

Systemkompetenz als Element der Bildung für nachhaltige Entwicklung

Motivation & Hintergrund

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) schließt für die Lernenden eine Auseinandersetzung mit komplexen Entwicklungs- und Transformationsprozessen und somit Veränderungen der aktuellen Verhältnisse ein. Die Lernenden sollen dazu befähigt werden, eigene Entscheidungen im Kontext nachhaltiger Entwicklung treffen und umsetzen zu können (Sächsisches Staatsministerium für Kultus 2025). Diese Entscheidungen können zum einen individueller Natur sein bzw. kleinmaßstäbig auf lokaler Ebene stattfinden. Im Fach Chemie werden dafür häufig Aspekte der Abfallentsorgung oder des Recyclings thematisiert und gewinnen vor allen durch den direkten Bezug zur Lebenswelt der Lernenden an Bedeutung. Im Gegensatz dazu können zum anderen auch Entscheidungen auf regionaler oder globaler Ebene, wie z.B. im Fach Chemie die Energiewende oder den Einfluss des Ausstoßes von Treibhausgasen, thematisiert werden. Die Komplexität der dahinterliegenden Systeme und deren Dynamiken können für die Lernenden das Verständnis und das adäquate Entscheiden erschweren. Hieraus resultieren grundlegende Herausforderungen für den sachlichen und fachlichen Diskurs zu nachhaltigen Entwicklungen. Die Fähigkeit und Fertigkeit, komplexe Wirklichkeitsbereiche unterschiedlicher Maßstabsgrößen in ihrer Organisation und ihrem Verhalten zu erkennen, zu beschreiben und zu modellieren sowie Prognosen und Maßnahmen zur Systemnutzung und Systemregulation zu treffen, wird als Systemkompetenz zusammengefasst (Mehren et al., 2016). Sie ist ein wichtiger Bestandteil in Kompetenzmodellen zur BNE, wie zum Beispiel den „Key competencies in sustainability“ (Brundiers et al., 2021).

Forschungsstand

Um Systemkompetenz zu fördern bedarf es adäquater Lehr-Lern-Konzepte. Bisherige Interventionen zur Systemkompetenz zeigen verschiedene vielversprechende Ansätze und Möglichkeiten zur Förderung. Darunter zählt fächerübergreifendes Arbeiten und das Üben des Darstellens von Systemen (Ossimitz, 2000). Systemverhalten kann über Computersimulationen erschlossen werden (Rieß & Mischo, 2008). In einigen Studien wurde Systemkompetenz erfolgreich in ökologischen oder nachhaltigen Kontexten gefördert (z. B. Assaraf & Orion, 2005; Bollmann-Zuberbühler, 2010; Bräutigam, 2014). Als Einflussgrößen sind vorrangig das inhaltliche Vorwissen und die Gedächtniskapazität bei Kompetenztests zu kontrollieren (Süß, 1999; Funke, 2003).

Grundsätzlich wurden die geschilderten Interventionen mit unterschiedlichen Zielgruppen von der Grundschule bis zur Oberstufe durchgeführt und zeigen damit auch, dass Systemkompetenz effektiv über die gesamte Schullaufbahn hinweg gefördert werden kann. Die Untersuchung und Förderung der Systemkompetenz im Kontext der Nachhaltigkeit und komplexer Systeme für Schüler*innen ab der 9. Klasse stellt jedoch noch eine Forschungslücke dar, welche deshalb im Rahmen dieses Projektvorhabens adressiert wird.

Forschungsdesign

Das Forschungsdesign ist angelehnt an den Design-Based-Research-Ansatz nach McKenney & Reeves (2012).

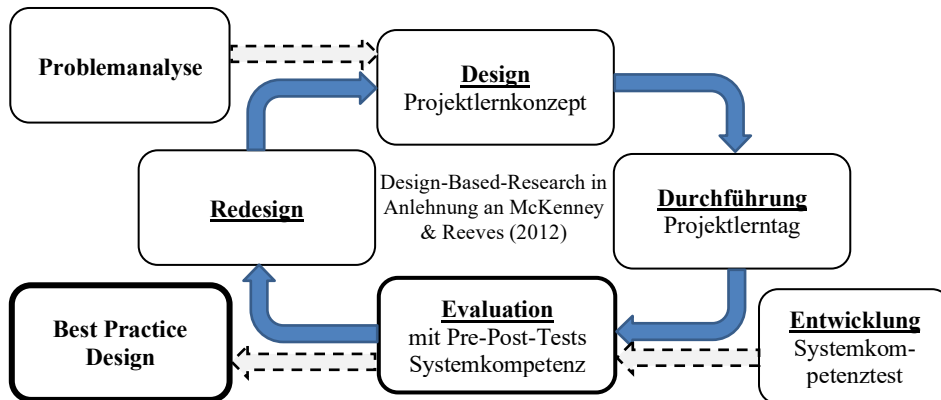


Abb. 1: Geplanter Design-Based-Research Prozess

Im ersten Schritt sind zielgruppenspezifische Lehr-Lern-Konzepte zu entwerfen (s. Abb. 1), welche anschließend im Lehr-Lernlabor, an der Technischen Universität Dresden eingesetzt werden. Mittels Pre-Post-Testdesign werden Wirkungen auf die verschiedenen Teildimensionen der Systemkompetenz evaluiert, wobei diese Ergebnisse in die anschließende Redesign Phase des Konzepts einfließen. Mit dem Forschungsansatz werden folgende Forschungsfragen fokussiert:

Welche Effekte lassen sich für die Förderung der Systemkompetenz, als Teil von Bildung für nachhaltige Entwicklung, der Lernenden nachweisen?

In welchen Aspekten unterscheidet sich die Förderung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Zielgruppen?

In der Design-Phase wurde ein Projektlernkonzept zum Thema „Wasserstoffwirtschaft in Deutschland“ als exemplarisches Beispiel für komplexe Systeme in zwei zielgruppenspezifischen Varianten für die gymnasiale Oberstufe und die 9./10. Klassenstufe entwickelt. Dem Anspruch der BNE entsprechend, werden sowohl überfachliche Inhalte zu ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten in das Projekt integriert als auch fachspezifische Inhalte der Chemie aus den Bereichen Redoxreaktionen und Elektrochemie. Bei der Durchführung des Konzepts bearbeiten die Lernenden eine übergeordnete Problemstellung in Gruppen und übernehmen einzelne Rollen als Teil des nationalen Wasserstoffrats, ein Gremium aus Expert*innen unterschiedlicher Bereiche mit Bezug zu Wasserstoff. Für eine bessere Struktur werden die Lernenden zur Erarbeitung in Expertengruppen mit Bezug zu verschiedenen, für ihre Rollen adäquaten, Bereichen der Wasserstoffwirtschaft eingeteilt. Grundgedanke des Konzepts ist demnach die Aufteilung des Gesamtsystems der Wasserstoffwirtschaft in Teilsysteme durch die Gruppen- und Rolleneinteilung, damit die Komplexität bei der Erarbeitung verringert wird.

Kompetenztestentwicklung

Die entwickelten Kompetenztests basieren auf dem aus der Geographiedidaktik stammenden empirisch validierten Kompetenzmodell nach Mehren et al. (2016). Das Kompetenzmodell umfasst zwei Kompetenzdimensionen, mit jeweils drei Stufen. Die entwickelten Testitems des

Kompetenztests bilden die Kompetenzdimensionen und -stufen ab. Dafür wurde ein Design mit dichotomen und polytomen Items mit richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen gewählt. Jedes Item wird einer der beiden Kompetenzdimensionen zugeordnet. Die polytomen Items können, wie in Tab. 1 dargelegt, mehrere Kompetenzstufen der gleichen Teildimension abbilden. Die Aufgabenformate variieren von Single-Choice-Aufgaben bis hin zu komplexen Concept-Map-Aufgaben mit offenen Antworten, wie das Beispielitem in Abbildung 2.

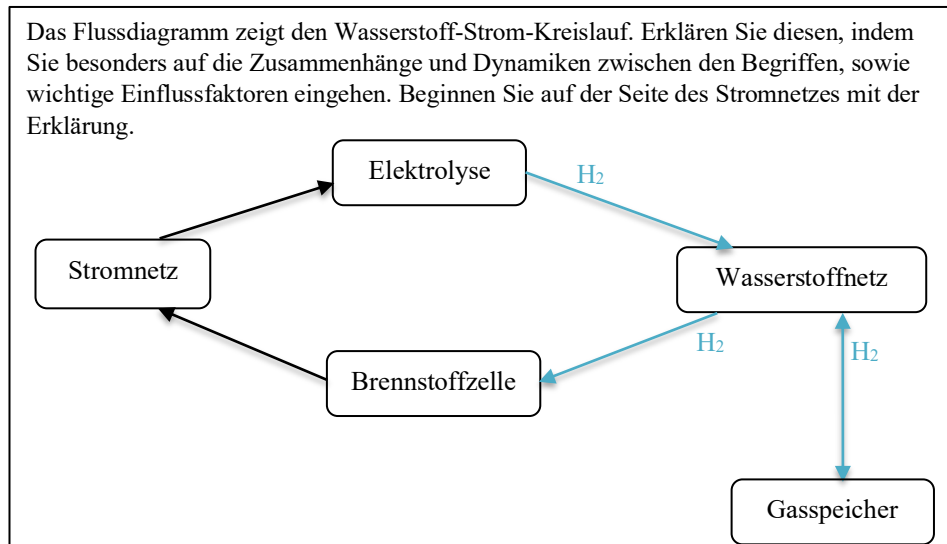


Abb. 2: polytomes Item des Kompetenztest, ausgelegt auf offene Antwort

Tab. 1: Einordnung und Erwartungsbild des polytomen Items

Kompetenzdimensionierung	Dimension 1: Systemorganisation und Systemverhalten
Angenommene Kompetenzstufung	1-3
Erwartungsbild Beispiel	„Strom aus dem Stromnetz wird in der Elektrolyse zur Produktion von Wasserstoff verwendet.“ → monokausale Zusammenhang erklärt: Kompetenzstufe 1 Weiterführende Erklärung: „Der so produzierte Wasserstoff kann anschließend über das Wasserstoffnetz in Gasspeichern zwischengespeichert werden.“ → Linearer Zusammenhang erklärt: Kompetenzstufe 2 ...

Zur Lösung der Tests erhalten die Lernenden zusätzlich ein themenspezifisches Informationsmaterial, welches das für den Test relevante System in einer vereinfachten Concept-Map darstellt und verschiedene Inhalte zum System stichpunktartig aufführt. Das Lösen der Tests ist so möglichst abgekoppelt vom Vorwissen der Lernenden. Die Lesekompetenz als Einflussgröße wird zusätzlich getestet.

Literatur

- Assaraf, O. & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560.
- Bollmann-Zuberbühler, B. (2010). *Lernwirksamkeitsstudie zum systemischen Denken an der Sekundarstufe I: Eine Interventionsstudie*. Dissertation. Zürich: Zentralstelle der Studentenschaft der Universität Zürich.
- Bräutigam, J. (2014). *Systemisches Denken im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung: Konstruktion und Validierung eines Messinstruments zur Evaluation einer Unterrichtseinheit*.
- Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Haré, N., Jarchow, A., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P. & Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustain Sci*, 16, 13–29. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2>
- Funke, J. (2003). Problemlösendes Denken. Stuttgart: Kohlhammer.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (2025). *Lehrplan Gymnasium. Chemie*. 2004/2007/2009/2011/2019/2022/2025. URL: <https://www.schulportal.sachsen.de/lplandb/lehrplan/521> [letzter Abruf: 22.10.25]
- McKenney, S. & Reeves, T. (2012). *Conducting educational design research*. New York: Routledge
- Mehren, R., Rempfler, A., Ullrich-Riedhammer, E.-M., Buchholz, J. & Hartig, J. (2016). Systemkompetenz im Geographieunterricht. Ein theoretisch hergeleitetes und empirisch überprüftes Kompetenzstrukturmodell. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), S. 147-163
- Ossimitz, G. (2000). *Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen*. München: Profil-Verlag, 1210178.
- Rieß, W. & Mischo, C. (2008). Förderung systemischen Denkens im Bereich von Ökologie und Nachhaltigkeit. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 346–364.
- Süß, H.-M. (1999). Intelligenz und komplexes Problemlösen: Perspektiven für eine Kooperation zwischen differenziell-psychometrischer und kognitionspsychologischer Forschung. *Psychologische Rundschau*, 50, 220-228.