

Sarah Wildbichler<sup>1</sup>  
Thomas Schubatzky<sup>1</sup>  
Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Innsbruck  
<sup>2</sup>Universität Graz

## **Forschungsgeleitete Entwicklung einer Lernumgebung zum Treibhauseffekt**

### **Hintergrund**

Der anthropogene Klimawandel verursacht bereits heute negative Auswirkungen auf Mensch und Natur. Um die Welt in Zukunft gerecht und nachhaltig zu gestalten, sind größere Anstrengungen in den Bereichen Mitigation und Adaption notwendig (IPCC, 2022). Klimabildung nimmt hier die wichtige Rolle ein, Menschen u.a. durch Wissensaufbau zu verantwortungsvollem Handeln zu ermächtigen (UNESCO, 2022) und bildet somit einen Baustein im Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels (Chang, 2022). Ein konzeptuelles Verständnis des Klimawandels ist dabei eine wichtige Voraussetzung, um den Einfluss eigener Handlungen zu verstehen (Chang, 2022). Obwohl Wissen nicht automatisch zu Handlungen führt (Kennedy et al., 2009) und Verhaltensentscheidungen auch von anderen Faktoren beeinflusst werden (Bofferding & Kloser, 2015), zeigen Forschungsergebnisse von Bord et al. (2000), dass ein naturwissenschaftliches Verständnis der Ursachen des Klimawandels die Unterstützung der Öffentlichkeit für wirksame Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels beeinflusst. Die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels müssen daher bereits im Pflichtschulbereich thematisiert werden, um alle Schüler:innen im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu erreichen.

### **Forschungsinteresse und Zielsetzung**

Der Treibhauseffekt ist ein zentrales Konzept für das Verständnis des Klimawandels (Schubatzky et al., 2023). Eine systematische Literaturanalyse (Wildbichler et al., eingereicht) zeigt, dass es zum Treibhauseffekt vielfältige Schülervorstellungen gibt, die häufig nicht der naturwissenschaftlichen Sichtweise entsprechen. Diese sollten im Unterricht zu angemessenen Vorstellungen weiterentwickelt werden, um einem drohenden Kreislauf aus mangelndem Wissen und Inaktivität (Chang, 2022) entgegenzuwirken. Die Fragestellung, die wir in diesem Projekt insgesamt untersuchen möchten, lautet daher:

*Wie kann das Thema Treibhauseffekt am Ende der Sekundarstufe I lernwirksam unterrichtet werden?*

Neben der Entwicklung einer lernwirksamen Lehr-Lernumgebung gilt unser Bestreben der Weiterentwicklung domänenspezifischer Lehr-Lerntheorien. Als Grundlage dafür dienen Untersuchungen zu Lernprozessen zum Treibhauseffekt (z.B. Niebert & Gropengießer, 2014; Reinfried & Tempelmann, 2014) sowie domänenspezifische Lehr-Lerntheorien zur Strahlenoptik (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) und zur elektromagnetischen Strahlung (Zloklikovits & Hopf, 2021).

### **Systematische Analyse der Schülervorstellungen**

Im Sinne der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) werden die Voraussetzungen der Lernenden bei der Lernumgebungsentwicklung besonders berücksichtigt. Dazu zählen die bereits erwähnten vielfältigen Schülervorstellungen zum Treibhauseffekt. Daher wurde vorbereitend ein Systematischer Review über Schülervorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels (Wildbichler et al., eingereicht)

durchgeführt. Die Vorgangsweise orientiert sich an den PRISMA-Guidelines (Page et al., 2021) und früheren Reviews mit ähnlichem Themenfokus (z.B. Bhattacharya et al., 2021). In der analysierten Literatur werden Schülervorstellungen über die Mechanismen des Treibhauseffekts, über die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien und naturwissenschaftlichen Konzepte, wie zum Beispiel elektromagnetische Strahlung, über Treibhausgase, über den natürlichen und den verstärkten Treibhauseffekt, über Auswirkungen des Treibhauseffekts, sowie eine generelle Verwechslung des Treibhauseffekts mit anderen Phänomenen beschrieben. In Abb. 1 werden beispielhaft die Ergebnisse des Reviews zu Kategorien von Schülervorstellungen über die Mechanismen des Treibhauseffekts dargestellt.

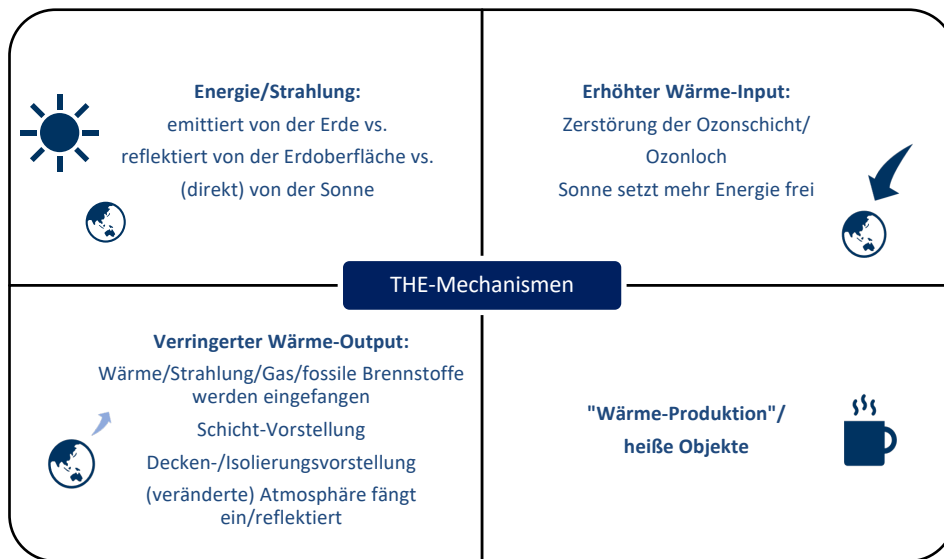


Abb. 1: Kategorien von Schülervorstellungen über die Mechanismen des Treibhauseffekts.

In der analysierten Literatur wird berichtet, dass es unterschiedliche Schülervorstellungen zur Herkunft der Energie oder Strahlung gibt, die für den Treibhauseffekt verantwortlich ist. Zu diesen Vorstellungen gehört die aus naturwissenschaftlicher Sicht korrekte Beschreibung, dass die Energie oder Strahlung von der Erde emittiert wird. Allerdings werden auch Vorstellungen beschrieben, nach denen die Energie oder Strahlung von der Erde reflektiert wird oder direkt von der Sonne kommt. Der Gesamtprozess des Treibhauseffekts wird laut der analysierten Literatur entweder als erhöhter Wärme-Input, als verringerter Wärme-Output oder als „Wärme-Produktion“ beschrieben. Der erhöhte Wärme-Input entsteht entweder durch die Zerstörung der Ozonschicht oder das Ozonloch, mit der Folge, dass mehr Strahlung auf die Erdoberfläche gelangt, oder durch eine verstärkte Energiefreisetzung durch die Sonne. Der verringerte Wärme-Output entsteht durch das Einfangen von Wärme, Strahlung, Gasen oder fossilen Brennstoffen durch eine distinkte Schicht in der Atmosphäre, durch eine Art Decke oder Isolierung aus Treibhausgasen, oder durch die (gegebenenfalls veränderte) Atmosphäre generell. Die Vorstellung der „Wärme-Produktion“ beschreibt eine Erwärmung der Erde und/oder ihrer Atmosphäre durch heiße Objekte wie Fabriken oder Autoabgase (Wildbichler et al., eingereicht).

### **Ausblick: Methodische Vorgangsweise und Design der Lernumgebung**

Die Entwicklung der Lehr-Lernumgebung erfolgt im Rahmen eines Design-Based Research-Ansatzes (Bakker, 2018). Dafür werden zunächst theoriegestützte Annahmen über Lehr-Lernprozesse zum Treibhauseffekt entwickelt, die im Folgenden als Design-Annahmen (Bernsteiner et al., 2023) bezeichnet werden. Daraus werden Designkriterien abgeleitet, auf deren Basis wiederum Design-Entscheidungen für die Entwicklung der Lehr-Lernumgebung getroffen werden (Bernsteiner et al., 2023).

Beispielhaft werden im Folgenden zwei Design-Annahmen sowie daraus abgeleitete Design-Kriterien vorgestellt. Eine lerntheoretische Design-Annahme ist, dass im Sinne der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) die Voraussetzungen der Lernenden bei der Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen maßgeblich sind. Daraus leiten wir unter anderem das Design-Kriterium ab, dass aus der Literatur bekannte Schülervorstellungen, welche im Systematischen Review analysiert wurden, eine Grundlage der Lernumgebungsentwicklung darstellen. Eine domänenspezifische Design-Annahme ist, dass der Treibhauseffekt für Schüler:innen abstrakt ist, da sich die zugrundeliegenden Phänomene im Mikro- und Makrokosmos abspielen, unsere Erfahrungen sich aber auf den Mesokosmos beziehen (Niebert & Gropengießer, 2014). Aus den beiden genannten Design-Annahmen leiten wir weitere Design-Kriterien ab, etwa dass Lerngelegenheiten bildliche Darstellungen und Analogieexperimente beinhalten und deren modellhaften Charakter reflektieren, oder dass in den Lerngelegenheiten die Vorstellungen der Schüler:innen wiederholt abgeglichen und reflektiert werden. Weitere Design-Annahmen beziehen sich unter anderem auf Faktoren, die den Lernerfolg unterstützen, wie adaptiven Unterricht (Parsons et al., 2018) oder Peer-Interaktionen (Tenenbaum et al., 2020), oder auf lokale Lehr-Lerntheorien in anderen Domänen (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020; Zloklikovits & Hopf, 2021).

Aktuell wird die Lehr-Lernumgebung auf Grundlage der beschriebenen sowie weiterer Design-Annahmen und Design-Kriterien entwickelt. Im nächsten Schritt sollen im Rahmen von Akzeptanzbefragungen (Wiesner & Wodzinski, 1996) Lernprozesse einzelner Schüler:innen beim Durchlaufen der Erstversion der Lehr-Lernumgebung untersucht werden. Die Aufzeichnungen der Akzeptanzbefragungen werden anschließend mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) analysiert. Darauf folgen weitere Design-Zyklen, in denen die Lehr-Lernumgebungen auf Grundlage der Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen überarbeitet und anschließend erneut im Rahmen weiterer Akzeptanzbefragungen erprobt wird.

### **Literatur**

- Bakker, A. (2018). *Design research in education: A practical guide for early career researchers*. Oxon, New York: Routledge
- Bernsteiner, A., Haagen-Schützenhöfer, C., Spitzer, P., & Schubatzky, T. (2023). Entwicklung und Beforschung einer Lehrveranstaltung zu Physical Computing mit Arduino in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung. *Progress in Science Education*, 6(2), 63-90
- Bhattacharya, D., Carroll Steward, K., & Forbes, C. T. (2021). Empirical research on K-16 climate education: A systematic review of the literature. *Journal of Geoscience Education*, 69(3), 223–247
- Bord, R. J., O'Connor, R. E., & Fisher, A. (2000). In what sense does the public need to understand global climate change? *Public Understanding of Science*, 9(3), 205–218
- Chang, C. H. (2022): *Climate Change Education: Knowing, Doing and Being* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Routledge

- Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2020): Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research* 16(2), 020152
- IPCC (2022): *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge, New York: Cambridge University Press
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion — eine praktische Theorie. In D. Krüger (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biomedizinischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer, 93-104
- Kennedy, E. H., Beckley, T. M., McFarlane, B. L., & Nadeau, S. (2009). Why We Don't "Walk the Talk": Understanding the Environmental Values/Behaviour Gap in Canada. *Human Ecology Review*, 16(2), 151–160
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4<sup>th</sup> ed.). Weinheim, Basel: Beltz
- 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
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 89
- Parsons, S. A., Vaughn, M., Scales, R. Q., Gallagher, M. A., Parsons, A. W., Davis, S. G., Pierczynski, M., & Allen, M. (2018). Teachers' Instructional Adaptations: A Research Synthesis. *Review of Educational Research*, 88(2), 205–242
- 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
- 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(10),
- Tenenbaum, H. R., Winstone, N. E., Leman, P. J., & Avery, R. E. (2020). How effective is peer interaction in facilitating learning? A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 112(7), 1303–1319
- UNESCO (2022). *Climate change education*. <https://www.unesco.org/en/education/sustainable-development/climate-change>
- Wiesner, H., & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *IPN: Bd. 151. Lernen in den Naturwissenschaften: Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg*. Kiel: IPN, 250-274
- Wildbichler, S., Schubatzky, T. & Haagen-Schützenhöfer, C. (eingereicht): Students' ideas about the scientific underpinnings of climate change: A systematic review of the literature
- Zloklikovits, S., & Hopf, M. (2021): Evaluating key ideas for teaching electromagnetic radiation. *Journal of Physics: Conference Series* 1929, 012063