bonn.
- EGNER, H. & RATTER, B. (2008): Einführung: Wozu Systemtheorie(n). In: H. EGNER, H., RATTER, B. & DIKAU, R. (Hrsg.): Umwelt als System - System als Umwelt? Systemtheorien auf dem Prüfstand: 9–19, Oekom, München.
- EGNER, H. (2008): Gesellschaft, Mensch, Umwelt - beobachtet. Ein Beitrag zur Theorie der Geographie. F. Steiner, Stuttgart.
- EULER, D. (2014): Design-Research – a paradigm under development. In: D. Euler, D. & PSloane, P. F. E. (eds.): Design-Based Research: 15–44, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
- FRISCHKNECHT-TOBLER, U.; KUNZ, P.; NAGEL, U. (2008): Systemdenken - Begriffe, Konzepte und Definitionen. In: FRISCHKNECHT-TOBLER, U. (Hrsg.): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendlichen komplexe Systeme verstehen

- lernen: 11-31, Pestalozzianum, Zürich.
- HEMMER, I., HEMMER, M., OBERMAIER, G. & UPHUES, R. (2008): Räumliche Orientierung. Eine empirische Untersuchung zur Relevanz des Kompetenzbereichs aus der Perspektive von Gesellschaft und Experten. In: *Geographie und ihre Didaktik* 36 (1), 17–32.
- HERGET, M. (2003): Bildung für nachhaltige Entwicklung und die Herausforderung Komplexität. Institut für Umweltkommunikation. Lüneburg. Online verfügbar unter [http://www.leuphana.de/fileadmin/user\\_upload/Forschungseinrichtungen/infu/files/infu-reihe/18\\_03.pdf](http://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/infu/files/infu-reihe/18_03.pdf), zuletzt geprüft am 09.10.2015.
- KÖCK, H. (2008): Thesen zur innergeographischen Integration von natur- und sozialwissenschaftlicher Dimension als Voraussetzung für eine mögliche Brückenfunktion. In: *geographische revue* 10 (1), 31–39.
- LEAT, D. (1999): *Thinking through geography*. Kington, London.
- LESER, H. (1991): *Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung : mit einem Beitrag zum Prozeß-Korrelations-Systemmodell*. Ulmer, Stuttgart.
- LIEHR, S., BECKER, E., & KEIL, F. (2006): Systemdynamiken. In: BECKER, E. & JAHN, T. (eds.): *Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen*: 267–283, Campus, Frankfurt am Main, New York.
- 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? Systemtheorien auf dem Prüfstand*: 103–117, Oekom, München.
- LUHMANN, N. (1984): *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Suhrkamp.
- LUX, A., JANOWICZ, C. & HUMMEL, D. (2006): Versorgungssysteme. In: BECKER, E. & JAHN, T. (eds.): *Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen*: 423–433, Campus, Frankfurt am Main, New York.
- MEHREN, R., REMPFLER, A. & ULRICH-RIEDHAMMER, E.-M. (2014): Denken in komplexen Zusammenhängen. In: *Praxis Geographie* (4), 4–8.
- MEHREN, R., REMPFLER, A., ULRICH-RIEDHAMMER, E.-M., BUCHOLZ, J. & HARTIG, J. (2015): Wie lässt sich Systemdenken messen? Darstellung eines empirisch validierten Kompetenzmodells zur Erfassung geographischer Systemkompetenz. In: *Geographie aktuell & Schule* 37 (215), 4–16.
- MESSNER, R. (2001): Szenarien zur Bearbeitung des Theorie-Praxis-Problems in der Lehrerbildung. In: *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (2), 10–19.
- OHL, U. (2013): Komplexität und Kontroversität. In: *Praxis Geographie* (3), 4–8.
- RATTER, B. & TREILING, T. (2008): Komplexität - oder was bedeuten die Pfeile zwischen den Kästchen? In: EGNER, H., B. RATTER, B. & DIKAU, R. (eds.): *Umwelt als System - System als Umwelt? Systemtheorien auf dem Prüfstand*: 23–38, Oekom, München.
- REINMANN, G. (2015): *Design-based Research*. In: SCHEMA, D. & NOVAK, H. (eds.): *Gestaltungsorientierte Forschung in Innovations- und Entwicklungsprogrammen – Potenzial für Praxisgestaltung und Theoriebildung*. Bonn.
- REMPFLER, A. (2009): Systemkompetenz: Forschungsstand und Forschungsfragen. In: *Geographie und ihre Didaktik* 37 (2), 58–79.
- REMPFLER, A. & UPHUES, R. (2010): Sozialökologisches Systemverständnis: Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz. In: *Geographie und ihre Didaktik* (4), 205–217.
- REMPFLER, A. & UPHUES, R. (2011a): Für ein adäquates Verständnis von Geosystemen.

- In: *Geographie und Schule* 33 (189), 4–10.
- REMPFLER, A. & UPHUES, R. (2011b): Systemkompetenz im Geographieunterricht - Die Entwicklung eines Kompetenzmodells. In: Meyer, C. (eds.): *Geographische Bildung. Kompetenzen in didaktischer Forschung und Schulpraxis*: 36–48, Westermann, Braunschweig.
- RHODE-JÜCHTERN, T. (2009): *Eckpunkte einer modernen Geographiedidaktik*. Kallmeyer, Seelze.
- RIESS, W., SCHULER, S. & HÖRSCH, C. (2015): Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung am Beispiel eines Seminars für Lehramtsstudierende. In: *Geographie aktuell & Schule* 37 (215), 16–29.
- ROST, J. (2005): Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. In: *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 28 (2), 14–18.
- SCHEUNPFLUG, A. & SCHRÖCK, N. (2000): *Globales Lernen. Einführung in eine pädagogische Konzeption zur entwicklungsbezogenen Bildung*. Stuttgart.
- SCHEUNPFLUG, A. (2001): *Biologische Grundlagen des Lernens*. Cornelsen Scriptor, Berlin.
- SCHINDLER, J. (2005): *Syndromansatz. Ein praktisches Instrument für die Geographiedidaktik*. LIT, Münster.
- STARK, R. & MANDL, H. (2001): *Die Kluft zwischen Theorie und Praxis - ein unlösbares Problem für die pädagogisch-psychologische Forschung?* Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 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), 9–31.
- WEINERT, F. E. (2001): *Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit*. In: WEINERT, F.E. (ed.): *Leistungsmessungen in Schulen*: 17–31, Beltz, Weinheim.