

Sarah Wildbichler¹
Claudia Haagen-Schützenhöfer²
Markus Obczovsky²
Thomas Schubatzky¹

¹Universität Innsbruck
²Universität Graz

Mit visuellen Repräsentationen über den Treibhauseffekt lernen

Problemstellung

In Zeiten des anthropogenen Klimawandels ist Climate Literacy ein essenzielles Ziel naturwissenschaftlicher Bildung. Dazu gehört unter anderem ein Verständnis der wesentlichen (naturwissenschaftlichen) Prinzipien des Klimasystems der Erde (USGCRP, 2009), wozu der Treibhauseffekt zählt. Um alle Schüler:innen zu erreichen, ist das Ziel Climate Literacy bereits im Pflichtschulbereich anzustreben. Allerdings wird in empirischen Studien zu Schülervorstellungen von zahlreichen und weit verbreiteten alternativen Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Prinzipien des Klimawandels und im Speziellen zum Treibhauseffekt berichtet (Wildbichler et al., 2024). Chang (2022) argumentiert, dass alternative Vorstellungen im Rahmen schulischer Bildung hin zu angemessenen Ideen entwickelt werden sollten, um einem drohenden Kreislauf aus Unwissenheit und Untätigkeit entgegenzuwirken. Ziel dieses Forschungsprojektes ist es daher, eine Lernumgebung zum Treibhauseffekt für die Sekundarstufe I (Pflichtschulbereich) zu entwickeln. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf visuellen Repräsentationen der Prozesse, die dem Treibhauseffekt zugrunde liegen. Autor:innen, die Schülervorstellungen zum Treibhauseffekt untersuchen, führen alternative Vorstellungen unter anderem auf missverständliche bildliche Darstellungen in Medien, Schulbüchern und anderen Lernmaterialien zurück (Wildbichler et al., 2024). Daraus leiten wir den Auftrag an die Naturwissenschaftsdidaktik ab, visuelle Repräsentationen zu entwickeln, die Schüler:innen beim Aufbau eines angemessenen Verständnisses des Treibhauseffektes unterstützen.

Forschungsfragen und Forschungsdesign

Aus der umrissenen Problemstellung ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- (1) Wie kann ein lernwirksames Lernarrangement zum Thema Treibhauseffekt für die Sekundarstufe 1 inklusive visueller Repräsentationen aussehen?
- (2) Wie interagieren Lernende mit dem Lernarrangement?
- (3) Wie entwickelt sich das konzeptionelle Verständnis der Lernenden während ihrer Interaktion mit dem Lernarrangement?

Als methodologischen Rahmen wählen wir Design-Based Research (z.B. McKenney & Reeves, 2019). Innerhalb dieses Rahmens verfolgen wir zwei Ziele, die Entwicklung eines Lernarrangements und die Erforschung des Lernens und Lehrens anhand dieses Lernarrangements (Sandoval & Bell, 2004).

Zwar gibt es bereits einige Studien über Unterrichtsinterventionen zum Treibhauseffekt, allerdings liegt der Fokus dieser Untersuchungen oftmals auf den Lernpfaden einzelner Schüler:innen (z.B. Reinfried & Tempelmann, 2014), Schülervorstellungen und deren Entwicklung (z.B. Niebert & Gropengießer, 2014), oder der Wirksamkeit der Interventionen allgemein (Monroe et al., 2019). Um die Passung zwischen Lernarrangement und Lernenden zu optimieren, umfasst das Forschungsdesign mehrere Teiluntersuchungen.

Zunächst wurden theoretisch und empirisch fundierte Designannahmen formuliert und folglich Designkriterien abgeleitet (Obczovsky et al., 2024). Diese Designkriterien definieren Maßnahmen und Strategien für die Umsetzung der Designannahmen. Um einzelne Designannahmen zu stärken und die Umsetzung betreffende Designentscheidungen abzusichern, wurde an dieser Stelle im Entwicklungsprozess eine Vorbefragung mittels Online-Fragebogen durchgeführt, bei der Schüler:innen der achten Schulstufe (N = 231, convenience sample) und Erwachsene (N = 100, convenience sample) zur visuellen Repräsentation mehrerer Phänomene, etwa der Absorption von Strahlung, befragt wurden. Dazu wurden mehrere Single-Select Items entwickelt, bei denen die Teilnehmer:innen der Befragung jeweils eine bestimmte Darstellung auswählen konnten.

Im nächsten Schritt wurde eine erste Version des Lernarrangements entwickelt und anschließend parallel in zwei Workshops mit jeweils zehn Schüler:innen und in fünf Akzeptanzbefragungen mit jeweils zwei Schüler:innen (Wiesner & Wodzinski, 1996) der achten Schulstufe getestet. Ziel der Workshops und der Akzeptanzbefragungen war es, Einblicke zu gewinnen, wie Schüler:innen mit dem Lernarrangement interagieren, welche Hürden auftreten und wo noch Potenziale liegen. Das gesamte Forschungsdesign ist in Abb. 1 dargestellt.

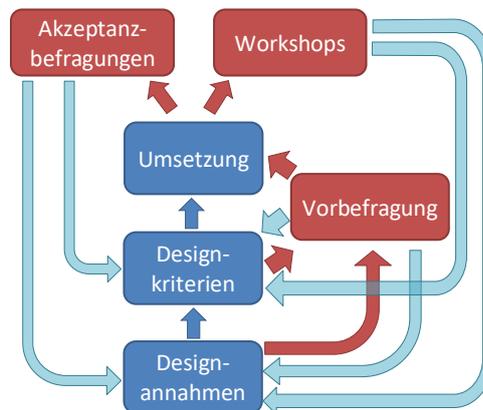


Abb. 1: Forschungsdesign der Studie.

Designprozess

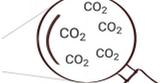
Aus den Designannahmen ergaben sich für die Umsetzung des Lernarrangements einige grundlegende Prinzipien: (a) Da der Treibhauseffekt für Schüler:innen der Sekundarstufe I ein neues Phänomen und zu komplex für Selbsterklärungen ist und auch das Vorwissen der Schüler:innen vermutlich gering ist, eignet sich die instruktionale Erklärung (Kulgemeyer, 2018) als Grundstruktur für das Lernarrangement. Neben der kognitiven Aktivierung und der konstruktiven Unterstützung der Schüler:innen sind Verständnisdiagnosen und Lernaufgaben wesentliche Bestandteile davon. (b) Der Inhalt der instruktionalen Erklärung wird durch die wissenschaftlichen Grundideen des Treibhauseffekts (Shepardson et al., 2017) definiert. (c) Da im Lernarrangement verbale Erklärungen mit visuellen Repräsentationen verknüpft werden, orientiert sich die Umsetzung an den Multimedia-Prinzipien zur Reduktion des Cognitive Load nach Mayer & Moreno (2003).

Für eine transparente, systematische Reflexion der Designannahmen und -kriterien wurden die Designannahmen in „starke“ und „schwache“ Annahmen eingeteilt. Basiert eine Designannahme etwa auf den Ergebnissen von Metaanalysen, sehen wir sie als „starke“ Designannahme. Basiert sie jedoch auf nicht generalisierbaren Einzelstudien, sehen wir sie als „schwache“ Designannahme. In der Vorbefragung, den Workshops und den Akzeptanzbefragungen liegt der Fokus auf den „schwachen“ Designannahmen, um Argumente dafür zu sammeln, diese in der Folge gegebenenfalls aususchärfen, zu überarbeiten oder zu verwerfen.

Ergebnisse Vorbefragung und Workshops

Die Daten der Vorbefragung wurden mit Chi-Quadrat Tests ausgewertet. Bei allen Items wurde jeweils eine Darstellung signifikant häufiger gewählt als die übrigen, mit einer Ausnahme bei den Schüler:innen. Ausgewählte Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Für die Umsetzung der visuellen Repräsentation im Lernarrangement wurden die jeweils am häufigsten gewählten Darstellungen verwendet.

Tabelle 1: Ausgewählte Ergebnisse der Vorbefragung.

Frage	Häufigste Antwort	Schüler:innen		Erwachsene	
		p-Wert	Residue	p-Wert	Residue
Visualisierung IR-Strahlung		< 0.01	4.33	< 0.01	8.6
Visualisierung unsichtbarer Strahlung		0.01	3.84	< 0.01	5.2
Absorption von Strahlung/Licht		< 0.01	10.75	< 0.01	11
Visualisierung Moleküle		< 0.01	14.09	< 0.01	10.21

An den Workshops nahmen insgesamt $N = 20$ Schüler:innen der achten Schulstufe teil. Nach der Instruktion wurde ein Multiple Choice-Test mit sechs Items aus dem Testinstrument CCCI-422 (Schubatzky et al., 2023) durchgeführt. Dabei erreichten die Schüler:innen im Mittel 4,8 von 6 möglichen Punkten ($M = 4,8$; $SD = 1,0$). Bei der Frage nach der Beschreibung des gesamten Treibhauseffektes wählten 15 der 20 Schüler:innen aus fünf möglichen Antworten die angemessene aus. Von den Schüler:innen während der Workshops ausgefüllte Arbeitsblätter wurden mittels Qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Die Analyse zeigt, dass die teilnehmenden Schüler:innen die im Lernarrangement verwendeten Darstellungsmöglichkeiten für eigene visuelle Repräsentationen (teilweise leicht angepasst) übernehmen. In schriftlichen Erklärungen der Schüler:innen sind viele aus naturwissenschaftlicher Sicht angemessene Vorstellungen zu finden, allerdings kommen auch immer wieder reflexionsbasierte Erklärungen vor, die Prozesse wie die Strahlungsumwandlung ausklammern.

Diskussion und Ausblick

Die Auswertung der Workshops zeigt, dass die teilnehmenden Schüler:innen die angebotenen visuellen Repräsentationen insofern akzeptieren, dass sie sie etwa für eigene Darstellungen verwenden. Als besonders herausfordernd wurde die Überwindung von reflexionsbasierten Ideen identifiziert. Um detailliertere Einblicke in die Interaktion der Schüler:innen mit dem Lernarrangement zu erhalten, die Ergebnisse der Workshops und der Vorbefragung zu triangulieren und weitere Hürden, Herausforderungen und Potenziale zu identifizieren, werden im nächsten Schritt die Akzeptanzbefragungen mittels Qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Anschließend werden auf Basis der Ergebnisse der Workshops und der Akzeptanzbefragungen die Designannahmen und -kriterien überarbeitet und das Lernarrangement entsprechend angepasst. So wird etwa das Augenmerk auf die Vermeidung reflexionsbasierter Ideen verstärkt.

Literatur

- Chang, C. H. (2022). *Climate Change Education: Knowing, Doing and Being* (2. Aufl.). London: Routledge
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4., überarbeitete Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Weinheim: Beltz
- Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. *Studies in Science Education*, 54(2), 109–139
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52
- McKenney, S., & Reeves, T. (2019). *Conducting Educational Design Research* (2. Aufl.), Routledge
- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Understanding the Greenhouse Effect by Embodiment-Analysing and Using Students' and Scientists' Conceptual Resources. *International Journal of Science Education*, 36(2), 277–303
- Obczovsky, M., Bernsteiner, A., Haagen-Schützenhöfer, C., & Schubatzky T. (2024): Systematizing Decisions in Design-based Research: From Theory to Design. *Science Education*, 1-14
- Reinfried, S., & Tempelmann, S. (2014). The impact of secondary school students' preconceptions on the evolution of their mental models of the greenhouse effect and global warming. *International Journal of Science Education*, 36(2), 304–333
- Sandoval, W., & Bell, P. (2004). Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction. *Educational Psychologist* 39(4), 199-201
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Jedamski, M., Lindemann, H., & Cardinal, K. (2023). Entwicklung des Concept-Inventory CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 29 (1), 10
- 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 (Eds.). *Teaching and learning about climate change. A framework for educators*. New York: Routledge
- USGCRP (2009). *Climate Literacy. The Essential Principles of Climate Science*. <https://www.globalchange.gov/reports/climate-literacy-essential-principles-climate-science-0>
- Wiesner, H., & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten. In R. Duit & C. von Rhöneck (Eds.). *Lernen in den Naturwissenschaften: Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg* (250-274). IPN
- 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*, 1-53