

Rainer Wackermann<sup>1</sup>  
 Thomas Schubatzky<sup>2</sup>  
 Carina Wöhlke<sup>1</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum  
<sup>2</sup>Universität Graz

### **Entwicklung eines Climate Change Concept Inventory**

Der anthropogene Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen aktueller wie auch zukünftiger Generationen (Schreiner, Henriksen, & Kirkeby Hansen, 2005). Für SchülerInnen als zukünftige WählerInnen, EntscheidungsträgerInnen und Mitglieder unserer Gesellschaft ist der Klimawandel ein bedeutsames Themenfeld. Das zeigen auch Entwicklungen rund um die „Fridays for Future-Bewegung“. Obwohl ein höheres Wissen zum Thema Klimawandel nicht automatisch zu einem klimafreundlicheren Verhalten führt (Bedford, 2016; Hornsey, Harris, Bain, & Fielding, 2016), scheint klar, dass ein fundiertes Wissen über naturwissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen adäquaten Umgang unserer Gesellschaft mit Umweltproblemen wie dem Klimawandel darstellt (Bord, O'Connor, & Fisher, 2000; Stevenson, Peterson, Bondell, Moore, & Carrier, 2014). Um den Ist-Stand des Wissens und der Vorstellungen junger Menschen im deutschsprachigen Raum zu naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels feststellen zu können, aber auch um entwickelte Bildungsangebote zu evaluieren, erscheint es notwendig, ein Testinstrument zu entwickeln welches dies leisten kann. Concept-Inventories sind dafür prädestiniert, die Vorstellungen und das Wissen einer großen Anzahl von Personen valide erheben zu können (Schecker & Gerdes, 1999).

#### **Climate Change Concept-Inventory**

Concept-Inventories sind validierte Multiple-Choice Fragebögen, die das Verständnis von einer großen Anzahl Lernender in einem bestimmten Themenbereich erheben können (Schecker & Gerdes, 1999). In den letzten Jahren und Jahrzehnten wurden mehrere derartiger Testinstrumente zum Thema Klimawandel entwickelt (z.B. Arslan, Cigdemoglu, & Moseley, 2012; Jarrett & Takacs, 2019; Lambert, Lindgren, & Bleicher, 2012; Lombardi, Sinatra, & Nussbaum, 2013). Eine deutschsprachige Version, welche das Wissen und die Vorstellungen von Jugendlichen valide erheben kann, existiert unseres Wissens bis dato aber noch nicht. Um diese Forschungs- und Entwicklungslücke ein Stück weit zu schließen, wurde in einem ersten Schritt ein in Australien entwickelter Climate Change Concept Inventory (CCCI) (Jarrett & Takacs, 2019) übersetzt und bei etwa 340 SchülerInnen in Österreich pilotiert (Schubatzky, Pichler, & Haagen-Schützenhöfer, 2020).

Im Zuge dieser Pilotierung wurden jedoch einige Unzulänglichkeiten aufgedeckt. Diese betreffen die Unklarheit der Genese des Konzeptraums (Delphi-Studie mit Schul-Lehrkräften), die Abbildung relevanter Fach-Inhalte (etwa die Unterscheidung zwischen Wetter und Klima kommt nicht vor) und die Selektionskriterien der ursprünglichen Auswahl. Auch aus psychometrischer Sicht sind einige Fragen zweifelhaft gestellt, beispielsweise durch stark unterschiedlicher Antwortlängen (diese unterscheiden sich bspw. zum Teil um den Faktor 2), so dass insgesamt die Validität und die Reliabilität des australischen Instruments angezweifelt werden müssen. Es braucht daher eine fachdidaktische wie auch psychometrische Überarbeitung dieses CCCI.

Derzeit arbeiten wir an der Weiterentwicklung der deutschen Version dieses CCCI: Einerseits an der sinnvollen Auswahl der zentralen physikalischen Konzepte des Climate Change Concept Inventory (CCCI), an späterer Stelle auch an der test-theoretischen Gestaltung des Testinstruments.

### Fachdidaktische Klärung des Konzeptraums des CCCI

Fachdidaktische Klärung des Konzeptraums bedeutet hier eine fachlich in sich geschlossene und bereits in Hinblick auf schulischen Unterricht reduzierte sachlich-fachlich angemessene und umfassende Darstellung eines Sachverhaltes. Dabei handelt es sich nicht zwingendermaßen um eine didaktische Rekonstruktion für einen etwaigen Unterricht zum Thema. Um den Konzeptraum des CCCI zu klären, wurden Expertenbefragungen (Interviews mit KlimawissenschaftlerInnen in Graz) abgeglichen sowie einschlägige Bücher (etwa Buchal & Schönwiese 2010) und Vorträge von ExpertInnen (Koppmann 2019) gesichtet und zusammengeführt. Als erstes Zwischenergebnis ergab sich eine Liste von Konzepten, die augenscheinlich elementar für das Verständnis des Klimawandels zu sein scheinen. Diese sind:

- Fakten zur Atmosphäre
- Unterscheidung von Klima und Wetter
- Der Treibhauseffekt
- Das Klima als System
- Der Kohlenstoffkreislauf

Beispielhaft ist auf Seite 3 in Abbildung 2 die bereits erfolgte fachdidaktische Klärung des Konzepts *Treibhauseffekt* dargestellt.

### Nächste Schritte und Ausblick

In Abbildung 1 sind überblicksartig die bisher getätigten sowie zukünftig geplanten Schritte in der Weiterentwicklung des CCCI dargestellt. Nach einer Finalisierung des Konzeptraums werden im nächsten Schritt Kompetenzerwartungen zu den jeweiligen Konzepten formuliert. Diese dienen als Orientierungsrahmen für die Entwicklung von je drei bis sechs Items pro Konzept. Die Formulierung der Items soll sich an Leitlinien der Testentwicklung orientieren: Es sollen Single-Choice Items entstehen, wobei die Antwortlängen innerhalb der Items sowie die Anzahl der Distraktoren zwischen den Items möglichst konstant gehalten werden soll. Doppelte Verneinungen sollen vermieden werden usw. Der nächste Schritt besteht aus einer Optimierung und Auswahl von Items. Schließlich soll der CCCI im Studienjahr 2020/21 mehrmals pilotiert und überarbeitet werden.



Abbildung 1: Überblick über bisher getätigte und zukünftig geplante Schritte in der Weiterentwicklung des CCCI

Das übergeordnete Ziel ist, ein valides, fachdidaktisch überarbeitetes CCCI zur Messung des Verständnisses von SchülerInnen sowie von Studierenden im deutschsprachigen Raum einzusetzen und zur Verfügung zu stellen, um einen Beitrag zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) zu leisten.

Vorbemerkung: (Dunkle) Körper strahlen entsprechend ihrer Temperatur Energie ab. Das bezieht sich sowohl auf die Energiemenge als auch auf die Wellenlänge der Strahlung. Die Sonne strahlt überwiegend sichtbare Strahlung ab. Die Sonne ist Hauptenergielieferant für die Erde. Die Erde ist von einer Atmosphäre umgeben.

**1. Schritt:** Etwa ein Viertel der Sonnenstrahlung wird an den Wolken direkt in den Weltraum reflektiert; ein anderes Viertel wird von der Atmosphäre absorbiert. Ungefähr die Hälfte der Sonnenstrahlung strahlt ungehindert durch die Atmosphäre durch auf den Erdboden. Helle Oberflächen wie Eis oder Schnee auf der Erdoberfläche reflektieren diese Strahlung unverändert zurück in den Weltraum.

**2. Schritt:** Dunkle Stellen wie Gestein oder Ozean absorbieren die Sonnenstrahlung und erwärmen sich. Die dunkle, erwärmte Erdoberfläche strahlt aufgrund ihrer Temperatur langwellige Wärmestrahlung ab. Das ist eine Strahlungsumwandlung von sichtbarem Sonnenlicht zu Wärmestrahlung.

**3. Schritt:** Für Wärmestrahlung ist die Atmosphäre auf Grund in Spuren vorkommender Gase (Wasserdampf, CO<sub>2</sub>...) nur teilweise durchlässig. Die Atmosphäre wird erwärmt. Die Atmosphäre wird „von unten“ erwärmt.

Das ist der natürliche Treibhauseffekt auf der Erde, der die mittlere Temperatur von -18°C auf +15°C Grad hebt. Es gibt einen zusätzlichen, vom Menschen verursachten Treibhauseffekt (auf +16°C) durch erhöhten Eintrag von bspw. CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre.

**4. Schritt:** Die erwärmte Atmosphäre emittiert auch wieder langwellige Wärmestrahlung – auch nach unten. Dadurch wird die Erdoberfläche (werden die Ozeane usw.) zusätzlich erwärmt.

Im Endeffekt strahlt die Erde genau so viel Energie ab, wie von der Sonne eingestrahlt wird (Strahlungsgleichgewicht). Mit zunehmender CO<sub>2</sub>-Menge in der Atmosphäre wird auch zunehmend Wärmestrahlung von der Erdoberfläche von der Atmosphäre absorbiert. Dadurch verlässt weniger Energie die Erde (Strahlungsungleichgewicht). Mit steigender Temperatur steigt aber die Fähigkeit zur Abstrahlung von Energie. Es kommt zu einem neuen Strahlungsgleichgewicht bei erhöhter Temperatur der Erde.

*Abbildung 2: Fachdidaktische Klärung des Konzepts Treibhauseffekt für den CCCI*

#### References

- Arslan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667–1686.
- Bedford, D. (2016). Does climate literacy matter? A case study of US students' level of concern about anthropogenic global warming. *Journal of Geography*, 115(5), 187–197. <https://doi.org/10.1080/00221341.2015.1105851>
- Buchal, C., & Schönwiese (2010). *Klima - Die Erde und ihre Atmosphäre im Wandel der Zeiten*. MIC-Verlag, Köln.
- 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.
- Hornsey, M. J., Harris, E. A., Bain, P. G., & Fielding, K. S. (2016). Meta-analyses of the determinants and outcomes of belief in climate change. *Nature Climate Change*, 6(6), 622–626.

- Jarrett, L., & Takacs, G. (2019). Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1679092>
- Koppmann, R. (2019). *Der Klimawandel und seine Auswirkungen*. Vortrag an der Junior Uni Wuppertal.
- Lambert, J. L., Lindgren, J., & Bleicher, R. (2012). Assessing elementary science methods students' understanding about global climate change. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1167–1187.
- Lombardi, D., Sinatra, G. M., & Nussbaum, E. M. (2013). Plausibility reappraisals and shifts in middle school students' climate change conceptions. *Learning and Instruction*, 27, 50–62.
- Schecker, H., & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 5(1), 75–89.
- Schreiner, C., Henriksen, E. K., & Kirkeby Hansen, P. J. (2005). Climate education: Empowering today's youth to meet tomorrow's challenges. *Studies in Science Education*, 41(3), 3–49.
- Schubatzky, T., Pichler, A., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2020). Weiter-Entwicklung eines Klimawandel-Testinstruments. *PhyDid B-Didaktik Der Physik-Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, 1.
- Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Bondell, H. D., Moore, S. E., & Carrier, S. J. (2014). Overcoming skepticism with education: interacting influences of worldview and climate change knowledge on perceived climate change risk among adolescents. *Climatic Change*, 126(3-4), 293–304.