

Johannes Heuzeroth* & Alexandra Budke**

Metakognitive Methoden und Strategien für die Entwicklung von Kausalbeziehungen im Rahmen des systemischen Denkens im Geographieunterricht

* johannes.heuzeroth@uni-koeln.de, Institut für Geographiedidaktik, Universität zu Köln

** alexandra.budke@uni-koeln.de, Institut für Geographiedidaktik, Universität zu Köln

eingereicht am: 24.07.2023, akzeptiert am: 07.12.2023

Metakognition unterstützt die inhaltlich-sprachlich kohärente Entwicklung systembezogener Kausalbeziehungen. Im Artikel werden drei unterschiedliche im Unterricht erprobte und empirisch geprüfte metakognitive Methoden vorgestellt: Ein *Handlungsplan*, der Metawissen aktiviert und Metastrategien vor der Problemlösung organisiert, die Methode des *Zirkulären Denkens*, ein kreislaufähnliches, fragengeleitetes Vorgehen während des Problemlösungsprozesses, um inhaltliche und sprachliche Kognitionsprozesse zu unterstützen, und die Methode *Reflexion*, um die Effektivität und Effizienz angewandter Problemlösungshuristiken zu evaluieren.

Keywords: Metakognition, Metawissen und Metastrategien, Systemisches Denken, Komplexe geographische Kausalstrukturen, Problemlösen

Metacognitive Methods and Strategies for the Development of Causal Relations in the Context of Systemic Thinking in Geography Lessons

Metacognition supports the coherent development of system-related causal relationships in terms of content and language. The article presents three different metacognitive methods that have been tried and tested empirically in the classroom: An *action plan* that activates metaknowledge and organizes metastrategies prior to problem solving; the method *circular reasoning*, a cycle-like, question-guided approach during the problem-solving process to support content and language cognition processes; and the method *reflection* to evaluate the effectiveness and efficiency of applied problem-solving heuristics.

Keywords: Metacognition, Metacognitive Knowledge and Strategies, Systemic Thinking, Complex Geographical Causal Structures, Problem Solving

1 Einleitung

Ein wesentliches Ziel des Faches Geographie liegt in der Anbahnung des Verständnisses für komplexe Systembeziehungen. Dies schafft auch die Grundlage, um Systeme in Hinblick auf die Lösung von raumbezogenen Problemen zielgerichtet zu verändern (vgl. DGfG 2020: 10). Dies soll anhand einer integrativen Mensch-Umwelt-Systembetrachtung erfolgen, wobei u. a. ökologische, ökonomische, politische und soziale (Sub-)Systeme sowie deren Wirkungszusammenhänge behandelt werden (vgl. Fögele et al. 2020: 85; Hummel et al. 2017).

Für die Entwicklung einer Systemkompetenz ist die Analyse, die Entwicklung und Bewertung von

Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen (Kausalbeziehungen) die Grundlage für ein höheres Systemverständnis. Ursache-Wirkungs-Beziehungen und das entstehende Geflecht von Kausalbeziehungen (fachlichen Relationen) sind die Basis des systemischen Denkens (vgl. Müller 2016: 34 ff.; siehe Kap. 1.1.). Schlussendlich ist es im Rahmen des Geographieunterrichts und auf Grundlage eines Systemverständnisses für Schüler*innen das Ziel, unterschiedliche Ansätze und Handlungsempfehlungen für eine Lösung gesamtgesellschaftlicher Schlüsselprobleme auf einer persönlichen und gesellschaftlichen Ebene zu skizzieren und zu bewerten, unter Berücksichtigung von Zeit (kurz- bis langfristig), Raum (lokal bis global) und System (Prozess, Struktur, Funktion) (vgl. Applis

et al. 2022; Fögele & Mehren 2021: 52f.; Heuzeroth & Budke 2021b: 386ff.; siehe Kap. 1.2). Denn resultierend aus den Fähigkeiten des systemischen Denkens und als übergeordnetes Anliegen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung, ist die Anbahnung einer integrierten Problemlösungskompetenz, d.h. die Fähigkeiten „unterschiedliche Problemlösungsrahmen für komplexe Nachhaltigkeitsprobleme anzuwenden und passfähige, inklusive und gerechte Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln, die eine nachhaltige Entwicklung fördern“ (Rieckmann 2021: 13).

1.1 Systemisches Denken und Systemkompetenz im Geographieunterricht

Um die Bildung für nachhaltige Entwicklung zu verwirklichen, ist das Verständnis komplexer Mensch-Umwelt-Beziehungen basal (vgl. Riess 2013: 60). Das vernetzende Denken in Systemen ist hierfür eine der zentralen Schlüsselkompetenzen (vgl. Rieckmann 2021: 13).

Nach Ossimitz (2000: 52ff.) besitzt systemisches Denken vier zentrale Dimensionen: 1. Vernetztes Denken, d.h. das Denken in Rückkopplungskreisen, 2. Dynamisches Denken, d.h. das Denken in Zeitabläufen, 3. Denken in Modellen, d.h. eine Bewusstheit des Modellcharakters sowie der Entwicklung von Modellen, und 4. Systemgerechtes Handeln, d.h. reflektierte Entscheidungen zur Steuerung und Veränderung von Systemen treffen zu können. Die im Artikel

behandelte Konstruktion und Versprachlichung von Kausalbeziehungen verortet sich dabei im Bereich des vernetzenden und dynamischen Denkens.

Systemisches Denken definieren Mehren und Rempfler (2018: 205) „als die Fähigkeit, einen komplexen Wirklichkeitsbereich sozialer und/oder natürlicher Prägung unterschiedlicher Maßstabsgrößen in seiner Struktur und seinem Verhalten als System zu erkennen, zu beschreiben und zu modellieren sowie auf der Basis dieser Modellierung Prognosen und Maßnahmen zur Systemnutzung und -regulation zu treffen“. Nach dieser Definition ordnen sich die betrachteten Kausalbeziehungen in den Bereich des Erkennens und Beschreibens ein (z. B. Zusammenhang zwischen Konsumverhalten und Entwicklung des Einzelhandels in Innenstädten; siehe Abb. 1). Auf Grundlage dessen soll eine Modellierung von Systemen und mögliche Prognosen zur Regulation und Veränderung getroffen werden können (vgl. Heuzeroth 2021: 34ff.).

Bezugnehmend auf das Systemkompetenzmodell nach Mehren et al. (2018) sind Kausalbeziehungen, je nach Grad der versprachlichten systemischen (inhaltlichen) Komplexität, in Dimension 1 (Systemorganisation und Systemverhalten, z. B. Kausalkette: Onlineversandhandel führt zu mehr Verkehr, Emissionen und zugleich einem erhöhten Ressourcenverbrauch; siehe Abb. 1) als auch in Dimension 2 (systemadäquate Handlungsoptionen, z. B. Erhöhung von Transportkosten, Rücknahmevorschriften bei Rück-

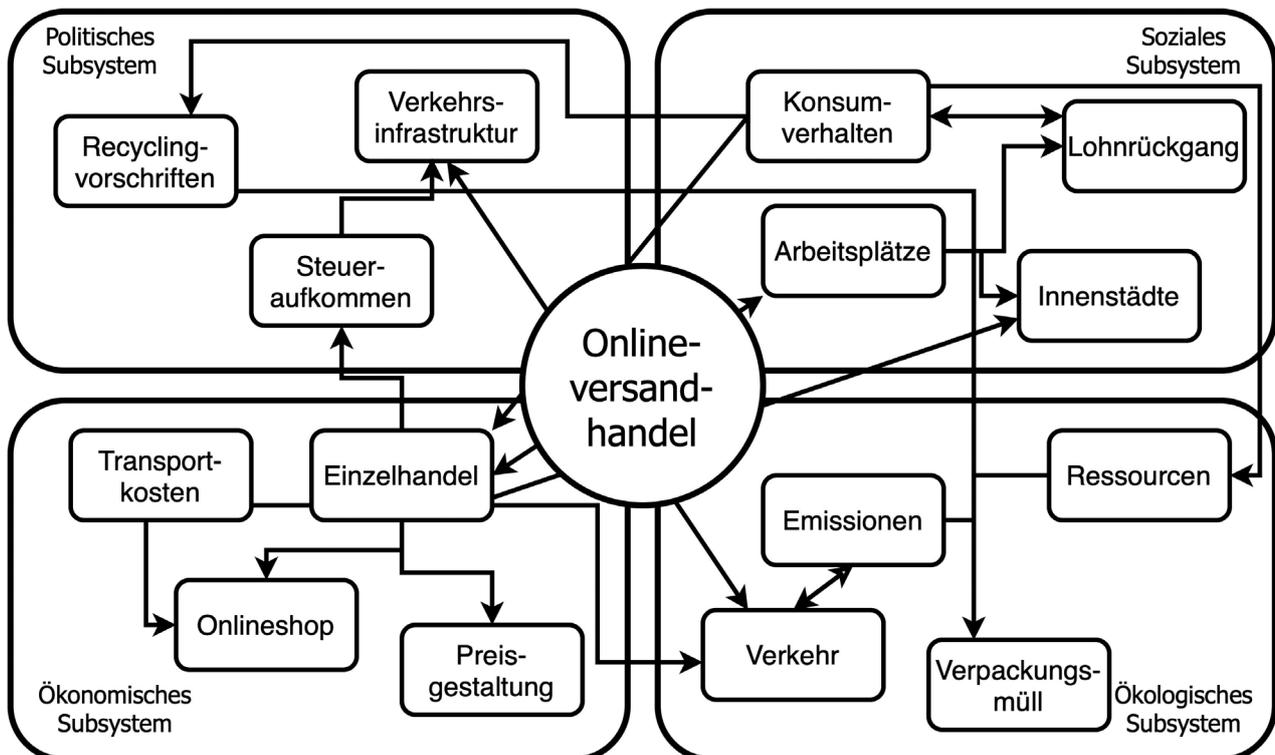


Abb. 1: Darstellung von Kausalbeziehungen in systemischen Wirkungsgefügen am Beispiel der Auswirkungen des Online-Versandhandels (Quelle: eigene Darstellung)

sendungen; siehe Abb.1) zu verorten. Sie sind somit Bestandteil verschiedener Kompetenzstufen des Modells zur Systemkompetenz (vgl. Mehren et al. 2018; siehe auch Tab 1), je nach Anzahl der Elemente, dem Grad der Vernetzung sowie der kohärenten inhaltlich-sprachlichen Abbildung von Systemeigenschaften (vgl. Heuzeroth & Budke 2021a: 25).

1.2 Kausalbeziehungen – Der kleinste Baustein und Ausgangspunkt systemischer Denkprozesse

Kausalbeziehungen bezeichnen den kleinsten Baustein des systemischen Denkens, d.h. eine kausale „Wechselwirkungsgesamtheit“ (Köck 2001: 9) zwischen mindestens zwei Elementen eines Mensch-Umwelt-Systems. Eine Kausalbeziehung besteht dabei aus mindestens einer Ursache und einer Wirkung sowie einer fachlichen Relation (monokausal). Eine Ursache ist ein Element, das eine bestimmte Wirkung hervorrufen kann oder eine Veränderung initialisiert. Eine Wirkung beschreibt die Veränderung, d. h. die Wirkungseffekte eines Elementes auf ein oder mehrere andere Elemente (vgl. Drewitz 2020: 33f.). Die Wechselbeziehungen von Ursache und Wirkung werden durch Richtung, Stärke, Zeit und Räumlichkeit der Interaktion der Elemente bestimmt (vgl. Heuzeroth 2021: 34ff.).

Das Thema Onlineversandhandel eignet sich dabei aufgrund vorhandener Konsumerfahrungen von Schüler*innen und der Relevanz des Problems besonders (vgl. Pettig 2021: 13, „transformative Lernprozesse“). Damit werden nachhaltigkeitsbezogene Emotionen und Resonanzen geweckt, Anlässe gegeben eigene Positionen und Perspektiven zu reflektieren sowie Alternativen im Konsumverhalten aufgedeckt, was die Wahrscheinlichkeit einer nachhaltigen Verhaltensänderung erhöht (vgl. Pettig 2021: 12 ff.; Grund & Brock 2022: 16).

In Abbildung 2 handelt es sich um eine beispielhafte Kausalbeziehung, die vier Systemelemente (Konsumverhalten, Onlinehandel, Verkehr, Emissionen) von drei Subsystemen miteinander vernetzt. Die Anzahl der Elemente und Relationen ist mittel, der Vernetzungsgrad eher linear, da die raumzeitlichen Verben bzw. Wortgruppen (führt zu, erhöht sich, freigesetzt) eher wenig komplexe Systembeziehungen charakterisieren. Die Abhängigkeit von Ursache und Wirkung wird eindeutig durch den Einsatz der passenden kausalen Konjunktion (dadurch) erkennbar. Die Repräsentation systemspezifischer Eigenschaften, Strukturen und Prozesse ist fachlich richtig (vgl. Fögele et al. 2020; Müller 2016; Ben-Zvi Assaraf & Orion 2009). Der Raumbezug bzw. die Bezogenheit der Wirkungsgesamtheit auf räumliche Prozesse (z. B. Emissionen freigesetzt), Strukturen (z. B. Konsum-Umweltverschmutzung) und Funktionen (z. B. der Wirtschaftskreislauf) kennzeichnen diese Kausalbeziehung (siehe Abb. 2) als einen fachspezifischen geographischen Wirkungszusammenhang (vgl. DGfG 2020; Rinschede & Siegmund 2019).

Die Konstruktion und Versprachlichung einer komplexen Kausalbeziehung ist dabei Ergebnis eines komplexen Problemlösungsprozesses (vgl. Hmelo-Silver & Azevedo 2006: 53f.; Heuzeroth & Budke 2021b: 306ff.). Dieser Problemlösungsprozess ist durch eine inhaltliche, sprachliche und strategische Dimension gekennzeichnet (siehe Tab 1).

Inhaltlich erfordert die Systembeschreibung die Identifizierung einer Vielzahl von Elementen (siehe Abb. 1, z. B. Konsumverhalten) und Relationen (siehe Abb. 2), die Entwicklung hochgradig vernetzter Kausalbeziehungen zwischen diesen Elementen und somit eine umfassende Repräsentation systemspezifischer Eigenschaften, Strukturen und Interaktionen (vgl. Ben-Zvi Assaraf & Orion 2009: 544). Diese komplexe Repräsentation der Systemorganisation und des Systemver-

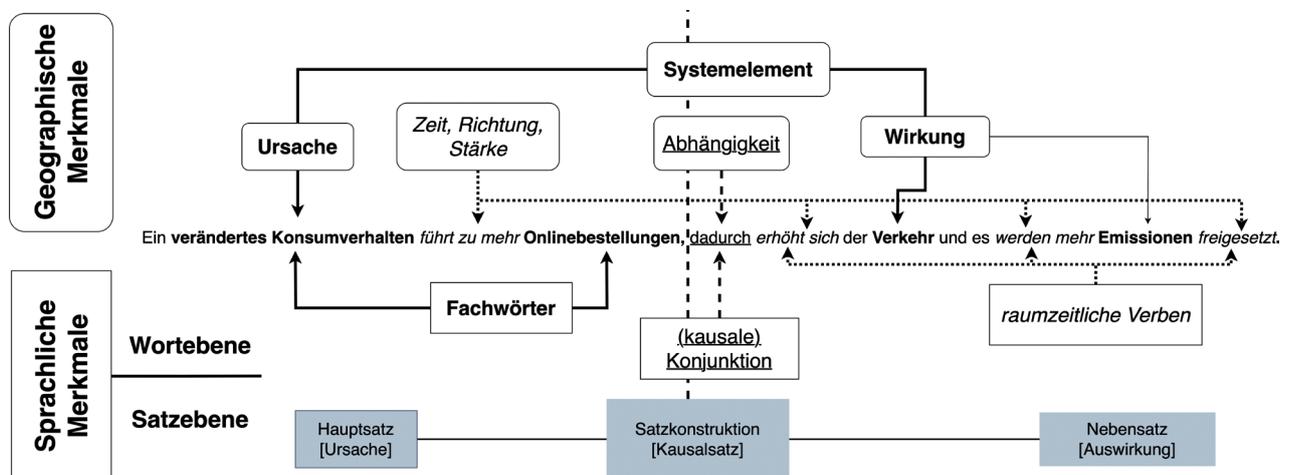


Abb. 2: Beispiel für Kausalbeziehungen im Systemgefüge des Online-Versandhandels konkret – Ursachen und Auswirkungen sowie inhaltliche und sprachliche Merkmale (Quelle: eigene Darstellung nach Heuzeroth & Budke 2021b: 391)

Tab. 1: Inhaltliche, sprachliche und strategische Herausforderungen in Bezug auf die einzelnen Systemkompetenzebenen nach dem Modell von Mehren et al. 2018 (eigene Darstellung nach Heuzeroth & Budke 2022: 32)

Beispielsatz: Ein verändertes Konsumverhalten führt zu mehr Onlinebestellungen, dadurch erhöht sich der Verkehr und es werden mehr Emissionen freigesetzt.

Systemkompetenzebenen	Merkmale von Systemen		inhaltliche Kausalmarker	Beispiel	sprachliche Kausalmarker	strategische Herausforderungen für Schüler*innen (Auswahl)
Systemorganisation und Systemverhalten	Systemeigenschaften	Elemente	Fachwörter	Konsumverhalten, Onlinebestellungen, Verkehr, Emissionen	Substantive, Wortgruppen	Aufgabenverständnis Analyse von Materialien Aktivierung von Kausalmodellen und Vorwissen
		fachliche Relation	Zeit, Richtung, Stärke	führen zu, werden mehr, freigesetzt	Verben (mit Präpositionen)	
			Abhängigkeit	dadurch	(kausale) Konjunktionen	
Systemverhalten und Handlungsoptionen	Systemeigenschaften				Merkmale eines Arguments, Schreiben eines Sachtextes	Identifizierung der Elemente Klärung von Zeit, Richtung, Stärke und Abhängigkeit sprachliche Repräsentation von Kausalbeziehungen

haltens (vgl. Mehren et al. 2015: 30) ist Ausgangspunkt für die Lösung raumbezogener, komplexer Probleme bzw. Herausforderungen (z. B. Lösungsoptionen: Klimaneutralität von innerstädtischer Mobilität oder stärkere Nutzung des innerstädtischen Einzelhandels).

Sprachlich erfordert die Darstellung von komplexen Kausalbeziehungen als Repräsentation von Systemeigenschaften und deren Veränderung fachbezogene Sprachkompetenzen bzw. ein so genanntes fachbezogenes Sprachregister (vgl. Oleschko et al. 2016: 14, z. B. Fachwörter, Konjunktionen und Verben). Zentrale Annahme ist dabei, dass Denken und Sprache in einer Wechselwirkung miteinander stehen und fachliches Lernen somit fachsprachliche Kompetenzen erfordert (vgl. Leisen 2013; Budke & Kuckuck 2017; Beyer & Gerlach 2018). Denn das Sprachwissen und die Sprachfähigkeiten von Sprecher*innen beeinflussen deren Fähigkeit und Vermögen komplex zu Denken und der entsprechenden sprachlichen Repräsentation (vgl. Blomberg & Jessen 2018: 19; Evans 2012: 129 f.).

Strategisch erfordert das Lösen komplexer Probleme und Entwickeln kausaler Zusammenhänge u. a. effektive Formen der Selbstregulation und Selbstevaluation sowie Kreativität (vgl. Schmid & Funke 2013: 335 ff.). Zudem bedarf es einer Aktivierung und Nutzung von inhaltlichem und sprachlichem Vorwissen sowie vorhandener mentaler kausaler Modelle.

Diverse Arbeiten belegen allerdings, dass Schüler*innen die Formulierung komplexer Ursache-Wirkungs-Beziehungen oftmals nur in Ansätzen leisten können (vgl. u. a. Kaminske 2001; Köck 2001; Heu-

zeroth & Budke 2021a). Häufig werden lediglich monokausale, lineare Kausalbeziehungen oder einfache Kausalketten entwickelt. Komplexe, multikausale, systemische Wechselwirkungen auf verschiedenen Systemebenen und unter Berücksichtigung zentraler Systemmerkmale (z. B. Emergenz, Rückkopplungseffekte, Kippunkte; vgl. Mehren et al. 2018) werden jedoch oftmals nicht oder nur unzureichend inhaltlich und sprachlich kohärent konstruiert (Heuzeroth & Budke 2021a: 25 ff.).

1.3 Metakognition – Der Schlüssel zu systemischer Komplexität?!

Ein vielversprechender Ansatz, die Herausforderungen aller drei Dimensionen (inhaltlich, sprachlich, strategisch) des systemischen Problemlöseprozesses zu bewältigen, wäre die Förderung metakognitiver Fähigkeiten von Schüler*innen durch den Einsatz metakognitiver Strategien und Methoden im Geographieunterricht. Wie Studien belegen, hat die Förderung metakognitiver Strategien weitreichende Wirkung auf den Wissenserwerbsprozess und die Wissensanwendung im Problemlösungsprozess (vgl. Greiff et al. 2015: 20) sowie auf die Erhöhung des Verständnisses von systemischen, raumbezogenen Problemsituationen durch Schüler*innen. Zudem wird die Abwägung verschiedener Lösungsmöglichkeiten (vgl. Dostál 2015: 3 ff.) und deren funktionaler Anwendung (vgl. Novick & Bassok 2005: 326) sowie eine zielführende Bewertung des Lösungsergebnisses in Bezug zur

Problemstellung durch Metakognition unterstützt (vgl. Funke 2012: 682 ff.). Die Verwendung metakognitiver Strategien fördert das Leseverstehen und die Schreibfähigkeiten von Schüler*innen, was wiederum positive Effekte auf die Qualität produzierter Inhalte sowie die Entwicklung kohärenter fachbezogener Argumente hat (vgl. Gebele et al. 2022: 968). Metakognition besitzt somit einen großen Wirkungseffekt auf systemische Problemlösungsprozesse (vgl. Serra & Metcalfe 2009; Nederhand et al. 2020) und zugleich auch auf die inhaltliche und sprachliche Entwicklung von Kausalbeziehungen (vgl. Heuzeroth & Budke 2021b: 394 ff.).

Im Folgenden sollen nach einer kurzen theoretischen Einbettung (Kap. 2) drei elaborierte Methoden zur Förderung metakognitiven Wissens sowie außerdem metakognitive Strategien für den Einsatz im Geographieunterricht vorgestellt und deren didaktischer Hintergrund erklärt werden (Kap. 3). Abschließend werden Erfahrungen beim Unterrichtseinsatz kurz kritisch reflektiert und zukünftige Schritte diskutiert (Kap. 4).

2 Bedeutung und Dimensionen von Metakognition für das Entwickeln von Kausalbeziehungen – Didaktischer Hintergrund

Unter Metakognition wird im Allgemeinen die bewusste Steuerung und Kontrolle eigener Kognitions- und Handlungsprozesse verstanden (vgl. Veenman et al. 2006). Differenziert wird Metakognition nach Flavell (1979: 906 ff.) in *Wissen um das eigene Wissen (Metamemory)* und *Wissen um eigene Strategien (Metaknowledge)* sowie *Wissen um die Regulation der eigenen Strategieranwendung (Metastrategies)*. Metakognitive Methoden sind dabei Unterrichtsmethoden, die metakognitive und reflexive Prozesse für eine inhaltliche und sprachliche Konzeptionalisierung systemischen Denkens im Geographieunterricht fördern. Weiterhin unterstützen sie die dafür erforderlichen selbstregulativen Organisationsprozesse (vgl. Hmelo-Silver et al. 2017; Jacobson & Wilensky 2006: 21 f.; Köck 2004: 46).

2.1 Metagedächtnis – Wissen um das eigene Wissen

Metakognitives Gedächtnis (Metamemory) umfasst dabei intrapersonale kognitive Strukturen und Prozesse, die sich auf das Wissen um eigene Gedächtnis- und kognitive Erwerbsprozesse beziehen (vgl. Schneider & Bjorklund 2003: 380 ff.). Im Grunde bezieht sich das Metagedächtnis auf jede mental repräsentierte, also mehr oder weniger bewusst abgespeicherte Lernerfahrung, d. h. auch kausalbezogene Erinnerungen und festgestellte Zusammenhänge oder Anforderun-

gen, die mit einer Aufgabenbearbeitung einhergehen (vgl. Flavell 1979: 907). Weiterhin ermöglicht und fördert das Wissen um eigene Lernstrategien das eigene Lernen sowie die Vernetzung von neuen kausalen Informationen im mentalen Lexikon (vgl. Heuzeroth & Budke in Druck: 8). Das Wissen um das eigene Gedächtnis unterstützt die Aktivierung von inhaltlichem Vorwissen, was für eine Konstruktion und Versprachlichung von Kausalbeziehungen sehr relevant ist (z. B. kausale Modelle, die Bedeutung von Fachbegriffen; vgl. Heuzeroth & Budke in Druck: 8).

2.2 Metawissen – Wissen um eigene Strategien und Lösungsheuristiken

Metaknowledge (metakognitives Wissen) ist das Wissen um eigene Lern- und Lösungsstrategien. Dies ist basal für das eigene Lernen und insbesondere für die Aktivierung und Vernetzung von systemrelevanten Informationen im mentalen Lexikon. Metawissen ist dabei in eine deklarative und prozedurale Dimension unterteilt. Die deklarative Komponente der Metakognition ist das Wissen um vorhandene Strategien zur Problemlösung (vgl. Azevedo & Aleven 2013: 2 ff.). Differenziert wird diese Komponente in eine Personenvariable, Problemvariable und Strategievariable (vgl. Flavell 1979: 906 f.; Flavell et al. 2002). Als *Personenvariable* wird das Wissen über das eigene Wissen und die eigenen Gedächtnisstärken bezeichnet (*self-knowledge*). Das Wissen um die Anforderungen, die mit einem Problem oder einer Aufgabe verbunden werden, wird als *Problemvariable* bezeichnet (*knowledge about tasks*; Flavell 1979: 907). Die Kenntnisse über Strategien und darüber, wann welche Strategie effektiv eingesetzt werden kann, werden als *Strategievariable* bezeichnet (*strategic knowledge*; Pintrich 2002: 220 f.). Das Wissen um die Planung und Steuerung des eigenen Denkens und Handelns, zum Beispiel in der Handlungsvorbereitung und dem Handlungsvollzug, stellt die prozedurale Dimension des Metawissens dar (vgl. Harms 2007: 130 f.).

2.3 Metastrategien – Regulation und Evaluation von Denk- und Handlungsprozessen

Das Strategiewissen zur Bewältigung kognitiver Anforderungen (z. B. komplexes Problemlösen) sowie die Regulation bzw. Steuerung eigener Aktivitäten nennt man *Metastrategien*. Metastrategien sind die prozessuale und exekutive Komponente der Metakognition. Während des Problemlösungsprozesses überwachen und steuern Metastrategien die Kognition, also den Lern- und Arbeitsprozess (vgl. Brown & DeLoache 1978: 28 ff.). Hierbei werden vorhandene Wissensstrukturen und strategische Ressourcen für den Prozess und die Lösung eines Problems bzw. einer Aufgabe aktiviert

(vgl. Schmid & Funke 2013: 338f.). Metastrategien aktivieren und (re-)organisieren Wissensstrukturen und damit die Fähigkeiten der Schüler*innen zur Auswahl, Kategorisierung und Kombination (Selektion) vorhandener Informationen (z. B. Systemelemente, fachliche Relationen). Dadurch können problem- oder lösungsbezogene, relevante Systemelemente und deren kausale Bedeutung erkannt werden. Allein die Vielfalt von Metawissen und Metastrategien lässt eine große Wirkung auf die Entwicklung von multikausalen Verknüpfungen im Geographieunterricht vermuten, was im Folgenden näher erklärt wird.

3 Methoden zur Förderung metakognitiven Wissens und metakognitiver Strategien

Werden einzelne Systemelemente erkannt (z. B. Emissionen, Verkehr, Verpackungsmüll im Kontext des Online-Versandhandels), unterstützen metakognitive Strategien die Identifikation zielbezogener Kombinationsmöglichkeiten (z. B. „viel Verkehr vergrößert den Ausstoß von Emissionen“ oder „der erhöhte Verbrauch von Verpackungen führt zu mehr Verpackungsmüll“) von Kausalbeziehungen in Bezug auf Richtung, Stärke und Abhängigkeit der Wechselbeziehungen. Eine Problemlösung findet aufgrund bestimmter subjektiver Heuristiken oder auch klar definierter Handlungs- und Denkmuster statt (vgl. Dostál 2015: 5f.). Der Aufbau bzw. die Modifikation vorhandener Lösungsheuristiken sind deshalb für das Denken in Systemen von zentraler Bedeutung. Jene können durch den Einsatz entsprechender Unterrichtsmethoden und deren Reflexion verändert werden und führen zu einer erhöhten metakognitiven Bewusstheit von Schüler*innen (vgl. Koch & Laske 2014: 16f.).

Im Folgenden werden drei unterschiedliche metakognitive Unterrichtsmethoden (siehe Abb. 3–5) sowie deren didaktische Konstruktionsprinzipien literaturbasiert vorgestellt. Die gelayouteten Originalmaterialien finden Sie unter <https://geodidaktik.uni-koeln.de/multimedia/metakognitive-strategien-fuer-die-entwicklung-geographischer-kausalstrukturen-im-rahmen-des-denkens-in-mensch-umwelt-systemen> (zuletzt aufgerufen am 10.11.2023). Jene wurden im Rahmen einer explanativen Studie von Heuzeroth und Budke (2021b) mit einem quasi-experimentellen randomisierten Prä-Post-Test-Design (N=49) in drei Klassen, einer Oberstufe in einer Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen (NRW), im Unterricht eingesetzt und im Hinblick auf Wirkungseffekte beim Entwickeln von Kausalbeziehungen untersucht. Aufgrund der Studienergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass alle drei Methoden Schüler*innen bei der Entwicklung von Kausalbezie-

hungen unterstützen und zu einer signifikanten Erhöhung der sprachlichen und inhaltlichen Kohärenz führten. Des Weiteren konnte belegt werden, dass jene Methoden die aufgabenbezogene und thematische Präzision der Lösungen erhöhten (vgl. Heuzeroth & Budke 2021b: 395 ff.).

Der Einsatz der vorgestellten Methoden ist für alle explorativen (vgl. Dörner 2000: 198) problem- oder lösungsorientierten Aufgabenstellungen (vgl. Applis et al. 2022; Budke 2013; Schuler et al. 2017) mit systemischen Bezügen geeignet, die das Ziel haben, Kausalbeziehungen zu konstruieren und zu versprachlichen.

3.1 Der Handlungsplan – Wissen aktivieren, Denk- und Handlungsprozesse planen

Ziel: Unterstützung des Aufgabenverständnisses, Vorwissensaktivierung und Planung einzelner Handlungsschritte zum Erkennen und Versprachlichen von Ursache, Wirkung und fachlicher Relation

Einsatzort: Einsatz vor der Aufgabebearbeitung

Zeit: 20 Minuten

Material: analoge Arbeitsblätter oder Nutzung digitaler Anwendungen

Didaktischer Hintergrund:

Impulskontrolle und Innehalten, also Handlungshemmungen sowie ein strukturiertes Annähern an das Problem sind wichtig für eine erfolgreiche Problemlösung und damit für die Entwicklung komplexer Kausalbeziehungen (vgl. Nassehi 2020). Die Entwicklung eines Handlungsplans soll dies ermöglichen. Das Identifizieren eines Problems (z. B. Auswirkung des Online-Versandhandels), die Vergegenwärtigung vorhandener Fähigkeiten (vgl. Davidson et al. 1996; z. B. eigenes Vorwissen und Erfahrungen), die Abwägung unterschiedlicher Problemlösungswege (z. B. Verpackungssteuer vs. Attraktivitätssteigerung des stationären Einzelhandels) und deren gesteuerte Umsetzung im Rahmen der Planung eigener Denk- und Handlungsprozesse verspricht ein zielführendes Vorgehen zu sein, um systemische Problemlösungsprozesse erfolgreich zu bewältigen und infolgedessen inhaltliche, wie auch sprachlich kohärente Kausalbeziehungen zu entwickeln (vgl. Hasselhorn & Gold 2013: 35).

Das metakognitive Wissen der Schüler*innen sowie ihre metakognitiven Strategien sollen durch die Schritte 1–3 (siehe Abb. 3) des Handlungsplanes aktiviert, organisiert und verbalisiert werden (vgl. Nett & Götz 2019: 79 ff.). Die Methode hat das Ziel, das Problemverständnis zu erhöhen, das Vorwissen zu aktivieren, Handlungsschritte im Problemlösungsprozess bewusst zu machen und ein strukturiertes Vorgehen bei der

Entwicklung und Evaluation geographischer Kausalbeziehungen zu unterstützen (siehe Abb. 3, Schritt 1–6 und Evaluation). Mit Hilfe des Handlungsplanes soll das Wissen um die eigene Gedächtnisleistung sowie Gedächtnisstrategien aktiviert werden, die dann für verschiedene Encodierungsprozesse zur Verfügung stehen (u. a. Problemverständnis; vgl. Schneider & Bjorklund 2003: 380 ff.). Die Planerstellung fördert die Entwicklung individueller, problemlösungsbezogener Kriterien für eine Reduktion der inhaltlichen Komplexität (Schritt 2, 3 und 6) und vermindert die Gefahr ei-

ner Überforderung durch die informatorische Vielfalt (*cognitive load theory*; Sweller 1988: 284). Zudem ermöglicht die Planerstellung (Schritt 3) die Aktivierung des inhaltlichen und des strategischen Vorwissens (volitionale Phase; vgl. Brandstätter et al. 2018: 138 ff.). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sich um eine Methode zum „Problemlösen durch Anwendung von Strategien“ (vgl. Edelmann & Wittmann 2019: 184) handelt. Zentral unterstützt dies Lernende bei der Phase der Orientierung und Planung des Problemlösungsprozesses (vgl. Carlson & Bloom 2005: 62 ff.).

Handlungsplan – Vorwissen aktivieren, Handlungsschritte planen, Systeme verstehen

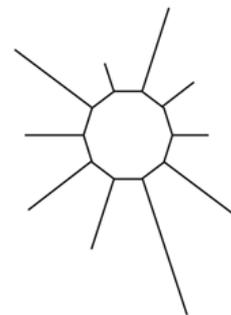
Schritt 1: PROBLEM LESEN UND VERSTEHEN

- Beschreibe kurz und präzise mit eigenen Worten: Was ist das Problem und was ist das Ziel?

Schritt 2: VORWISSEN AKTIVIEREN

- Ergänze die Mind-Map und notiere dein Vorwissen zum Thema.

Welche Ursachen oder Effekte kennst du für das Problem? Welche Akteure profitieren oder verlieren bei dem Problem? Welche Faktoren und Prozesse sind bei dem Problem wichtig? Ergänze die Mind-Map und notiere dein Vorwissen zum Thema.



SCHRITT 3: VORGEHEN FESTLEGEN

- Überlege, wie du vorgehen willst! Notiere deine nächsten Schritte kurz schriftlich.
Was sind zentrale Informationen? Wo bist du noch unsicher? Was kannst du tun, um diese Unsicherheit zu beheben?

SCHRITT 4: KAUSALZUSAMMENHÄNGE ENTWICKELN

- Multikausalität bedeutet, dass eine (Aus-)Wirkung auf mehreren Ursachen beruht oder eine Ursache mehrere Effekte bewirken kann.
- Identifiziere einzelne Systemelemente, die deiner Meinung nach für eine Lösung des Problems wichtig sind.
- Ordne die einzelnen Systemelemente im Hinblick auf Ursache und Wirkungen.
- Entwickle Zusammenhänge zwischen Ursachen und (Aus-)Wirkungen. Beachte die Richtung, Stärke und Abhängigkeit der Wirkrichtung.

Welche Ursachen für das Problem gibt es? Welche Auswirkungen betreffen dich und dein Umfeld am stärksten? Welche Wirkungen hat das Problem sowie einzelne Prozesse auf dich, auf andere oder die Umwelt? Was würde passieren, wenn das Problem bestehen bleibt?

SCHRITT 5: PROBLEM LÖSEN – KAUSALBEZIEHUNGEN FORMULIEREN

- Formuliere (versprache) deine Kausalzusammenhänge aufgrund deiner Vorarbeiten. Nutze bei Unsicherheiten das Unterstützungsblatt.

Was unterscheidet Ursache und Wirkung? Wie erkläre ich die Richtung und Stärke der Wirkung richtig? Hat eine Ursache mehrere Wirkungen/Effekte auf Faktoren des Problems?

(Hinweis: Nutze das Beispiel und die sprachliche Erklärung auf dem Unterstützungsblatt)

SCHRITT 6: KAUSALBEZIEHUNGEN PRÜFEN

- Prüfe deine Ergebnisse auf sprachliche und kausale Richtigkeit.
Hast du Ursache und Wirkungen richtig zugeordnet? Hast du komplexe Kausalbeziehungen entwickelt? Sind die entwickelten Wirkungsbeziehungen logisch? Bist du zufrieden mit dem Ergebnis?

PRÜFE DEINE KAUSALBEZIEHUNGEN AUF DEM ARBEITSBLATT AUF SPRACHLICHE UND KAUSALE RICHTIGKEIT.

Abb. 3: Der Handlungsplan (Quelle: Heuzeroth & Budke 2021b)¹

¹ Die Abbildung entspricht inhaltlich dem Schüler*innenmaterial. Zur besseren Lesbarkeit wurde das Layout verändert und die Eintragungsfelder für die Schüler*innen entfernt.

3.2 Zirkuläres Denken – In Denkkreisläufen zu einem komplexeren Systemverständnis

- Ziel:** Regulation und Strukturierung des Arbeitsprozesses vom Erkennen systembezogener Ursachen und Wirkungen bis hin zur Versprachlichung komplexer Kausalbeziehungen
- Einsatzort:** Einsatz während der Aufgabenbearbeitung
- Zeit:** begleitend zur systemischen Problemlösung
- Material:** analoge Arbeitsblätter oder Nutzung digitaler Anwendungen

Didaktischer Hintergrund:

Die Methode des zirkulären Denkens strukturiert in einer strategischen Dimension den Arbeits- und Lösungsprozess durch ein fragegeleitetes, zirkuläres Vorgehen (siehe Abb. 4; vgl. auch Koch & Laske 2014: 14 ff.). Zirkularität bedeutet, dass ein kreislaufähnliches, fragegeleitetes Vorgehen in fünf Schritten die Effektivität des Problemlösungsprozesses und damit die inhaltliche und sprachliche Konstruktion von Kausalbeziehungen unterstützen sollen. Jene fünf Schritte sind: 1. Ursachen/Wirkungen erkennen, 2. Wirkungszusammenhänge definieren, 3. Passung der Wirkungszusammenhänge zur Problemfrage prüfen, 4. Wirkungszusammenhänge versprachlichen und

5. kausale und sprachliche Richtigkeit der Wirkungszusammenhänge evaluieren (siehe Abb. 4). Durch die Anregung zirkulärer Denkstrategien sollen Problemlösungspotenziale bei den Schüler*innen entfaltet und die richtige Problemlösungsform für bestimmte Aufgaben bzw. Ziele gefunden werden (vgl. Nassehi 2020). Das vernetzende und dynamische Denken (vgl. Arndt 2017: 23) erfordert einen rückkoppelnden, kreis- bzw. spiralförmigen Abgleichungsprozess zwischen der Identifizierung der Elemente eines Systems (z.B. im Kontext des Online-Versandhandels Transportkosten, Ressourcenverbrauch, Verkehr) und der Wechselbeziehungen und Charakterisierung der Systemeigenschaften (z.B. Konsumverhalten mit Auswirkungen auf soziales, ökonomisches und ökologisches Subsystem; vgl. Davidson et al. 1996: 212f.). Der Ansatz des zirkulären Fragens und Denkens nutzt Prinzipien der systemischen Therapie (vgl. Schlippe & Schweitzer 2016: 118) und des hermeneutischen Fragens (vgl. Gadamer 1990: 478 ff.; Figal 2007: 230), um Schüler*innen die Möglichkeit einer bewussten (beobachtenden) Distanz zum Lerngegenstand zu ermöglichen. Dadurch wird die Informationsgewinnung und -analyse von Mustern, Prozessen und Kausalzusammenhängen strukturiert und befördert. Es werden zudem eigene Wissensressourcen aktiviert und sichtbar gemacht (vgl. Schlippe & Schweitzer 2016: 141). Genutzt werden Gegenwartsfragen

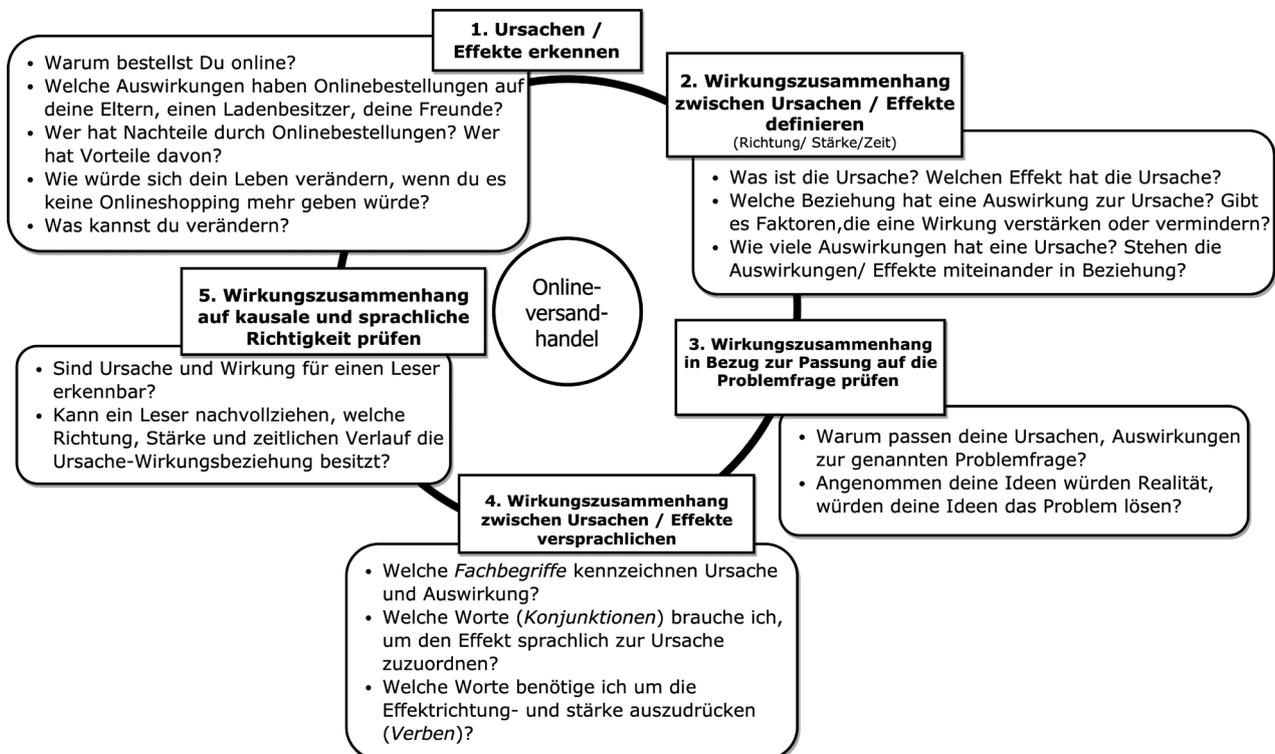


Abb. 4: Zirkuläres Denken am Beispiel des Online-Versandhandels (Quelle: eigene Darstellung nach Heuzeroth & Budke 2021b)¹

² Die Abbildung entspricht inhaltlich dem Schüler*innenmaterial. Zur besseren Lesbarkeit wurde das Layout verändert und die Eintragungsfelder für die Schüler*innen entfernt.

bzw. Wirklichkeitskonstruktionsfragen. Diese helfen den Kontext des Problems besser zu erschließen, die Perspektive auf das System zu verändern und neue Formen von Wechselwirkungszusammenhängen zu erkennen (vgl. Schlippe & Schweitzer 2016: 145 f.). Zentral unterstützt die Methode Monitoringprozesse der Lernenden in der Bearbeitung der Aufgabenstellung (exekutive Phase der Problemlösung; vgl. Carlson & Bloom 2005: 62 ff.), indem individuelle Handlungskontrollstrategien, Lösungsheuristiken und Selbstregulationsmechanismen aktiviert werden, die eine Aufgabebearbeitung erleichtern (vgl. Brandstätter et al. 2018: 149).

3.3 Metakognitive Reflexion – Ergebnisse und Erfahrungen evaluieren sowie zukünftige Strategien entwickeln

- Ziel:** konstruktive Reflexion der eingesetzten Strategien und Evaluation der eigenen Arbeitsergebnisse sowie Formulierung zukünftiger Lösungsstrategien für systembezogene Problemstellungen
- Einsatzort:** Einsatz nach/vor der Aufgabebearbeitung
- Zeit:** 15 Minuten
- Material:** analoge Arbeitsblätter oder Nutzung digitaler Anwendungen

Didaktischer Hintergrund:

Metakognitive Reflexionsphasen haben die individuelle oder intersubjektive Aus- und Bewertung systemischer Lösungsansätze, insbesondere Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, zum Gegenstand (siehe Abb. 5). Grundlage dafür sind Systemdarstellungen sowie Systemorganisationen durch selbstentwickelte Kausalbeziehungen (siehe Abb. 2). Die Methode beinhaltet vier zentrale Aspekte: 1. eine individuelle sachbezogene Bewertung der Qualität der Zielerreichung/Problemlösung, 2. eine Selbsteinschätzung der Zufriedenheit mit eigenen Ergebnissen, 3. die Reflexion über die eingesetzten Strategien, die zur Lösung des Problems geführt haben, sowie 4. die Formulierung von Zielen und Schritten zur Verbesserung zukünftiger Aufgabebearbeitungen (siehe Abb. 5).

Die Methode der metakognitiven Reflexion hat dabei das zentrale Ziel, von den Schüler*innen angewandte Problemlösungsheuristiken zu erkennen und im Hinblick auf Effektivität und Effizienz zu elaborieren. Damit soll der Aufbau metakognitiver Kompetenzen bei den Schüler*innen befördert werden (vgl. Veenman 2015: 280 ff.). Gerade das Überführen von erfolgreichen Heuristiken in Strategien spielt beim Aufbau metakognitiven Wissens eine zentrale Rolle (vgl. Buchwald 2015: 18 f.). Dieses Überführen ist Ergebnis des Reflektierens und Prüfens der Problemlösung und

Reflexion – Strategien Ergebnisse kritisch einschätzen und Potenziale erkennen

A. ZIELERREICHUNG

1. Was war das Problem und das Ziel der Aufgabe? Erkläre kurz mit eigenen Worten.
2. Bist du der Meinung, eine komplexe und umfangreiche Lösung für das Problem gefunden zu haben? Bewerte kurz mit eigenen Worten.
3. Erkläre und begründe, ob du das Ziel erreicht hast, komplexe Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge für die Beantwortung der Problemfrage zu erstellen.

B. SELBSTEINSCHÄTZUNG

4. Stelle kurz dar, wie zufrieden du mit deinen erzielten Ergebnissen bist.
5. Überlege kurz: Hättest du noch weitere Perspektiven von Akteuren (z. B. Familien, Unternehmen) berücksichtigen können, um komplexe Kausalbeziehungen zu entwickeln?

C. EINGESETZTE STRATEGIEN

6. Erkläre kurz, wie du beim Erstellen komplexer Verknüpfungen vorgegangen bist. Welche Arbeitsschritte hast du vollzogen und wie zielführend waren diese rückblickend?
7. Beschreibe kurz, was dir beim Erstellen multikausaler Verknüpfungen leicht oder besonders schwerfiel.
8. Was hast du gemacht, als Probleme und Schwierigkeiten beim Finden von Ursachen und Auswirkungen auftraten? Erkläre!

D. WAS MACHE ICH DAS NÄCHSTE MAL ANDERS?

9. Erkläre kurz: Was würdest du beim nächsten Mal beim Lösen der Aufgabe anders machen?
10. Beschreibe, wie du das nächste Mal komplexe Kausalbeziehungen erstellen würdest, um deine Ergebnisse zu verbessern.

Abb. 5: Schritte der metakognitiven Reflexion nach der Aufgabebearbeitung (Quelle: Heuzeroth & Budke 2021b)³

³ Die Abbildung entspricht inhaltlich dem Schüler*innenmaterial. Zur besseren Lesbarkeit wurde das Layout verändert und die Eintragungsfelder für die Schüler*innen entfernt.

des Lösungsweges anhand der Kriterien (a) Richtigkeit und (b) Effektivität (vgl. Carlson & Bloom 2005: 70). Durch eine fragengeleitete Auseinandersetzung mit Beispiellösungen in Bezug zu den eigenen Lösungen soll dieser Prozess bei den Schüler*innen gefördert werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des systemischen Denkens können metakognitive Strategien hilfreich sein, um Schüler*innen strategisch zu unterstützen bzw. sie zu befähigen, inhaltlich und sprachlich kohärente Kausalbeziehungen zu entwickeln. Metakognitive Strategien unterstützen, z. B.

- die Klärung des Ziels und des Verständnisses der Aufgabenstellung (situativen Problemkontext) im Geographieunterricht,
- die Selbstorganisation und Steuerung von systemischen Lernprozessen,
- die Entwicklung eines Bewusstseins für die Auswahl, Kategorisierung und Kombination (Selektion) vorhandener Informationen (Systemelemente, Kausalbeziehungen) nach Relevanz (Bezug zur Aufgabenstellung),
- die Strukturierung des Problemlösungsprozesses durch Entwicklung einzelner Handlungsschritte,
- die Aktivierung inhaltlichen und sprachlichen Vorwissens,
- die Erhöhung der Präzision und Richtigkeit der Aufgabenbearbeitung durch verbesserte Selbstevaluation.

Die hier vorgestellten metakognitiven Unterrichtsmethoden unterstützen Schüler*innen bei der Entwicklung von Kausalbeziehungen und tragen damit zum Aufbau einer umfassenden Systemkompetenz bei. Die Förderung metakognitiver Denk- und Handlungsstrategien ist für einen lernwirksamen Geographieunterricht sowie für die Förderung und den Aufbau „systemischer Denkkompetenzen“ (Mehren et al. 2014: 4) eine sehr wirksame Methode (vgl. Heuzeroth & Budke 2021b: 396f.). Gerade der Einfluss von Metakognition auf den Problemlösungsprozess und den domänenspezifischen Erwerb einer geographischen, systemischen Expertise (vgl. Gruber et al. 2019: 56ff.) verdeutlicht die Wichtigkeit des Einsatzes solcher Mikro- und Makromethoden im Unterricht. Zentral ist der Aufbau einer metakognitiven Bewusstheit, d. h., dass Schüler*innen fähig sind, eigene Strategien zu aktivieren, anzuwenden und im Hinblick auf deren Funktionalität zu reflektieren. Weiterhin ist neben einer motivationalen Aktivierung eine inhaltliche, sprachliche und strategische Aktivierung von Wissensbeständen vor der systemischen Aufgabenbearbeitung im Geographieunterricht ein wichtiger Aspekt.

Zentral für zukünftige Forschungsvorhaben wäre die evidenzbasierte Klärung, welche metakognitiven Strategien bzw. Methoden für die Anbahnung einzelner Systemkompetenzen (vgl. Arndt 2017: 25ff.; Brockmüller & Siegmund 2020: 43f.) besonders geeignet sind.

Allerdings sind die vielschichtigen Aspekte von Metakognition sehr vernetzt, was es schwer macht, Teilprozesse isoliert zu erfassen, zu messen und zu bewerten (vgl. Hasselhorn 1992). Welchen Aspekt der Metakognition (vgl. Veenman et al. 2006: 4ff.) die hier beschriebenen Methoden genau förderten, ist daher nicht bewertbar und erfordert weitere Studien. Auch der Aspekt einer individuellen Passung der metakognitiven Methode nach Eigenschaften, Lerntypen und Arbeitsweisen der Schüler*innen sollte bei der (Weiter-) Entwicklung entsprechender Methoden berücksichtigt werden (vgl. Bahr 2013: 4ff.).

Dank

Die Open-Access-Publikationskosten wurden gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, 491454339)

Literatur

- Applis, S., R. Mehren & E. M. Ulrich-Riedhammer (2022): Nachhaltigkeit und Ethisches Lernen im Kontext einer lösungsorientierten Didaktik. In: Dickel, M., G. Gudat & J. Laub (Hrsg.): Ethik für die Geographiedidaktik. Orientierungen in Forschung und Praxis. transcript, Bielefeld. S. 107–128.
- Arndt, H. (2017): Systemisches Denken im Fachunterricht. In: Arndt, H. (Hg.): Systemisches Denken im Fachunterricht (= FAU Lehren und Lernen, Band 2). FAU University Press, Erlangen. S. 9–25.
- Azevedo, R. & V. Alevén (2013): Metacognition and Learning Technologies: An Overview of Current Interdisciplinary Research. In: Azevedo, R. & V. Alevén (Eds.): International Handbook of Metacognition and Learning Technologies. Springer, New York. S. 1–16.
- Bahr, M. (2013): Der Vielfalt mit Vielfalt begegnen – Binnendifferenzierung im Geographieunterricht. In: Praxis Geographie 43(6). S. 4–9.
- Ben-Zvi Assaraf, O. & N. Orion (2009): System thinking skills at the elementary school level. In: Journal of Research in Science Teaching 47(5). S. 540–563. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20351>
- Beyer, R. & G. Rebekka (2018): Sprache und Denken. Springer, Wiesbaden.
- Blomberg, J. & M. Jessen (2018): Einführung in die kognitive Linguistik. In: Moiken J., J. Blomberg & J. Roche (Hrsg.): Kognitive Linguistik (= Kompendium DaF/DaZ, Band 2). Narr\Francke\Attempo, Tübingen. S. 17–42.

- Brandstätter, V., J. Schüler, R. M. Puca & L. Lozo (2018): Motivation und Emotion. Springer, Berlin Heidelberg.
- Brockmüller, S. & A. Siegmund (2020): Erfassung und Entwicklung von Systemkompetenz – Empirische Befunde zu Kompetenzstruktur und Förderbarkeit durch den Einsatz analoger und digitaler Modelle. In: *Journal of Geography* 48(1). S. 31–49. DOI: <https://doi.org/10.18452/21389>
- Brown, A. L. & J. S. DeLoache (1978): Skills, plans and self-regulation. In: R. Siegler (Ed.): *Children's thinking: What develops*. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey. S. 3–35.
- Buchwald, F. (2015): Analytisches Problemlösen: Labor- und feldexperimentelle Untersuchung von Aspekten der kognitiven Potenzialausschöpfungshypothese. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Essen.
- Budke, A. (2013): Einstiege. In: Rolfes, M. & A. Uhlenwinkel (Hrsg.): *Essays zur Didaktik der Geographie (= Potsdamer Geographische Praxis 06)*. Universitätsverlag Potsdam, Potsdam. S. 21–30.
- Budke, A. & M. Kuckuck (2017): Sprache im Geographieunterricht. In: Budke, A. & M. Kuckuck (Hrsg.): *Sprache im Geographieunterricht. Bilinguale und sprachensible Materialien und Methoden*. Waxmann, Münster. S. 7–35.
- Carlson, M. & I. Bloom (2005): The Cyclic Nature of Problem Solving. An Emergent multidimensional Problem Solving Framework. In: *Educational Studies in Mathematics* 58(1). S. 45–75. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10649-005-0808-x>
- Davidson, J., R. Deuser & R. Sternberg (1996): The Role of Metacognition in Problem Solving. In: Metcalfe, J. & A. Shimamura (Eds.): *Metacognition. Knowing about knowing*. MIT Press, Cambridge. S. 207–226.
- DGfG – Deutsche Gesellschaft für Geographie (2020): *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss mit Aufgabenbeispielen*. 10. aktualisierte und überarbeitete Auflage. Selbstverlag, Bonn.
- Dörner, D. (2000): *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*. 13. Auflage. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg.
- Dostál, J. (2015): Theory of Problem Solving. In: *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 174. S. 2–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.970>.
- Drewitz, U. (2020): Erwerb und Anwendung kausalen Wissens – Der Einfluss kausaler Kontextwechsel auf die Sicherheit von Vorhersagen und die Geschwindigkeit von Reaktionen. Dissertation. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Edelmann, W. & S. Wittmann (2019): *Lernpsychologie*. 8. Auflage. Beltz, Weinheim Basel.
- Evans, V. (2012): Cognitive linguistics. In: *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science* 3(2). S. 129–141. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcs.1163>
- Figal, G. (2007): Wahrheit und Methode als ontologischer Entwurf – Der universale Aspekt der Hermeneutik. In: Figal, G. (Hg.): *Hans Georg Gadamer – Wahrheit und Methode (= Klassiker Auslegen 30)*. Akademie Verlag, Berlin. S. 219–234.
- Flavell, J. (1979): Metacognition und Cognitive Monitoring. A New Area of Cognitive – Developmental Inquiry. In: *American Psychologist* 34(10). S. 906–911.
- Flavell, J., P. Miller & S. Miller (2002): *Cognitive Development*. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Fögele, J. & Mehren, R. (2021): Basiskonzepte: Schlüssel zur Förderung geographischen Denkens. In: *Praxis Geographie* 53(5). S. 50–57.
- Fögele, J., R. Mehren & A. Rempfler (2020): Tipping Points – Schlüssel zum tiefgründigen Verständnis komplexer dynamischer Systeme bei Lernenden? In: *Journal of Geography Education* 48(3). S. 83–100. DOI: <https://doi.org/10.18452/22030>
- Funke, J. (2012): Complex Problem Solving. In: Seel, N. (Ed.): *Encyclopedia of the sciences of learning*. Springer, Boston. S. 682–685.
- Gadamer, H.-G. (1990): *Hermeneutik I Wahrheit und Methode. Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik*. 6. Auflage. Mohr Siebeck, Tübingen.
- Gebele, D., A. Zepter, P. Königs & A. Budke (2022): Metacognition in Argumentative Writing Based on Multiple Sources in Geography Education. In: *European journal of investigation in health, psychology and education* 12(8). S. 948–974. DOI: <https://doi.org/10.3390/ejihpe12080069>
- Greiff, S., A. Fischer, M. Stadler & S. Wüstenberg (2015): Assessing complex problem-solving skills with multiple complex systems. In: *Thinking & Reasoning* 21(3). S. 356–382. DOI: <https://doi.org/10.1080/13546783.2014.989263>
- Gruber, H., M. Scheumann & S. Krauss (2019): Problem und Expertiseerwerb. In: Urhahne, D., M. Dresel & F. Fischer (Hrsg.): *Psychologie für den Lehrberuf*. Springer, Berlin. S. 54–65.
- Grund, J. & Brock, A. (2022): Formale Bildung in Zeiten von Krisen – die Rolle von Nachhaltigkeit in Schule, Ausbildung und Hochschule. Kurzbericht des Nationalen Monitorings zu Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) auf Basis einer Befragung von > 3.000 jungen Menschen und Lehrkräften. Institut Futur, Freie Universität Berlin, Berlin. DOI: <http://dx.doi.org/10.17169/refubium-36890>
- Harms, U. (2007): Theoretische Ansätze zur Metakognition. In: Krüger, D. & H. Vogt (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer, Berlin Heidelberg. S. 129–140.
- Hasselhorn, M. (1992): Metakognition und Lernen. In: Nold, G. (Hg.): *Lernbedingungen und Lernstrategien: welche Rolle spielen kognitive Verstehtensstrukturen? (= Tübinger Beiträge zur Linguistik 366)*. Narr, Tübingen. S. 35–61.
- Hasselhorn, M. & A. Gold (2013): *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren (= Kohlhammer Standards Psychologie)*. 3. Auflage. W. Kohlhammer, Stuttgart.
- Heuzeroth, J. (2021): Kausalität und Sprache im Geographieunterricht. Einflussfaktoren und Förderstrategien

- für das Entwickeln geographischer Kausalstrukturen im Rahmen des systemischen Denkens. Dissertation. Universität zu Köln, Köln.
- Heuzeroth, J. & A. Budke (2021a): Formulierung von fachlichen Beziehungen- Eine Interventionsstudie zur Wirkung von sprachlichen Scaffolds auf die Versprachlichung von Kausalstrukturen im Geographieunterricht. In: *Journal of Geography Education* 49(1). S. 14–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.18452/23166>
- Heuzeroth, J. & A. Budke (2021b): Metacognitive Strategies for Developing Complex Geographical Causal Structures – An Interventional Study in the Geography Classroom. In: *EJIHPE* 11(2). S. 382–404. DOI: <https://doi.org/10.3390/ejihpe11020029>
- Heuzeroth, J. & A. Budke (in Druck): Metakognition und systemisches Denken – Wirkung von Sprache und metakognitiver Methoden auf die Entwicklung von Kausalbeziehungen im Geographieunterricht. In: Rempfler, A., R. Grob, M. Landtwing & U. Schönauer (Hrsg.): *Komplexität und Systemisches Denken im Geographieunterricht (= Geographiedidaktische Forschungen)*. BoD, Norderstedt.
- Heuzeroth, J. & Budke, A. (2022): Inhaltliche und sprachliche Scaffoldingtechniken für die Entwicklung und Versprachlichung geographischer Kausalstrukturen durch Schüler*innen – Ein Beitrag zur Förderung des systemischen Denkens im Geographieunterricht. In: *GW-Unterricht* 167. S. 30–40. DOI: <https://doi.org/10.1553/gw-unterricht167s30>
- Hmelo-Silver, C. & R. Azevedo (2006): Understanding Complex Systems: Some Core Challenges. In: *Journal of the Learning Sciences* 15(1). S. 53–61. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501_7
- Hmelo-Silver, C., R. Jordan, C. Eberbach & S. Sinha (2017): Systems learning with a conceptual representation: a quasi-experimental study. In: *Instructional Science* 45(1). S. 53–72. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9392-y>
- Hummel, D., T. Jahn, F. Keil, S. Liehr & I. Stieß (2017): Social Ecology as Critical, Transdisciplinary Science – Conceptualizing, Analyzing and Shaping Societal Relations to Nature. In: *Sustainability* 9(7). 1050. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9071050>
- Jacobson, M. & U. Wilensky (2006): Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. In: *The journal of learning Science* 15(1). S. 11–34. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501_4
- Kaminske, V. (2001): Strategien des Zugriffs auf vernetzte Raumsachverhalte. In: *Geographie aktuell und Schule* 132. S. 15–23.
- Koch, C. & J. Laske (2014): Outputorientierung erfordert Prozessstrategien! Kumulative Lernprozesse im Geographieunterricht gestalten. In: *GW-Unterricht* 134. S. 5–18.
- Köck, H. (2001): Typen vernetzenden Denkens im Geographieunterricht. In: *Geographie und Schule* 23(132). S. 9–14.
- Köck, H. (2004): Zur räumlichen Dimension globalen Lernens. In: Kroß, E. (Hg.): *Globales Lernen im Geographieunterricht – Erziehung zu einer nachhaltigen Entwicklung*. 15. Symposium des Hochschulverbandes für Geographie und ihre Didaktik (HGD) vom 10.–12. Juni 2003 an der Ruhr-Universität Bochum. Selbstverlag HDG, Nürnberg. S. 33–49.
- Leisen, J. (2013): *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Ernst Klett Sprachen, Stuttgart.
- Mehren, R. & A. Rempfler (2018): Systemisches Denken. In: Brucker, A., J.-B. Haversath & A. Schöps (Hrsg.): *Geographie-Unterricht: 102 Stichworte*. Schneider Verlag, Hohengehren. S. 205–206.
- Mehren, R., A. Rempfler & E.-M. Ulrich-Riedhammer (2015): Diagnostik von Systemkompetenz mittels Concept Maps. *Malariaabekämpfung im Kongo als Beispiel*. In: *Praxis Geographie* 45(7–8). S. 29–33.
- Mehren, R., A. Rempfler & R. M. Ulrich-Riedhammer (2014): Denken in komplexen Zusammenhängen. Systemkompetenz als Schlüssel zur Steigerung der Eigenkomplexität von Schülern. In: *Praxis Geographie* 44(4). S. 4–8.
- Mehren, R., A. Rempfler, J. Buchholz, J. Hartig & E. M. Ulrich-Riedhammer (2018): System competence modeling: Theoretical foundation and empirical validation of a model involving natural, social and human-environment systems. In: *Journal of Research in Science Teaching* 55(5). S. 685–711. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21436>
- Müller, B. (2016): *Komplexe Mensch-Umwelt-Systeme im Geographieunterricht mit Hilfe von Argumentationen erschließen am Beispiel der Trinkwasserproblematik in Guadalajara (Mexiko)*. Dissertation. Universität zu Köln, Köln.
- Nassehi, A. (2020): *Unser Umfeld beeinflusst, wie intelligent wir sind (Hörsaal)*. Deutschlandfunk Nova. <https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/soziologie-unser-umfeld-beinflusst-wie-intelligent-wir-sind> (05.07.2023)
- Nederhand, M., H. Tabbers, A. de Bruin & R. Rikers (2020): Metacognitive awareness as measured by second-order judgements among university and secondary school students. In: *Metacognition Learning* 16. S. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09228-6>
- Nett, U. & T. Götz (2019): *Selbstreguliertes Lernen*. In: Urhahne, D., M. Dresel & F. Fischer (Hrsg.): *Psychologie für den Lehrberuf*. Springer, Berlin. S. 68–84.
- Novick, L. R. & M. Bassok (2005): Problem Solving. In: Holyoak, K. J. & R. G. Morrison (Eds.): *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press. S. 321–350.
- Oleschko, S., B. Weinkauff & S. Wiemers (2016): *Praxishandbuch Sprachbildung Geographie. Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern*. Ernst Klett Sprachen, Stuttgart.
- Ossimitz, G. (2000): *Entwicklung systemischen Denkens*. Profil Verlag, München.

- Pettig, F. (2021): Transformative Lernangebote kritisch-reflexiv gestalten. Fachdidaktische Orientierungen einer emanzipatorischen BNE. In: *GW-Unterricht* 162(2). S. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.1553/gw-unterricht162s5>
- Pintrich, P. (2002): The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing. In: *Theory Into Practice* 41(4). S. 219–225. DOI: https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3.
- Rieckmann, M. (2021): Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden. In: *merz – Zeitschrift für Medienpädagogik* 65(4). S. 10–17.
- Riess, W. (2013): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung systemischen Denkens. In: *AN-Liegen Natur* 35(1). S. 55–64
- Rinschede, G. & A. Siegmund (2019): *Geographiedidaktik*. 4. Auflage. Verlag Ferdinand Schönigh, Paderborn.
- Schlippe, A. von & J. Schweitzer (2016): *Lehrbuch der systemischen Therapie und Beratung I. Das Grundlagenwissen*. 3. Auflage. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- Schmid, U. & J. Funke (2013): Kreativität und Problemlösen. In: Stephan, A. & S. Walter (Hrsg.): *Handbuch Kognitionswissenschaft*. Verlag J.B. Metzler, Stuttgart. S. 335–343.
- Schneider, W. & D. Bjorklund (2003): Memory and Knowledge Development. In: Valsiner, J. & K. Connolly (Eds.): *Handbook of developmental psychology*. SAGE Publications, London. S. 370–403.
- Schuler, S., L. Vankan & G. Rohwer (2017): *Denken lernen mit Geographie*. Westermann, Braunschweig.
- Serra, M. & J. Metcalfe (2009): Effective Implementation of Metacognition. In: Hacker, D., J. Dunlosky & A. Graesser (Eds.): *Handbook of Metacognition in education (= The educational psychology series)*. Routledge, New York. S. 278–298.
- Sweller, J. (1988): Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. In: *Cognitive science* 12(2). S. 257–285. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Veenman, M. (2015): Thinking about metacognition improves thinking. In: Wegerif, R., J. Li & C. Kaufman (Eds.): *The Routledge International Handbook of Research on Teaching Thinking*. Routledge, London. S. 280–288.
- Veenman, M., B. van Hout-Wolters & P. Afflerbach (2006): Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. In: *Metacognition Learning* 1(1). S. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>

