

Experimentieren zum Treibhauseffekt Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung für den Physikunterricht

Motivation und Befunde

Aufgrund der Verankerung der Klimaphysik in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss wird die Klimaphysik zukünftig vermehrt in den Bildungsplänen der Bundesländer zu finden sein (Kultusministerkonferenz, 2024). In Sachsen-Anhalt – wie auch in einigen anderen Bundesländern – ist sie bereits Bestandteil des Curriculums der Klassenstufe 10 an Gymnasien. Allerdings stehen bisher kaum evaluierte Materialien für den Unterricht zur Verfügung. Der Treibhauseffekt stellt einen zentralen Aspekt dar, wenn es darum geht die Auswirkung menschenverursachter Treibhausgasemissionen zu verstehen. Obwohl die Wirkung von Treibhausgasen in der Atmosphäre bereits seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts experimentell belegt ist (Foote, 1856, Tyndall, 1861), wird die Existenz des Klimawandels in der aktuellen Gesellschaft von einer kleinen, aber präsenten Minderheit angezweifelt oder geleugnet. Eine mögliche Ursache wird in der Unwissenheit über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung vermutet (Bathiany & Egerer, 2021). Damit naturwissenschaftliche Argumente im Zusammenhang mit dem Klimawandel nachvollzogen, eingeschätzt und generiert werden können und um gesellschaftliche und politische Entscheidungsprozesse nachvollziehen und daran teilhaben zu können (Höttecke & Hopf, 2014), bedarf es Wissens über die Natur der Naturwissenschaften.

Im Rahmen eines Promotionsprojektes sollen deshalb sowohl Vorstellungen über den Treibhauseffekt als auch über naturwissenschaftliches Experimentieren und Modellieren als mögliche Lernausgangslagen erfasst werden. Daran anknüpfend werden experimentelle Lernumgebungen entwickelt und hinsichtlich der induzierten Lernprozesse untersucht.

Schüler:innenvorstellungen zum Treibhauseffekt

Die Befundlage zu Schüler:innenvorstellungen im Bereich des Klimawandels ist vergleichsweise umfassend und zeigt speziell zum Treibhauseffekt unterschiedliche und aus fachlicher Sicht unangemessene Vorstellungsausprägungen (u.a. Niebert, 2010; Schubatzky et al., 2023). Zu diesen gehört die Vorstellung einer Ozonschicht, die durch Treibhausgase geschädigt wird (= Ozonloch) und dadurch einen erhöhten Einfall von Sonnenstrahlung zulässt. Eine weitere Vorstellung geht davon aus, dass die vom Menschen emittierten Treibhausgase eine Schicht bilden und das Entweichen von Strahlung verhindern. Außerdem wird die Wechselwirkung von Treibhausgasen und elektromagnetischer Strahlung im Bereich des sichtbaren Lichts vermutet, wodurch das Aussenden infraroter Strahlung durch die Erdoberfläche und deren Wechselwirkung mit Treibhausgasen unberücksichtigt bleiben.

Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren und Modellieren sind speziell im Kontext der Klimaphysik nicht erforscht. Relevant könnten hier insbesondere allgemeine Vorstellungen zur Datengewinnung sein, die auf die Klimaforschung übertragen werden. Dazu gehört das Point-Verständnis, in dem die Interpretation eines einzelnen Werts als wahrer Wert vorgenommen wird (Höttecke & Hopf, 2018). Ebenso werden die Arbeitsprozeduren als Ausprobieren und Herausfinden verstanden und es zeigt sich ein weniger angemessenes

Verständnis bezogen auf das systematische Überprüfen von Variablen und Parametern (Höttecke & Hopf, 2018). Zusammenfassend wird die Befundlage zu Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren und Modellieren so eingeschätzt, dass diese in einem ersten Untersuchungsschritt zunächst erhoben werden müssen.

Literaturanalyse zu experimentellen Zugängen zum Treibhauseffekt

Im Folgenden werden zwei experimentelle Zugänge zum Treibhauseffekt vorgestellt: die Absorptionsmessung und die Transmissionsmessung.

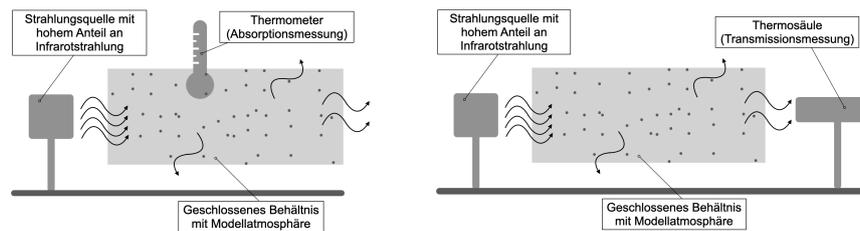


Abb. 1: Versuchsanordnung zur Absorptionsmessung (links) und Transmissionsmessung (rechts) des Treibhauseffekts

Das Versuchsprinzip der Absorptionsmessung besteht darin, eine Modellatmosphäre mit Infrarotstrahlung zu bestrahlen (u.a. Scorza et al., 2021). Bezüglich der Realebene stellt der Versuch die emittierte Strahlung der Erde im Infrarotbereich sowie die Wechselwirkung dieser Strahlung mit Treibhausgasen und deren Einfluss auf die Temperatur der Erde modellhaft dar. Die Temperatur in der Modellatmosphäre wird dazu bis zum Einstellen einer Gleichgewichtstemperatur gemessen. Anschließend wird CO₂-Gas in die Modellatmosphäre geleitet ($\hat{=}$ anthropogene Treibhausgasemissionen) und die Temperatur erneut bis zum Einstellen einer Gleichgewichtstemperatur gemessen.

Bei der Transmissionsmessung wird die Modellatmosphäre ebenfalls mit Infrarotstrahlung bestrahlt. Allerdings wird hier die Thermospannung als Maß für die durchdringende Infrarotstrahlung nach Passieren der Modellatmosphäre gemessen. Im zweiten Schritt können verschiedene Treibhausgase in das Behältnis geleitet werden, sodass sich in Abhängigkeit von deren Treibhauspotential die durch die Thermosäule messbare Thermospannung ändert (Specht & Sokolowski, 2021).

Bei beiden Versuchsprinzipien kann ein Bezug zur Geschichte der Erkenntnisgewinnung über die Einordnung der Versuche in die Historie der Klimaforschung hergestellt werden: Eunice Foote untersuchte 1856 mittels einer Absorptionsmessung den Einfluss von Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und CO₂-Gehalt auf die Temperatur innerhalb geschlossener Glasröhren bei Bestrahlung mit Sonnenstrahlung (Foote, 1856). Zusätzlich führte sie Referenzmessungen mit Luft, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff durch. John Tyndall beschrieb 1861 das Verhalten von CO₂ und Wasserdampf bei Bestrahlung mit Infrarotstrahlung (Tyndall, 1861). Dafür maß er mithilfe eines Bolometers die durch die Modellatmosphäre dringende Strahlung und konnte nachweisen, dass Treibhausgase infrarote Strahlung absorbieren.

Aus Nature of Science-Perspektive können die beiden Versuchsprinzipien als evolutionär, d.h. historisch und in einem möglichen Unterrichtsgang als aufeinander aufbauend verstanden werden (Ertl, 2010). Aufgrund der vergleichsweise einfachen Versuchsanordnungen könnte

eine Auseinandersetzung mit den Versuchen positiv zum Verstehen naturwissenschaftlichen Experimentierens beitragen.

Forschungsfragen und geplantes Vorgehen

Das Forschungsvorhaben folgt dem Design-Based-Research Ansatz, da sowohl systematisch wirksame Lernumgebungen entwickelt, als auch ein Beitrag zur Grundlagenforschung geleistet werden soll (u. a. Wilhelm & Hopf, 2014).

Ausgehend der Analyse von Experimenten zum Treibhauseffekt aus fachlicher und fachdidaktischer Perspektive wird ein materialgestütztes experimentelles Setting entwickelt, das sowohl eine fachliche Auseinandersetzung mit dem Treibhauseffekt, als auch ausgewählte Aspekte von Nature of Science umfasst. Inhaltliche Anknüpfungspunkte werden zum Fachlehrplan für Physik an Gymnasien in Sachsen-Anhalt hergestellt.

Zudem sollen empirische Erkenntnisse zu Schüler:innenvorstellungen zum Experimentieren und zum Treibhauseffekt erweitert und deren Veränderung im Lernprozess untersucht werden. Angedacht ist ein Untersuchungssetting, in dem in Anlehnung an teaching experiments die entwickelten Materialien zunächst unter Anleitung in Kleingruppen eingesetzt werden (Lamb & Geiger, 2012). Die Bearbeitung der Lernumgebung wird videografiert, zusätzlich werden ggf. Interviews durchgeführt. Die Video- und Interviewdaten werden qualitativ ausgewertet. Folgende vorläufige Forschungsfragen sollen damit beantwortet werden:

FF1: Wie verändern sich (Vor-)Wissen und Schüler:innenvorstellungen zum Treibhauseffekt (im Sinne von Lernpfaden) in einem lernmaterialgestützten experimentellen Setting?

FF2: Welche Designkriterien tragen dazu bei, dass eine experimentelle Lernumgebung ein Lernen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Bereich der Klimaphysik anregen kann?

FF3: Inwiefern hängen das Verständnis von naturwissenschaftlicher Modellbildung und Vorstellungen zum Treibhauseffekt zusammen?

Ausblick

Im nächsten Schritt des Promotionsvorhabens sollen Vorstellungen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und Modellbildung im Kontext der Klimaphysik erhoben werden und in die Entwicklung einer Lernumgebung entlang ausgewählter Designkriterien eingehen. Die Ergebnisse von deren Evaluation werden im Rahmen des Re-Designs der Lernumgebung mit Blick auf das Verständnis naturwissenschaftlichen Experimentierens und Modellierens aufgegriffen.

Literatur

- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521
- Bathiany, S. & Egerer, S. (2021). Die Berechnung der Welt. Wie Klimawissenschaftler und wissenschaftlerinnen arbeiten und woher sie wissen, dass der Mensch das Klima verändert. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 183/184 (32), S. 13-17.
- Ertl, D. (2010). The Nature of Science. *Plus Lucis* (17), S. 5-7.
- Foote, E. (1856). On the heat in the sun's rays. *The American Journal of Science and Arts*, 22, 382-383.
- Haagen-Schützenhöfer, C., Obczovsky, M., & Kislinger, P. (2024). Design-based research–Tension between practical relevance and knowledge generation–What can we learn from projects? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1)
- Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. In: Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin: Springer.
- Kultusministerkonferenz (2024). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik (MSA).
- Lamb, J. & Geiger, V. (2012). Teaching Experiments and Professional Learning. In: Seel, N.M. (Hrsg.) *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Bosten: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1017
- Niebert, K. (2010). Den Klimawandel verstehen: eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung (Dissertation). Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg.
- Schubatzky, T. et al. (2023). Entwicklung eines Concept-Inventary CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 29 (10), S. 1-23.
- Scorza, C., Lesch, H., Strähle, M. & Sörgel, D. (2022) *Der Klimawandel: verstehen und handeln*. München Fakultät für Physik LMU
- Specht, M. & Sokolowski, M. (2021). Absorption von Wärmestrahlung durch CO₂. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*. 186 (32)
- Tyndall, J. (1861). On the absorption and radiation of heat by gases and vapours and on the physical connexion of radiation, absorption and conduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 151, 1-36
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), *Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Heidelberg: Springer. S. 31-42