

Labs4Future

Kristallisationskeim für Lehren und Lernen zur Klimakrise

*Jonathan Grothaus, Markus Elsholz, Katja Weirauch, Sabine Gerstner,
Ekkehard Geidel, Martin Hennecke, Hans-Stefan Siller & Thomas Trefzger*

Das Forschungs- und Lehr-Projekt Labs4Future soll sowohl angehende Lehrkräfte wie auch Schülerinnen und Schüler zur Bewertung der Effektivität von Klimaschutzmaßnahmen befähigen und die Bereitschaft zum entsprechenden effektiven Handeln schaffen. Ziel ist die Förderung von Handlungskompetenz im Sinne des Orientierungsrahmens für den Lernbereich Globale Entwicklung: „Oft ist zwischen verschiedenen Handlungsweisen bewusst zu wählen, Normen- und Interessenkonflikte sind zu klären, und die direkten und indirekten Folgen von Handlungen abzuschätzen“ (Schreiber & Siege, 2016, S. 92). Zur Vermittlung dieser Kompetenzfacetten müssen diese insbesondere auch bei Lehrpersonen aufgebaut werden, wozu die Curricula der Lehrpersonenbildung einen substanziellen Beitrag leisten können und müssen, wie z. B. im nationalen Aktionsplan ‚Bildung für Nachhaltige Entwicklung‘ gefordert (BMBF, 2017).

Für die Akzeptanz von strukturellen Maßnahmen gegen den Klimawandel, die Motivation zu politischer und gesellschaftlicher Partizipation bzw. zur Änderung eigenen Verhaltens ist das Wissen um die Grundlagen der Klimaproblematik zwar notwendig, aber nicht hinreichend (Kollmuss & Agyeman, 2010). Fachlehrpläne (am Beispiel des Fachs Physik: Landesinstitut für Schule Bremen, 2020; ISB, 2023) oder Materialsammlungen wie das Klimakoffer-Projekt (Scorza et al., 2021) strukturieren das Lernen zum Themenkomplex Klimakrise als distanzierte und losgelöste Beschreibung der Sachverhalte (‚anthropogener Treibhauseffekt‘, ‚Klimawandel‘). Eine daran anschließende Bewertung der Effektivität struktureller und verhaltensbedingter Maßnahmen zur Lösung der Krise findet oftmals nur rudimentär statt. Vor allem fehlt ein empirisch belegtes und umweltsychologisch fundiertes didaktisches Vermittlungskonzept, das den Verbindungsprozess von Wissen und Handeln strukturiert und die Passung vorhandener Ansätze (Sach et al., 2021a; Bauer et al., 2023; Eilks et al., 2011) mit Handlungstheorien ermöglicht. Im Projekt Labs4Future wird daher eine Abkehr vom Informations-Defizit-Modell zugunsten einer Adressierung von umweltsycho-

logischen Verhaltensdeterminanten in Verbindung mit der Wissensvermittlung praktiziert.

Für das gleichnamige Schülerlabor Labs4Future und die universitäre Lehrerbildung wurde eine Reihe von Umsetzungen entwickelt (Grothaus et al., 2024a; Grothaus et al., 2024b). Der vorliegende Beitrag skizziert knapp das zugrunde liegende didaktische Framework Lessons4Action, insbesondere die integrierten umweltspsychologischen Aspekte. Anschließend folgen die Darstellungen des darauf aufbauenden Seminar- und Schülerlaborkonzepts sowie des methodischen Bausteins ‚Treibhaustaler‘ (THT). Bei den THT handelt es sich um Flächenrepräsentationen der individuellen (Treibhausgas-)Emissionen eines Tages. Diese Methode wirft im ersten Blick den Fokus auf die individuellen Aspekte von Handeln, auf den zweiten Blick wird aber klar, dass für die meisten Handlungsaspekte strukturelle Veränderungen vorangetrieben werden müssen.

1. Projekt Labs4Future

1.1 Didaktisches Framework

Wie können die Prozesse, die zum anthropogenen Klimawandel führen, so unterrichtet werden, dass dieses Systemwissen anschließend mit effektiven Handlungsoptionen verknüpft wird? Das Framework *Lessons4Action* (Abbildung 1) integriert entsprechende Befunde aus Umweltspsychologie, Soziologie und Kommunikationsforschung und stellt die theoretische Grundlage für die Materialentwicklung und Planung von Bildungsprozessen im *Labs4Future*-Projekt dar.

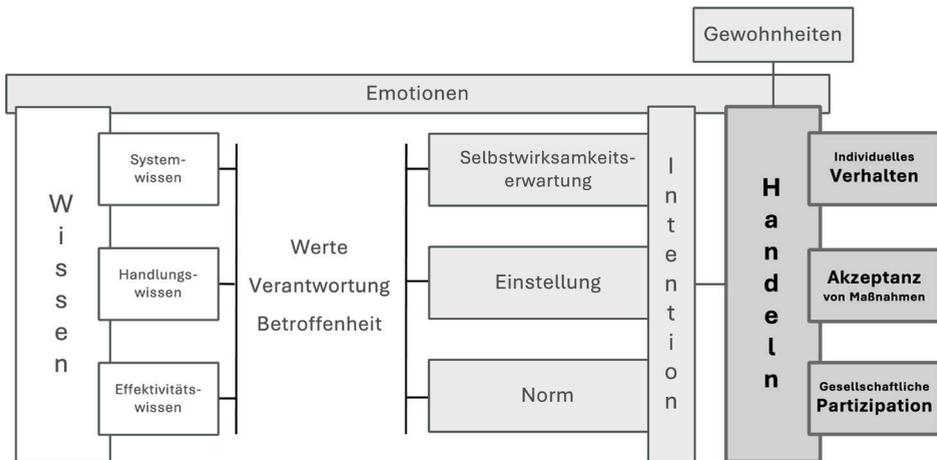


Abb. 1: Lessons4Action Framework. Zentrale psychologische Konstrukte zur Adressierung von Umwelthandeln in Bildungsprozessen.

1.1.1 Wissensfacetten

Eine mögliche Aufteilung von Wissen (in Abbildung 1, links) zum Themenfeld Umwelthandeln erfolgt nach Roczen et al. (2014): (Erd-)Systemwissen bezieht sich auf die (Wechsel-)Wirkungen im Erdsystem, d. h., wie einzelne Phänomene auftreten und wie sie in Rückkopplungsschleifen zusammenwirken und sich gegenseitig verstärken. Handlungswissen betrifft die verfügbaren Verhaltensoptionen auf individueller und gesellschaftlicher Ebene, das Effektivitätswissen bewertet die verschiedenen Optionen auf Grundlage der damit verbundenen Treibhausgasemissionen.

1.1.2 Der Transfer vom Wissen zum Handeln

Die Stärke des zugrunde liegenden Handlungsmodells (Abbildung 1) resultiert aus der Berücksichtigung zentraler Konstrukte, die Handlungsintentionen direkt beeinflussen. Handeln hat in diesem Modell eine individuelle und gesellschaftliche bzw. strukturelle Komponente, die sich in individueller Handlungsbereitschaft, in gesellschaftlicher Partizipation und in Akzeptanz von strukturellen Maßnahmen ausdrückt (PACE, 2023).

Ausgehend von einem ‚klassischen‘ Vermittlungsprozess der drei Wissensfacetten integriert das Modell umweltpsychologische Handlungstheorien (Bamberg & Möser, 2007; Klöckner, 2013). Die Intention zum Handeln wird von drei zentralen Konstrukten bestimmt: Selbstwirksamkeitserwartung, Einstellungen und Normen. Die Verbindung von Wissen mit diesen verhaltensnahen Konstrukten wird von einer Vielzahl verschiedener Konstrukte moderiert – darunter Werte, Verantwortung und Betroffenheit.

Emotionen wie Angst oder Bedrohung nehmen eine Sonderrolle ein: Sie können einerseits hemmend für Intentionen sein, z. B. wenn Menschen in eine Unterdrückungs- bzw. Ablenkungsstrategie verfallen, andererseits auch ein Antrieb, sich des Problems anzunehmen (Kapeller & Jäger, 2020). Alle bisher beschriebenen Konstrukte führen auf die Handlungsintentionen hin: Um eine Intention in die Tat umzusetzen, muss eine (subjektive) Abwägung zwischen Nutzen und Kosten solcher Handlungen zugunsten der Vorteile ausfallen (Ajzen, 1991; Bamberg & Möser, 2007). Anders verhält es sich mit Gewohnheiten: Diese sind als einzige direkt mit dem Handeln verbunden, denn sie sind aus bereits abgelaufenen und nicht mehr hinterfragten Abwägungsprozessen entstanden (Klöckner, 2013). Die eingangs genannten drei Manifestationen von Handeln (Partizipation, Verhalten, Akzeptanz) werden durch die verschiedenen Variablen mitbestimmt. Die psychologische Theorie spricht dafür, dass sich durch die gezielte (Mit-)Adressierung dieser Aspekte in Bildungsprozessen die Verbindung von Wissen und Handeln stärken lässt.

1.2 Lehr-Lern-Labor Labs4Future

Das außerschulische Lehr-Lern-Labor *Labs4Future* ist der Versuch einer didaktischen Umsetzung des Frameworks und damit seiner Implementierung in die Praxis. Auf Ebene der Hochschule ist Labs4Future sowohl Forschungsgegenstand als auch (im Lehr-Lern-Labor-Format) Erprobungsfeld für Lernmaterial, das Lehramtsstudierende z. B. im weiter unten beschriebenen Seminar *Zur Klimakrise lehren* entwickeln.

Labs4Future ist für Jugendliche im Alter ab 15 Jahren, üblicherweise Schulklassen aller weiterführenden Schularten, konzipiert. Das Schülerlabor findet an zwei Tagen zu je 6 Zeitstunden im Mathematischen, Informatischen und Naturwissenschaftlichen Didaktikzentrum (M!ND) der Universität Würzburg statt. Der erste Tag ist dem (Erd-)Systemwissen gewidmet, der zweite Tag dem Handlungs- und Effektivitätswissen. Zu einer Übersicht zum gesamten Schülerlabor, und einer Beschreibung wie wir darin das Lessons4Action Framework realisieren, siehe Grothaus et al. (2024b).

Das Lehr-Lern-Labor wird von je drei Lehramtsstudierenden betreut, die die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Lernstationen unterstützen. Das Konzept dieses Lehr-Lern-Labors wurde im Jahr 2022 entwickelt und wird seitdem fortlaufend erprobt und iterativ adaptiert.

1.3 Seminarkonzept „Zur Klimakrise lehren: zwischen Zynismus, Apokalypse und Lastenfahrrad“

Das hier dargelegte Seminarkonzept hat zum Ziel, das eingangs vertretene Unterrichtsparadigma mit Fokussierung auf effektives Handeln auf individueller und struktureller Ebene (siehe dazu *Lessons4Action* Framework) in der Lehrkräftebildung zu verankern. Durch die Verortung im fächerübergreifenden Bereich aller Lehramtsstudiengänge sind die Voraussetzungen der Teilnehmenden sehr heterogen u. a. in Bezug auf Fachexpertise, Schulart oder vorherige z. T. aktivistische Beschäftigung mit dem Thema.

Konzeptionell bedient das Seminar den Dreischritt: (1) Fachinhaltliche Grundlagen schaffen, (2) fachdidaktische Handlungsoptionen kennenlernen, anwenden und bewerten, um schließlich (3) einerseits die Kompetenz zu erlangen, Unterricht unter Berücksichtigung umweltpsychologischer Gesichtspunkte zu planen und andererseits die Rolle als Lehrkraft (inkl. der eigenen Überzeugungen und Werthaltungen zur Klimakrise) zu reflektieren (Hermans, 2016).

Das Lessons4Action-Framework wird in der ersten Seminarsitzung vorgestellt, denn es bildet den Rahmen des Seminars und ist gleichzeitig Reflexionsleitfaden: Die fachinhaltlichen Grundlagen des Seminars entsprechen daher den Wissensfacetten des Frameworks. Weiterhin werden im Seminarablauf die selbst durchlaufenen Lerngelegenheiten, z. B. das Mystery zum Systemwissen, hinsichtlich ihres Beitrags zur Handlungskompetenz reflektiert.

Der Ablauf des Seminars wird in Tabelle 1 skizziert: Die Studierenden erarbeiten sich anfangs die fachlichen Grundlagen anhand von Stationen aus dem Schülerlabor,

Tab. 1: Ablauf des Seminars in 12 Einheiten à 90 Minuten.

Struktur	Inhalte/Ziele
Einführung	
Einführung Framework: Überblick	<ul style="list-style-type: none"> • Klärung der Rahmenbedingungen und Arbeitsstrukturen. • Etablieren von Diskussionskultur im Seminar, Grundansatz des Hinterfragens von Bildungs- und gesellschaftlicher Praxis.
Systemwissen	
Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Phänomene des Treibhauseffekts: Albedo, Transmission von Infrarot durch Treibhausgase Butan/Propan, Wirkweise von CO₂ in Atmosphäre. • Zyklische Zusammenhänge und Kippunkte: Meereis-Rückkopplung.
Literatur: Folgen der Klimakrise	<ul style="list-style-type: none"> • Literatur: DKK (2021); Schönbein et al. (2020). • Attributionsforschung, Veränderungen vor Ort, Zeitverzögerung von Emissionsfolgen, persönliche Betroffenheit. • 1,5°C- vs. 2°C-Welt, Nicht-Linearität der Klimawandelfolgen.
Mysterys (Grothaus et al., 2024b)	<ul style="list-style-type: none"> • Systemische Zusammenhänge. • Verantwortlichkeiten für Problemursache und Problemlösung: Individuum, Gesellschaft/Politik, Globaler Norden.
Didaktische Handlungsoptionen: Framework Lessons4Future	
Herausforderung Bildung zur Klimakrise	<ul style="list-style-type: none"> • Literatur: Klimafakten.de (2023); Michelsen & Fischer (2016); Moser & Dilling (2012). • Dilemmata: Bedrohlichkeit und Überwältigungsverbot. • Fakenews und Debunking-Strategien.
Von der Umweltpsychologie in die Bildung	<ul style="list-style-type: none"> • Literatur: Grothaus et al. (2024a); Sach (2021) oder Hamann et al. (2016). • Übertragbarkeit von Handlungsmodellen in Bildung/Unterricht. • Peer-Feedback von ersten Materialideen anhand umweltpsychologischer Kriterien.
Handlungs- & Effektivitätswissen	
Treibhaustaler (THT)	<ul style="list-style-type: none"> • Exemplarisches Berechnen von Konsum-Treibhaustalern (Referenzrahmen Tag, CO₂e). • Legen des eigenen Tages, Gruppenvergleich. • Rolle von individuellen und strukturellen Handlungsoptionen.
THT: Die Notwendigkeit struktureller Veränderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Einfluss systemischer Voraussetzungen auf Emissionen des Alltags: Züge, Strommix. • Hinterfragen der Methode Treibhaustaler: Systemgrenzen, Datengrundlage, Mehrdeutigkeit.
Utopiedenken	<ul style="list-style-type: none"> • Hinterfragen von gesellschaftlichen Gewohnheiten und Pfad-Abhängigkeiten. • Entwicklung und Vorstellung von strukturell nötigen Veränderungen. • Übertragbarkeit und persönliche Rolle bei Realisierung der Ideen.
Eigenständiges Anwenden und Übertragen in Lehrkontexte	
Selbstständige Materialentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Individuelles oder gruppenweise Entwickeln von eigenen Informations- oder Lernmaterialinhalten mit dem Ziel der Verbindung von Wissen und Handeln.
Generalprobe des Materials und Puffer	<ul style="list-style-type: none"> • Erprobung der entwickelten Materialien mit Schülerinnen und Schülern.

sowie anhand von Literatur zu Kippunkten und zu Klimawandelfolgen. Hinsichtlich der didaktischen Handlungsoptionen wird Literatur zur Herausforderung normativen (BNE-)Unterrichts und zur Umweltpsychologie (Quellen in Tabelle 1) bearbeitet.

Im Anschluss an die Einarbeitung in die didaktische Theorie bestimmt insbesondere der Perspektivwechsel das Seminar: Nach der Bearbeitung der Lernstationen wird ihre Bedeutung für die Verbindung von Wissen mit Handeln reflektiert. Durch ein fortwährendes Hinterfragen der erprobten Materialien und der eigenen Lernfortschritte wird der Transfer der theoretischen Strukturen auf die Planung eigener Lernangebote forciert. Gegen Ende des Seminars steht die Entwicklung eigener Lernmaterialien und deren praktische Erprobung.

2. Treibhaustaler – exemplarische Umsetzung des Frameworks

Die Methode der Treibhaustaler (THT) leitet im Seminarkonzept und im Schülerlabor die Auseinandersetzung mit verschiedenen Formen von effektivem Handeln (Verhalten, Partizipation und Akzeptanz von Maßnahmen) ein. Während sich augenscheinlich Emissionen erst einmal aus reinen Individualentscheidungen ergeben, wird auf den zweiten Blick klar, dass selbst ein „asketisches“ Leben (im Lebenskontext der europäischen Industrienationen) dem 1,5°C-Budget nicht genügen würde. Mehr noch sind praktisch alle Handlungen indirekt von gesellschaftlich bestimmten Entscheidungen bzgl. der Energieressourcen bestimmt. In der Struktur des Handlungsmodells adressieren die THT die Konstrukte Verantwortung, Gewohnheiten und Selbstwirksamkeit: Über die Flächenrepräsentation der Emissionen wird die unterschiedliche Relevanz verschiedener Verhaltensweisen und gesellschaftlicher und individueller Gewohnheiten offenbar. Umweltpsychologisch wird das vor allem durch den Vergleich mit den Pro-Kopf Emissionen anderer Länder (kodierte als Flächenbegrenzungen), bzw. den Flächen der eigenen Peers klar. Die aktivierten moralischen bzw. sozialen Normen erzeugen Betroffenheit und ein Verantwortungsgefühl, das in beiden vorgestellten Bildungskonzepten konstruktiv in die Methode des Utopiedenkens überführt wird (Grothaus et al., 2024b).

2.1 Grundidee: Flächenrepräsentation der Emissionen von Handlungsoptionen

Trotz der generellen Bereitschaft der Öffentlichkeit, Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen und zur Begrenzung der globalen Erwärmung zu ergreifen, haben selbst informierte Menschen Schwierigkeiten, die quantitative Relevanz verschiedener Lebensbereiche zu bewerten (PACE, 2023), und auch Schulbuch-Literatur fokussiert wenig auf effektive Handlungen (Wynes & Nicholas, 2017).

Dies ist besorgniserregend, da die Bereitschaft zum Handeln oft an Aktivitäten verloren geht, die wenig zur Verringerung der Emissionen beitragen. Um dieses Problem zu adressieren, wurde eine Veranschaulichung entwickelt, welche die mit ver-



Abb. 2: Exemplarische Treibhaustaler aus den drei Bereichen Wohnen, Konsum und Mobilität (je bezogen auf einen durchschnittlichen Tag).

schiedenen Handlungen verbundenen Emissionen als Holzplättchen verschiedener Größe darstellt (die Inspiration dafür entstammt der Postkarte der IPU (2022)).

Die Fläche eines solchen sogenannten THT repräsentiert die Menge der ungefähren Tagesemissionen in CO_2 -Äquivalenten (CO_2e), die aus der entsprechenden Handlung resultieren. Die THT sind dabei als Emissionswährung bzw. -schulden zu verstehen. Ausgehend von einem IPCC-Szenario zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf $1,5^\circ\text{C}$ ohne oder mit begrenztem Overshoot (IPCC, 2019, S. 119) ergeben sich 100 THT (bzw. $9,39 \text{ kg CO}_2\text{e}$) als Tagesbudget an Emissionen, die jeder Mensch ab dem Jahr 2030 zur Verfügung hat.

Aus einer Vielzahl an mehr oder weniger aktiv entscheidbaren Verhaltensweisen werden die Emissionen eines Tages gelegt: Von der persönlichen Ernährung über Streaming bis hin zu den Tagesemissionen für Elektrizität oder öffentlichem Leben (d. h. Mülldeponien, öffentliche Gebäude etc.). Die Gesamtübersicht macht deutlich, welche Verhaltensweisen am meisten zu den Emissionen beitragen (im Online-Supplement ist eine Kopiervorlage für alle THT enthalten).

Wichtig ist, dass die Methode nicht als Aufruf zur Individualisierung der Emissionsreduktion missverstanden wird. Viele (wenn auch nicht alle) der emissionsintensiven THT sind vor allem von gesellschaftlichen bzw. strukturellen Bedingungen und Gewohnheiten geprägt. Individuell beeinflussbar sind bspw. die Bereiche Fliegen, Ernährung, Wohnfläche und Konsum. Eine Reduktion in diesen Bereichen ist zwar unerlässlich, aber für ein $1,5^\circ\text{C}$ -Ziel ungenügend. Heizenergiequellen, öffentliche Emissionen, Stromemissionen, die sich auf viele weitere Treibhaustaler auswirken, bestimmen die Gesamtfläche. Nur gesellschaftliche Teilhabe kann die Systembedingungen soweit verändern, dass ein nachhaltiges Leben möglich wird.

2.2 Reflexion der Methode Treibhaustaler

Im Seminar und Schülerlaborkontext werden die THT entlang der drei Bereiche Wohnen, Mobilität und Konsum (inkl. Ernährung) erarbeitet. Thematisiert werden die Datengrundlage zur Berechnung der Talerflächen als auch die Ursachen für die unterschiedlichen Größen sowie strukturelle Abhängigkeiten (z. B. Methan und Lachgas in der Landwirtschaft oder der große Energiebedarf für Raumheizung).

Exemplarisch am Beispiel des Bereichs Mobilität sollen die Grenzen und Ungenauigkeiten der THT diskutiert und der Einfluss struktureller Bedingungen illustriert werden. Grundsätzlich ist es wegen der Komplexität der betrachteten Systeme und der unterschiedlich umfangreichen und zuverlässig verfügbaren Informationen unmöglich, eine exakte Repräsentation der realen Emissionen zu erreichen. Möglich ist aber eine fachlich solide und fundierte Annäherung, besonders im Sinne der relativen Größen zueinander. Dennoch unterliegt die jeweilige Quantifizierung der Emissionen beträchtlichen Ungenauigkeiten, bspw. in der Wahl der Systemgrenzen. Bis zu welchem Systemaspekt die Emissionen einer Handlung zugerechnet werden, ist nicht immer eindeutig: So entstehen bei den Produktionsprozessen der Erdölindustrie beträchtliche Emissionen, die der CO₂e-Bilanz von Fahrzeugen aber meist nicht zugerechnet werden.

Berücksichtigt wurden, wann immer möglich, auch die Emissionen, die die Produktion eines Gegenstandes verursacht: Bei der Produktion und Entsorgung eines exemplarischen (Verbrenner-)Autos entstehen nach Teubler et al. (2018) beispielsweise 8095 kg CO₂e, die auf die Nutzungszeit aufgeteilt werden müssen. Der nationale Strommix bestimmt diese sog. grauen Emissionen durch den Energiebedarf von Industrie und Transport beträchtlich mit. Weiterhin hat hier der ÖPNV einen beträchtlichen Vorteil, weil durch die dauerhafte Nutzung der Fahrzeuge und gute Reparierbarkeit die investierten Emissionen sehr effektiv eingesetzt bzw. aufgeteilt werden.

Aus einer Systematisierung entstehen eine ganze Reihe beachtenswerter Artefakte: Die schlechtere Bilanz von europäischen Regionalzügen im Vergleich mit Schnellzügen (Spreafico & Russo, 2020) kommt bspw. durch eine geringere Auslastung und der Antriebsart (u.a. durch Dieselloks) zustande. Weiterhin hängen die Emissionen stark vom lokalen Strommix ab: 10 km Bahnfahrt auf der Strecke Berlin-Krakau verursachen (anteilig betrieben mit CO₂-intensivem Kohlestrom) ca. 10 THT, auf der Strecke Kopenhagen-Stockholm erzeugen 10 km dagegen nur ca. 0,5 THT (Hacon, 2023).

Die detaillierte Erkundung dieser Artefakte mit den Lernenden erbringt wiederum eine wertvolle Erkenntnis, denn dabei werden die Stellschrauben für eine Transformation klar. Beispielsweise wird im Vergleich des dänisch/schwedischen Zugs mit dem Auto oder E-Auto offensichtlich, dass die Individualmobilität unmöglich so emissionsarm werden kann wie der öffentliche Verkehr.

3. Fazit

Ein gesellschaftlicher Umbau hin zu einer treibhausgasneutralen Gesellschaft erfordert selbstkritische Ehrlichkeit, denn nicht alle kulturellen Gewohnheiten sind mit der Freiheit der zukünftigen Generationen vereinbar. Die präsentierten Ansätze schlagen einen Rahmen vor, um zu einer solchen Transformation beizutragen:

1. Das theoretische Framework zur Planung von Bildungsprozessen, die ein effektives individuelles und gesellschaftliches Handeln anstreben.
2. Das Seminarkonzept und Lehr-Lern-Labor, um in der Lehrkräftebildung die Berücksichtigung umweltpsychologischer Verhaltensdeterminanten zu verankern und einzuüben sowie deren Einbindung in der Bildungspraxis zu erproben.
3. Die Treibhaustaler, um einerseits die Notwendigkeit struktureller Veränderungen für die Reduktion individueller Emissionen hervorzuheben und zum anderen das sowohl im schulischen als auch gesellschaftlichem Bewerten von Maßnahmen unterrepräsentierte Effektivitätsargument zu betonen.

Literatur

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
- Bamberg, S. & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), 14–25.
- Bauer, T., Lohn, T., Best, B. & Schneider, P. (2023). *Erneuerbare Energien zum Verstehen und Mitreden: Unterrichtsmaterialien für die Gymnasialstufe*. https://klimawandel-schule.de/sites/default/files/2023-04/handbuch_erneuerbare_energien_0423_1.pdf
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2017). *Nationaler Aktionsplan. Bildung für Nachhaltige Entwicklung*. https://www.bne-portal.de/bne/shareddocs/downloads/files/nationaler_aktionsplan_bildung-er_nachhaltige_entwicklung_neu.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- DKK – Deutsches Klimakonsortium. (2021). *Was wir heute übers Klima wissen. Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind*. https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publicationen_DKK/basisfakten-klimawandel.pdf
- Eilks, I., Feierabend, T., Hößle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mrochen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.) (2011). *Der Klimawandel vor Gericht – Materialien für den Fach- und Projektunterricht*. Aulis Verlag.
- Grothaus, J., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2024, im Druck). Empowering the next generation to address climate change effectively: The student laboratory Labs4Future. *Climate Change in Social Media [Tagungsband]*. Springer.
- Grothaus, J., Herold, A., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2024a, im Druck). Massenmörderinnen Vera und Yvonne – Die komplizierte Frage nach den Verursachern von Klimawandelfolgen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik [Themenheft Mysterys]*.

- Grothaus, J., Hofmann, J., Damköhler, J., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2024b, im Druck). Utopien und Dystopien in Physik und Technik. In H. Ammerer, M. Anglmayer-Geelhaar, R. Hummer & M. Oppolzer (Hrsg.), *Utopisches und dystopisches Denken im Unterricht*. Waxmann.
- Hacon. (2023). *EcoPassenger*. https://ecopassenger.hafas.de/bin/query.exe/en?L=vs_uic
- Hamann, K., Baumann, A. & Löschinger, D. (2016). *Psychologie im Umweltschutz*. oekom verlag.
- Hermans, M. (2016). Geography teachers and climate change: Emotions about consequences, coping strategies, and views on mitigation. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(4), 389–408.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). *Global Warming of 1.5°C*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Full_Report_LR.pdf
- IPU – Initiative Psychologie im Umweltschutz. (2022). *Die Postkarte „Was tust du für den Klimaschutz?“*. <https://ipu-ev.de/postkarte/>
- ISB – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung. (2023). *LehrplanPLUS Gymnasium*. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/9/physik>
- Kapeller, M. L. & Jäger, G. (2020). Threat and Anxiety in the Climate Debate – An Agent-Based Model to Investigate Climate Scepticism and Pro-Environmental Behaviour. *Sustainability*, 12(5), 1823.
- Klimafakten.de. (2023). *P-L-U-R-V: Dies sind die häufigsten Desinformations-Tricks von Wissenschafts-Leugnern*. <https://www.klimafakten.de/meldung/p-l-u-r-v-dies-sind-die-haeufigsten-desinformations-tricks-von-wissenschafts-leugnern>
- Klößner, C. A. (2013). A comprehensive model of the psychology of environmental behaviour – A meta-analysis. *Global Environmental Change*, 23(5), 1028–1038.
- Kollmuss, A. & Agyeman, J. (2010). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.
- Landesinstitut für Schule Bremen. (2020). *Bildungspläne*. <https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene-15219>
- Michelsen, G. & Fischer, D. (2016). Bildung für nachhaltige Entwicklung. In K. Ott, J. Dierks & L. Voget-Kleschin (Hrsg.), *Handbuch Umweltethik* (S. 330–334). J. B. Metzler.
- Moser, S. C. & Dilling, L. (2012). *Communicating Climate Change: Closing the Science-Action Gap*. Oxford University Press.
- PACE. (2023). *Zusammenfassung und Empfehlungen der Welle 14*. <https://projekte.uni-erfurt.de/pace/summary/14/>
- Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X. & Wilson, M. (2014). A Competence Model for Environmental Education. *Environment and Behavior*, 46(8), 972–992. <https://doi.org/10.1177/0013916513492416>
- Sach, A. A. (2021). Our climate is changing, why aren't we? *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 183/184, 22–24.
- Sach, M., Rabe, T., Höttecke, D. & Heinicke, S. (2021a). Klimawandel im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 183/184, 4–12.
- Schönbein, D., Keupp, L., Pollinge, F. & Paeth, H. (2020). *Klimabericht für Unterfranken*. Verfügbar unter: <https://bigdata-at-geo.eu/webklimabericht/Klimabericht.pdf>

- Scorza, C., Lesch, H., Strähle, M. & Sörgel, D. (2021). *Handbuch Klimakoffer: Der Klimawandel: verstehen und handeln*. https://klimawandel-schule.de/sites/default/files/2022-05/handbuch_klimawandel.pdf
- Schreiber, J.-R. & Siege, H. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung*. Engagement Global.
- Spreafico, C. & Russo, D. (2020). Exploiting the Scientific Literature for Performing Life Cycle Assessment about Transportation. *Sustainability* 2020, 12(18), 7548.
- Teubler, J., Buhl, J., Lettenmeier, M., Greiff, K. & Liedtke, C. (2018). A Household's Burden – The Embodied Resource Use of Household Equipment in Germany. *Ecological Economics*, 146, 96–105.
- Wynes, S. & Nicholas, K. A. (2017). The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions. *Environmental Research Letters*, 12(7), 074024.



Onlinematerial

Jonathan Grothaus, Universität Würzburg
jonathan.grothaus@uni-wuerzburg.de
<https://orcid.org/0000-0001-7556-591X>

Markus Elsholz, Universität Würzburg
<https://orcid.org/0000-0002-8522-4390>

Katja Weirauch, Universität Würzburg
<https://orcid.org/0000-0001-9777-2725>

Sabine Gerstner, Universität Würzburg

Ekkehard Geidel, Universität Würzburg

Martin Hennecke, Universität Würzburg
<https://orcid.org/0000-0001-5586-0647>

Hans-Stefan Siller, Universität Würzburg
<https://orcid.org/0000-0003-1597-7108>

Thomas Trefzger, Universität Würzburg
<https://orcid.org/0000-0002-9820-1729>