

Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zum Treibhauseffekt

Hintergrund

Die Stabilisierung des Erdklimas durch die Umsetzung der Dekarbonisierung ist eine der wichtigsten Aufgaben der Menschheit im 21. Jahrhundert (Masson-Delmotte et al., 2018; Otto et al., 2020). Vor diesem Hintergrund diskutieren Otto et al. (2020) das Konzept der sozialen Kippelemente auf dem Weg zu einer dekarbonisierten Welt. Durch Kippinterventionen können die sozialen Kippelemente beeinflusst werden und Feedbackmechanismen in sozialen Systemen entstehen. Eines dieser sozialen Kippelemente, die das Potenzial haben, zu einer Stabilisierung des Klimas beizutragen, ist Klimabildung. Diese kann etwa auf andere soziale Kippelemente wie Normen und Wertesysteme oder die Verfügbarkeit und Transparenz von Informationen zu Treibhausgasemissionen wirken. Insbesondere sogenannte „information feedbacks“ haben das Potenzial, in der sozialen Kippdynamik sehr schnell zu wirken (Otto et al., 2020). Otto et al. (2020) identifizieren einen positiven Feedbackmechanismus zwischen dem Informationssystem und dem öffentlichen Bildungssystem, indem ein in der Bevölkerung verbreitetes Verständnis der Variablen und Prozesse im Klimasystem und der Zusammenhänge mit menschlichen Einflüssen die Sensibilität für Informationen über Treibhausgasemissionen erhöhen könnte (Otto et al., 2020; Otto-Banaszak et al., 2011). Um zu einem solchen in der gesamten Bevölkerung verbreiteten Verständnis beizutragen, sollte Klimabildung bereits im Pflichtschulbereich ansetzen. So wird im österreichischen Lehrplan für Physik ab dem Schuljahr 2026/27 der Kompetenzbereich „Wetter und Klima“ in der achten Schulstufe neu eingeführt (BMBWF, 2023). Um Lehrkräften einen forschungsbasierten, empirisch evaluierten Unterrichtsvorschlag zur Verfügung zu stellen, verfolgen wir daher das Ziel, eine Lernumgebung zum Treibhauseffekt zu entwickeln und zu evaluieren.

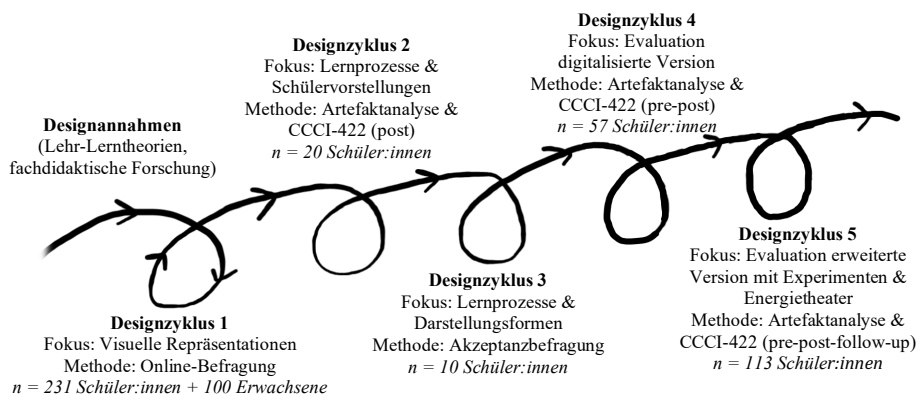


Abb. 1: Überblick über den Designprozess, aufgebaut aus fünf Designzyklen (Eigene Abbildung, nach Fraefel, 2014 & Obczovsky et al., 2024).

Theoretischer Rahmen

Eine Möglichkeit, die Entwicklung, Evaluation und Überarbeitung von Lehr-Lernmaterialien theoriegeleitet und zugleich empirisch gestützt in realen Lernsettings umzusetzen, bietet der Ansatz des Design-Based Research (DBR) (The Design-Based Research Collective, 2003; McKenney & Reeves, 2019). Epistemologisch verorten wir unser Projekt im Pragmatismus. Im Vordergrund stehen dabei die Nützlichkeit, Anpassungsfähigkeit und iterative Weiterentwicklung der Lernumgebung auf der Grundlage von Erfahrung und empirischer Evidenz (Barab & Squire, 2004). Insgesamt setzt sich das Projekt aus fünf Designzyklen zusammen. Eine Übersicht über die zentralen Entwicklungsschritte, die Evaluation und die jeweiligen Foki der fünf Designzyklen ist in Abb. 1 dargestellt.

Forschungsdesign

Für die Umsetzung des Design- und Re-Design-Prozesses orientieren wir uns an Obczovsky et al. (2024) und formulierten zunächst Designannahmen basierend auf Lehr-Lerntheorien und Erkenntnissen empirischer fachdidaktischer Forschung. Um den Evaluations- und Überarbeitungsprozess weiter zu systematisieren, wurden diese Designannahmen in unserem Projekt außerdem in „etablierte“ und „vorläufige“ Designannahmen eingeteilt. Im Folgenden wird dieses Vorgehen anhand ausgewählter Designannahmen beschrieben.

Eine „etablierte“ Designannahme ist beispielsweise, dass sich die Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) dafür eignet, den Treibhauseffekt für den Physikunterricht aufzubereiten. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion sind sowohl die fachliche Klärung als auch die Lernendenperspektive wesentlich. Für die fachliche Klärung nutzen wir die „Core Scientific Ideas of the Greenhouse Effect“ auf Niveau der achten Schulstufe nach Shepardson et al. (2017). Hinsichtlich der Lernendenperspektive berücksichtigen wir Schülervorstellungen zu den Mechanismen des (verstärkten) Treibhauseffekts (Wildbichler et al., 2024) durch die Entwicklung von Umgehungsstrategien. Außerdem zeigt die Forschung zu Interesse, dass die Gesellschaft betreffende Themen interessante Kontexte für Schüler:innen sind (Zoechling et al., 2022), weshalb der Klimawandel als Kontext des Treibhauseffekts geeignet ist, situatives Interesse zu fördern. Die Designannahme zur Didaktischen Rekonstruktion kategorisieren wir als „etablierte“ Designannahme. Das heißt, dass wir diese Annahme aufgrund unserer Analysen nicht verwerfen oder verändern. „Etablierte“ Designannahmen sind Annahmen, die auf Lehr-Lerntheorien beruhen und/oder für die es viel empirische Evidenz gibt. Für die Designannahmen, dass die „Core Scientific Ideas of the Greenhouse Effect“ (Shepardson et al., 2017) ausreichen, damit Schüler:innen der achten Schulstufe den Treibhauseffekt verstehen, oder dass die Umgehung bestimmter alternativer Vorstellungen für das Verständnis des Treibhauseffekts förderlich ist, halten wir es aber für notwendig, Argumente auf Basis empirischer Evidenzen zu sammeln. Wir bezeichnen die entsprechenden Designannahmen daher als „vorläufige“ Designannahmen und konzentrieren uns in der Analyse auf diese Annahmen. Dieses Vorgehen hat zwei Gründe: Einerseits sehen wir darin das größtmögliche Potenzial, das Design zu verbessern und Erkenntnisse über Lernprozesse zum Treibhauseffekt zu sammeln. Andererseits dient die Fokussierung auf bestimmte Designannahmen dazu, den Datensammlungs- und Analyseprozess zu systematisieren, für Transparenz zu sorgen und durch die Vorauswahl eine vertiefte Analyse zu ermöglichen.

Ausgewählte Ergebnisse

Um den Prozess der Analyse und des Re-Designs auf Basis des beschriebenen Vorgehens zu veranschaulichen, werden im Folgenden ausgewählte Ergebnisse des dritten von insgesamt fünf Designzyklen präsentiert. Im dritten Designzyklus wurden $n = 5$ Akzeptanzbefragungen (Wiesner & Wodzinski, 1996) mit jeweils $n = 2$ Schüler:innen der achten Schulstufe durchgeführt, also insgesamt $n = 10$ Schüler:innen interviewt. Die Schüler:innen hörten in drei Teilen jeweils zunächst einen Teil der Erklärung zum Treibhauseffekt. Anschließend wurden sie bezüglich ihrer Akzeptanz der Erklärung und der verwendeten Visualisierungen befragt (z.B. „Wie klingt das für dich?“). Im nächsten Schritt wurden die Schüler:innen gebeten, die Erklärung zu paraphrasieren und anschließend lösten sie Transferaufgaben dazu, wofür die Lernaufgaben aus der Lernumgebung selbst verwendet wurden. Die Interviews wurden mittels Qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz und Rädiker, 2022) ausgewertet. Zu den zentralen Ergebnissen dieser Analyse zählen identifizierte Verständnisschwierigkeiten. In Tab. 1 werden exemplarisch zwei dieser Verständnisschwierigkeiten sowie die Änderungen, die daraufhin im Re-Design der Lernumgebung umgesetzt wurden, beschrieben.

Tab. 1: Ausgewählte in Designzyklus 3 identifizierte Verständnisschwierigkeiten.

Verständnisschwierigkeit	Änderungen
Verschiebung Energiegleichgewicht kaum adressiert	<i>Benchmarks</i> zum Energiegleichgewicht ergänzt
Vermischen Wärme, Wärmestrahlung, sichtbare Strahlung	<i>Umgehungsstrategie</i> Begriff Infrarotstrahlung, Verankerung „Thermische Energie“

Im Rahmen der Akzeptanzbefragungen wurde von den Schüler:innen selbst auf Nachfrage die Verschiebung des Energiegleichgewichts der Erde kaum adressiert. Daraufhin wurde die „vorläufige“ Designannahme zur fachlichen Klärung dahingehend überarbeitet, dass neben den „Core Scientific Ideas of the Greenhouse Effect“ (Shepardson et al., 2017) Benchmarks aus dem Atlas of Science Literacy (AAAS, 2007) zum Klimawandel aufgenommen wurden, die das Energiegleichgewicht der Erde adressieren. Auf Basis dieser zusätzlichen „Core Scientific Ideas“ wurde beispielsweise eine zusätzliche Lernaufgabe zum anthropogenen Treibhauseffekt ergänzt. Eine weitere Verständnisschwierigkeit, die in den Interviews identifiziert wurde, betrifft den Wärme- beziehungsweise Wärmestrahlungsbegriff. Da sich diese Schwierigkeit mit Forschung zu Lernendenvorstellungen deckt (Duit, 2011), wurde die Berücksichtigung dieser Vorstellungen in Form einer Umgehungsstrategie zur entsprechenden Designannahme hinzugefügt. Umgesetzt wurde die Umgehungsstrategie durch die Verwendung des Begriffs der Infrarotstrahlung anstelle von Wärmestrahlung sowie durch die Einführung und Verankerung des Konzepts der thermischen Energie.

Diskussion

Das Vorgehen, Designannahmen in „etablierte“ und „vorläufige“ zu unterteilen, erwies sich als hilfreich, um den Entwicklungs- und Evaluationsprozess systematisch und transparent zu strukturieren. Außerdem konnten dadurch Ressourcen auf jene Aspekte konzentriert werden, die das größte Potenzial zur Verbesserung aufwiesen. „Vorläufige“ Designannahmen konnten

über mehrere Designzyklen hinweg erweitert und ausgeschärft werden. Auf Ebene der Theoriebildung kann somit ein Beitrag zu einer Stärkung und Verallgemeinerung von Designannahmen für die Gestaltung von Lernprozessen zum Treibhauseffekt geleistet werden.

Literatur

- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2023). Lehrplan für die AHS-Unterstufe (BGBl. II No. 1/2023). Wien: BMBWF
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8
- Duit, R. (2011): Wärmeverstellungen. In R. Müller, H. Wiesner & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik: Festschrift für Hartmut Wiesner*. Aulis, 195-198
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Cultural Perspectives in Science Education: Bd. 5. Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*. SensePublishers, 13–37
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden (5. Auflage). Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R. & others (2018). Global warming of 1.5 C. An IPCC special report on the impacts of global warming of, 1(5), 43–50
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (Second edition). Routledge
- Obczovsky, M., Bernsteiner, A., Haagen-Schützenhöfer, C. & Schubatzky, T. (2024). Systematizing decisions in design-based research: From theory to design. *Science Education*, 109, 523-536
- Otto, I. M., Donges, J. F., Cremades, R., Bhowmik, A., Hewitt, R. J., Lucht, W., Rockström, J., Allerberger, F., McCaffrey, M., Doe, S. S. P., Lenferna, A., Morán, N., van Vuuren, D. P. & Schellnhuber, H. J. (2020). Social tipping dynamics for stabilizing earth's climate by 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(5), 2354–2365
- Otto-Banaszak, I., Matczak, P., Wesseler, J. & Wechsung, F. (2011). Different perceptions of adaptation to climate change: a mental model approach applied to the evidence from expert interviews. *Regional Environmental Change*, 11(2), 217–228
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2007). Atlas of science literacy / Project 2061. American Association for the Advancement of Science: National Science Teachers Association
- Shepardson, D. P., Roychoudhury, A. & Hirsch, A. S. (2017). Using conceptual and physical models to develop students' mental models of the greenhouse effect. In D. P. Shepardson, A. Roychoudhury & A. S. Hirsch (Hrsg.), *Teaching and learning about climate change: A framework for educators*, Routledge, 86-105
- Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten. In R. Duit (Hrsg.), IPN: Bd. 151. *Lernen in den Naturwissenschaften: Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg*. IPN, 250-274
- Wildbichler, S., Haagen-Schützenhöfer, C. & Schubatzky, T. (2024). Students' ideas about the scientific underpinnings of climate change: a systematic review of the literature. *Studies in Science Education*, 61(1), 117–169
- Zoechling, S., Hopf, M., Woithe, J. & Schmeling, S. (2022). Students' interest in particle physics: conceptualisation, instrument development, and evaluation using Rasch theory and analysis. *International Journal of Science Education*, 44(15), 2353–2380