wiederholt aufgegriffen, variantenreich in neuen Zusammenhängen dekontextualisiert erweitert und vertieft werden, sodass aus vielen Lernspuren ein grundlegendes Verständnis entstehen kann (*Nachhaltiges Lernen*; Richer 2007, S. 7).

Die Waters Foundation (www.waters foundation.org), eine amerikanische Stiftung, die sich zum Ziel gesetzt hat, Jugendliche im Systemdenken zu fördern, arbeitet seit Jahren an Konzeptionen zur Vermittlung von Systemkompetenz und hat eine umfangreiche Materialsammlung kreiert. Grundlage ihrer didaktisch-methodischen Ausrichtung sind die drei Eckpunkte Habits, Concepts und Tool, deren positive Effekte sich in unterschiedlichen Studien der Forschergruppe SYSDENE angedeutet haben (Kunz und Bollmann-Zuberbühler 2008, S. 35).

4.1 Habits

Bei den Habits handelt es sich um Denkmuster, die systemkompetente Personen auszeichnen. Es sind Sichtweisen sowie die Neigung zu bestimmten Denk- und Arbeitsweisen, die für den Prozess der Aneignung von Systemverständnis charakteristisch sind. Es wird versucht, über den Inhalt in einer anderen Art nachzudenken, eben unter Einbezug der Habits. Diese werden im Laufe des Unterrichts immer wieder thematisiert und dienen als Anstöße zur Reflexion (Frischknecht-Tobler et al. 2008, S. 25):

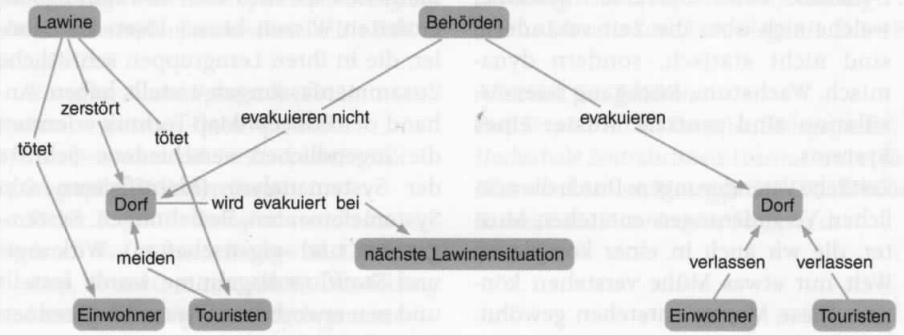
- Behalte den Blick aufs Ganze.
- Finde heraus, wie Elemente und Beziehungen sich mit der Zeit verändern, und versuche, Muster und Trends zu erkennen.
- Bedenke, dass die Struktur eines Systems bestimmte Verhaltensweisen hervorbringt.
- Beachte, dass Wirkungsbeziehungen häufig nicht nur linear, sondern auch zirkulär sein können.
- Betrachte die Dinge aus verschiedenen Blickwinkeln.
- Stelle Vermutungen auf und teste sie.
- Bedenke eine Sachlage vollständig und hüte dich vor vorschnellen Schlussfolgerungen.
- Bedenke, wie eigene Vorstellungen (mentale Modelle) die gegenwärtige Wirklichkeit und die Zukunft beeinflussen.
- Entscheide auf der Grundlage deines Verständnisses der Systemstruktur, wo man sinnvollerweise eingreifen kann.
- Bedenke sowohl die kurz- als auch langfristigen Folgen von Handlungen.
- Finde heraus, wo unbeabsichtigte Konsequenzen aus deiner Handlung drohen.
- Beachte den Einfluss von Zeitverzögerungen, wenn du Ursache-Wirkungsgefüge untersuchst.

Aufgabenstamm

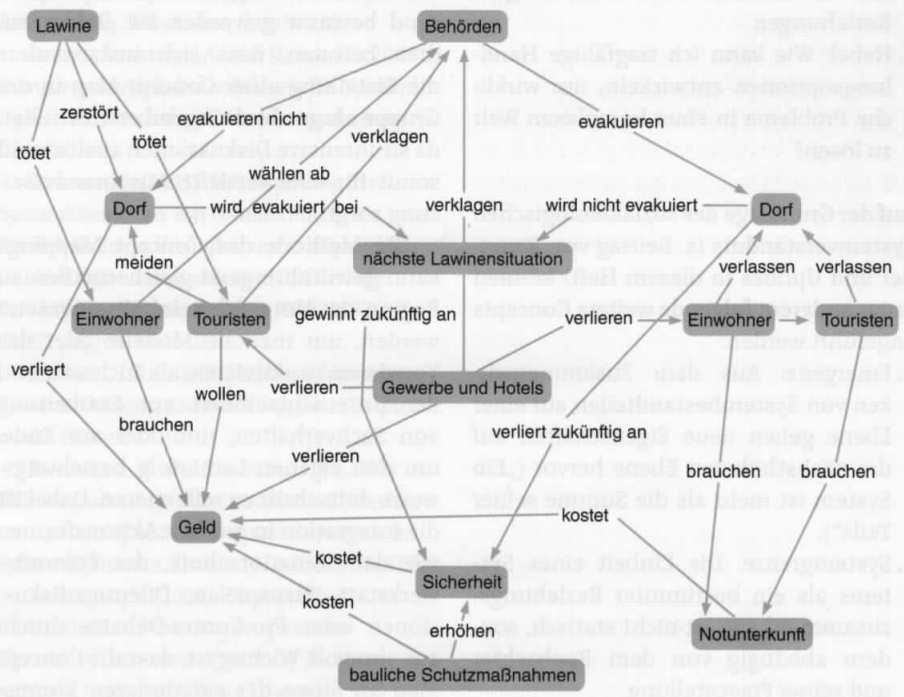
Galtür im Tirol wurde 1999 von einer Lawine verschüttet. Häuser, die 300 Jahre unberührt blieben, wurden unter Schneemassen begraben. Viele Menschen verloren bei diesem Unglück ihr Leben. Wie es zu diesem Unglück kam: Nach einer Phase des Tauwetters folgten starke Schneefälle und Schneeverwehungen in den Bergen. Es herrschten ideale Bedingungen für einen Lawinenabgang. Trotzdem verweigerten die Behörden eine Evakuierung, denn das Dorf war aus ihrer Sicht sicher.

Aufgabe

Wir nehmen nun an, dieses Jahr sei wieder eine ähnliche Wetter- und Schneesituation. Stell dir vor, man evakuiert das Dorf und es geht keine Lawine ab oder man evakuiert das Dorf nicht und es wird von einer Lawine verschüttet. Überlege dir die Konsequenzen dieser beiden Entscheidungen. Ergänze das folgende Begriffsnetz durch Begriffe und Beziehungen. Du kannst dazu die Begriffe in Klammern (Gewerbe und Hotels, Notunterkunft, Sicherheit, Geld, Schutzmaßnahmen), aber auch eigene verwenden.



(Mögliche) Lösung



Auswertung

$$\text{Strukturindex} = \frac{\text{Anzahl der Pfeilketten + Verzweigungen + Kreisläufe}}{\text{Anzahl der Elemente}}$$

Abb. 2: Beispielaufgabe zur Diagnostik der geographischen Systemkompetenz

Quelle: nach Rempfler und Künzle 2010, noch unveröffentlicht

- Überprüfe die Wirkungen und passe, wenn nötig, deine Handlungen sukzessive an.

4.2 Key Systems Thinking Concepts

Neben den Habits sind die Concepts der zweite zentrale Baustein. Die Waters Foundation weist fünf Schlüsselkonzepte beim Systemverständnis aus, die im Rahmen von Unterricht Schülern vermittelt werden sollen:

1. Mentale Modelle: Wir haben unsere Vermutungen und Ideen, wie Dinge funktionieren. Diese sogenannten mentalen Modelle sind uns oft selber unbewusst. Sie müssen explizit gemacht und hinterfragt werden.
2. Dynamik eines Systems: Systeme, welche sich über die Zeit verändern, sind nicht statisch, sondern dynamisch. Wachstum, Rückgang oder Oszillation sind zentrale Muster eines Systems.
3. Zeitliche Veränderungen: Durch die zeitlichen Veränderungen entstehen Muster, die wir auch in einer komplexen Welt mit etwas Mühe verstehen können. Diese Muster entstehen gewöhnlich durch Vernetzungen.
4. Feedback: Die Welt operiert häufig mit zirkulären Zusammenhängen, nicht nur in linearen Ursache-Wirkungen-Beziehungen.
5. Hebel: Wie kann ich tragfähige Handlungsoptionen entwickeln, um wirkliche Probleme in einer komplexen Welt zu lösen?

Auf der Grundlage des sozialökologischen Systemverständnis (s. Beitrag von Rempfler und Uphues in diesem Heft) können unter anderem folgende weitere Concepts angeführt werden:

6. Emergenz: Aus dem Zusammenwirken von Systembestandteilen auf einer Ebene gehen neue Eigenschaften auf der nächsthöheren Ebene hervor („Ein System ist mehr als die Summe seiner Teile").
7. Systemgrenze: Die Einheit eines Systems als ein bestimmter Beziehungszusammenhang ist nicht statisch, sondern abhängig von dem Beobachter und seiner Fragestellung.
8. Systemprognose: Veränderungen in einem komplexen Wechselwirkungsgefüge sind nur eingeschränkt vorhersagbar und steuerbar.
9. Systemverhalten: Entwicklungsverläufe und Veränderungen sind in einem komplexen System in der Regel irreversibel.

4.3 Tools

Den dritten Faktor bei der Entwicklung einer Systemkompetenz im Geographieunterricht bilden die sogenannten Tools (= Werkzeuge zur graphischen Repräsentation). Zahlreiche Untersuchungen haben nachgewiesen, dass die graphische Repräsentation eines Systems durch den Schüler, beispielsweise in Form einer Concept Map (= Wirkungsdiagramm), nachhaltig zur Verbesserung der systemischen Denkfähigkeit beiträgt. So zeigen etwa Haugwitz und Sandmann (2009, 103) im Rahmen einer Interventionsstudie, dass sechs Monate nach einer erfolgten Unterrichtseinheit Schüler, die Concept Maps erstellt haben, Aufgaben sowohl zum inhaltlichen als auch zum anwendungsorientierten Wissen besser lösen als Schüler, die in ihren Lerngruppen schriftliche Zusammenfassungen erstellt haben. Anhand der Concept-Map-Technik erlernten die Jugendlichen verschiedene Schritte der Systemanalyse (Identifizieren von Systemelementen, Beziehungen, Systemgrenzen und -eigenschaften), Wirkungs- und Stoffflussdiagramme wurde erstellt und neu erworbenes Wissen eingeordnet. Rempfler (2010a) kommt im Rahmen seiner Interventionsstudie zu dem Schluss, dass die Komplexität des Themas Schülern erst durch eine Concept Map umfassend bewusst geworden ist. Beide Studien betonen, dass sich insbesondere die Erstellung einer Concept Map in der Gruppe als gewinnbringend erwiesen hat, da sie intensive Diskussionen auslöst und somit für eine vertiefte Auseinandersetzung sorgt.

Die Methode des Concept Mappings kann gewinnbringend gleichermaßen zu Beginn der Unterrichtseinheit eingesetzt werden, um mentale Modelle oder das Vorwissen zu aktivieren, als auch während der Unterrichtseinheit zur Erarbeitung von Sachverhalten, und/oder am Ende, um den eigenen Lernerfolg beziehungsweise -fortschritt zu reflektieren. Dabei ist die Integration in größere Aktionsformen wie der Szenariotechnik, der Zukunftswerkstatt, Planspielen, Dilemmadiskussionen oder Pro-Kontra-Debatte durchaus sinnvoll. Wichtig ist, dass die Concept Map im Sinne der aufgezeigten Kompetenzdimensionen genutzt wird. Das bedeutet, dass sie nicht nur zur Darstellung der Systemorganisation und -eigenschaften dient, sondern an ihr beispielsweise mittels Was-wäre-wenn-Fragen auch systemadäquate Handlungsoptionen diskutiert werden. Denn die Fähigkeit, Systemstrukturen zu identifizieren, korreliert nicht automatisch mit der erfolgreichen Steuerung von Systemen (Klieme und Maichle 1991). ■

Literatur

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

Bak, P., Tang, C. und Wiesenfeld, K. (1987): Self-organized criticality: An explanation of the 1/f noise. In: Physical Review Letters, 59, S. 381–384.

Bollmann-Zuberbühler, B. (2008): Lernwirksamkeitsstudie zum systemischen Denken an der Sekundarstufe I. In: Frischknecht-Tobler, U., Nagel, U. und Seybold, H. (Hrsg., 2008): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich, S. 99–118.

DGfG – Deutsche Gesellschaft für Geographie (Hrsg., 2010): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen. Berlin.

Egner, H. (2006): Autopoiesis, Form und Beobachtung – Moderne Systemtheorie und ihr möglicher Beitrag für eine Integration von Human- und Physiogeographie. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 148, S. 92–108.

Frischknecht-Tobler, U., Kunz, P. und Nagel, U. (2008): Systemdenken – Begriffe, Konzepte und Definitionen. In: Frischknecht-Tobler, U., Nagel, U. und Seybold, H. (Hrsg., 2008): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich, S. 11–31.

Haugwitz, M. und Sandmann, A. (2009): Kooperatives Concept Mapping in Biologie: Effekte auf den Wissenserwerb und die Behaltensleistung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jahrgang 15, S. 89–107.

Hemmer, I., Hemmer, M., Obermaier, G. und Uphues, R. (2008): Räumliche Orientierung. Eine empirische Untersuchung zur Relevanz des Kompetenzbereichs aus der Perspektive der Gesellschaft und der Experten. In: Geographie und ihre Didaktik. Heft 1/2008, S. 17–32.

Hemmer, M. (2008): Kompetenzen und Standards geographischer Bildung – Eckpfeiler eines Kompetenzentwicklungsmodells. In: Giest, H., Hartinger, A. und Kahlert, J. (Hrsg., 2008): Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts. Band 7. Bad Heilbrunn, S. 87–99.

Hmelo-Silver, C. E. und Pfeffer, M. G. (2004): Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. In: Cognitive Science, 28, S. 127–138.

Jacobson, M. J. (2001): Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. In: Complexity, 6/3, S. 41–49.

Klieme, E. et al. (2003): Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Bonn.

Klieme, E. und Leutner, D. (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Überarbeitete Fassung des Antrags an die DFG auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms. Frankfurt a. M.

Klieme, E. und Maichle, U. (1991): Erprobung eines Modellbildungssystems im Unterricht. Bonn.

Köck, H. (1984): Der Komplexitätsgrad als curriculares Stufungsprinzip. In: Geographie und ihre Didaktik, 12/3, S. 114-133.

Köck, H. (1989): Aufgabe und Aufbau des Geographieunterrichts. In: Geographie und Schule, 11/57, S. 11-25.

Köck, H. (1995): Systemdenken – geographi Geographie und Schule 33

Köck, H. (1997):. Der systemtheoretische Ansatz im Geographieunterricht. In: Convey, A. und Nolzen, H. (Hrsg., 1997): Geographie und Erziehung: Münchner Studien zur Didaktik der Geographie. Band 10. München, S. 137–146.

Köck, H. (1998): Zur Relativität räumlicher Komplexität und der Frage deren curricularen Konsequenzen. In: Geographie und Schule, 20/116, S. 18–24.

Köck, H. (2004a): Typen und Kategorien der Raummanifestation. In: Köck, H. und Rempfler, A. (Hrsg., 2004): Erkenntnisleitende Ansätze – Schlüssel zur Profilierung des Geographieunterrichts. Köln, S. 19–91.

Köck, H. (2004b): Synergetische, fraktale und hierarchische Raumbeziehungen. In: Köck, H. und Rempfler, A. (Hrsg., 2004): Erkenntnisleitende Ansätze – Schlüssel zur Profilierung des Geographieunterrichts. Köln, S. 19–91.

Köck, H. und Rempfler, A. (2004). Erkenntnisleitende Ansä:ze – Schlüssel zur Profilierung des Geographieunterrichts. Köln.

Kunz, P. und Bollmann-Zuberbühler, B. (2008): Ist systemisches Denken lehr- und lernbar? In: Frischknecht-Tobler, U., Nagel, U. und Seybold, H. (Hrsg., 2008): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich, S. 33–52.

Law, L. (2000): Die Überwindung der Kluft zwischen Wissen und Handeln aus situativer Sicht. In: Mandl, H. und Gerstenmaier, J. (Hrsg., 2000): Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze. Göttingen, S. 253–287.

Lecher, T. (1997): Die Umweltkrise im Alltagsdenken. Weinheim.

Liehr, S., Becker, E. und Keil, F. (2006): Systemdynamiken. In: Becker, E. und Jahn, T. (Hrsg., 2006): Soziale Ökologie -Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt a.M, S. 267–283.

Luhmann, N. (1984): Soziale Systeme – Grundriss einer allgemeinen Theorie. Frankfurt.

Mehren, M. und Uphues, R. (2010): Gute Theorie ist praktisch – Kompetenzorientiert Unterrichten im Fach Geographie. Terrasse. Nummer 3, 8–12.

Ossimitz, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik 1. München/Wien.

Rempfler, A. (2010a): Systemdenken. Schlüsselkompetenz für zukunftsorientiertes Raumverhalten. In: Geographie und Schule, 32/184, S. 11–18.

Rempfler, A. (2010b). Systems concepts of youth: Design and results of an explorative pilot study on the topic of avalanches. In: Die Erde. (eingereicht)

Rempfler, A. und Uphues, R. (2011): System competence. The development of a competence model. In: European Journal of Geography. (in Vorbereitung)

Richer, R. (2007): Biologieunterricht im Umbruch. In: Unterricht Biologie. H. 328, S. 2–7.

Rieß, W. und C. Mischo (2008). Entwicklung und erste Validierung eines Fragebogens zur Erfassung des systemischen Denkens in nachhaltigkeitsrelevanten Kontexten. In: Ormann, I. und Haan, G. de (Hrsg., 2008): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Wiesbaden, S. 215–232.

Rost, J., Lauströer, A. und Raack, N. (2003): Kompetenzmodelle einer Bildung für Nachhaltigkeit. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie, 8/52, S. 10–15.

Sommer, C. (2005): Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschülern im Bereich Biologie. Verfügbar unter http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00001652/d1652.pdf [06.05.2010]

Sterman, J.D. (2000): Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world. Boston.

Sweeney, L. B. und Sterman, J. D. (2007): Thinking about systems: student and teacher conceptions of natural and social systems. In: System Dynamics Review 23/2–3, S. 285–312.

Talanquer, V. (2009): On cognitive: Constraints and learning progressions: The case of „structure of matter". In: International Journal of Science Education 31/15, S. 2123–2136.

Varela, F. G., Maturana, H. R. und Uribe, R. (1974): Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. In: BioSystems 5, S. 187–196.

Vollmer, H. (2005): Auf dem Weg zu nationalen Bildungsstandards: Ein dorniges Unterfangen. In: Burwitz-Melzer, E. und Solmecke, G. (Hrsg., 2005). Fremdsprachenunterricht in Schule und Erwachsenenbildung. Festschrift für Jürgen Quetz zu seinem 65. Geburtstag. Berlin, S. 31–40.

Waters Foundation (2010): Systems Thinking in Schools. A Waters Foundation Project. Verfügbar unter http://www.waters foundation.org [31.08.2010]

Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg., 2001), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim, S. 17–31.

Wildt, M. (2009): Diagnostik vom Nutzen her denken! Lernchancen. H. 69/70, S. 14–19.

Wilensky, U. und Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. In: Journal of Science Education and Technology 8/1, S. 3–19.

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. phil. Armin Rempfler, Pädagogische Hochschule Zentralschweiz Luzern, Institut für Lehren und Lernen, Museggstraße 37, CH-6004 Luzern, E-Mail: armin.rempfler@phz.ch

Prof. Dr. phil. Rainer Uphues, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Didaktik der Geographie, Regensburger Straße 160, 90478 Nürnberg, E-Mail: rainer.uphues@ewf.uni-erlangen.de