

## Treibhauseffekt und Co. voneinander differenzieren lernen

Dieser Beitrag stellt Ausgangslage, Vorgehen und ausgewählte Ergebnisse eines Promotionsprojektes vor, dessen Ziel es ist, zu den atmosphärischen Phänomenen Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau Lehr-Lernmaterialien für den Einsatz im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zu entwickeln und sie hinsichtlich ihrer Gelingens- und Misslingensbedingungen zu evaluieren. Während der Beitrag im letztjährigen GDGP-Tagungsband (Roßbegalle & Ralle, 2014) Hintergründe der jeweiligen Arbeitsschritte skizziert, fokussiert dieser Beitrag die Darstellung ausgewählter Ergebnisse.

### Ausgangslage und Motivation

Seit Ende des 20. Jahrhunderts werden die Einflüsse menschlichen Handelns auf natürlich ablaufende Phänomene, z. B. auf den Treibhauseffekt, die Bildung sauren Regens und den stratosphärischen Ozonabbau, immer besser von naturwissenschaftlicher Forschung verstanden. Folglich sind die drei atmosphärischen Phänomene Teil des Schulcurriculums – und dabei insbesondere Teil des Chemieunterrichts – geworden. Trotz der Tatsache, dass Entwicklungsprodukte für den Unterricht publiziert und auch in Schulbücher integriert wurden, haben zuletzt drei Studien (Harsch, Estay & Barke, 2011; Niebert, 2010; Schuler, 2011) empirisch belegt, dass deutsche Schülerinnen und Schüler zahlreiche Probleme haben, die Ursachen, Prozesse und Auswirkungen der drei Phänomene wissenschaftlich belastbar zu beschreiben und insbesondere, die Phänomene voneinander zu differenzieren. Entsprechend ergibt sich für das vorliegende Forschungsprojekt die Aufgabe, Lehr-Lernmaterial für eine bessere Vermittlung von Treibhauseffekt, saurem Regen und dem stratosphärischen Ozonabbau zu entwickeln und hinsichtlich der initiierten Lernprozesse und der auftretenden Hürden zu evaluieren.

### Vorgehen

Das Promotionsprojekt ist eingebettet in das Dortmunder Forschungs- und Nachwuchskolleg FUNKEN (vgl. Prediger et al., 2012). Gemäß dem Dortmunder Modell Fachdidaktischer Entwicklungsforschung wurden zwei iterative Zyklen zur Entwicklung von Lehr-Lernmaterialien und deren Evaluation durchgeführt. Die erstellten Lehr-Lernmaterialien sind dabei so konzipiert, dass die Lernenden bei der Erarbeitung zunächst ihr Vorwissen zusammentragen und diskutieren, um es aktiv in den Lernprozess einzubeziehen. Die Materialien wurden anschließend mit Kleingruppen von je zwei bis drei Lernenden erprobt, wobei die Gruppenarbeit außerhalb des Regelunterrichts stattfand und videografiert wurde (vgl. auch *Teaching Experiments* nach Komorek & Duit, 2004). Insgesamt wurden die erstellten Materialien mit fünf Gruppen (14 Lernende, 9. Klasse Gymnasium oder 10. Klasse Gesamtschule) erprobt. Dabei erfolgte ein Iterationsschritt: Die erste Version der Materialien wurde mit drei Gruppen erprobt, auf Basis erster empirischer Erkenntnisse wurde eine überarbeitete Version erstellt, welche mit zwei weiteren Gruppen erprobt wurde. Für die anschließende qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) wurden Transkripte ausgewählter Lernsituationen sowie die von den Schülerinnen und Schülern bearbeiteten Arbeitsblätter herangezogen.

### Ergebnisse

Die Analysen zeigen, dass die Lernenden zu Beginn der Erarbeitung auf Basis ihres Vorwissens Alternativvorstellungen zu den drei atmosphärischen Phänomenen äußerten. Beispielsweise erkannten sie ein Loch in der Ozonschicht als Ursache des Treibhauseffekts oder

äußerten, dass durch Luftschadstoffe Ozonlöcher entstünden. Jedoch konnte bereits durch die Aufgabe, gemeinsam in der Gruppe je eine Zeichnung zu den Phänomenen anzufertigen, erreicht werden, dass Lernende Unzufriedenheit mit ihrem Vorwissen entwickeln. Dies äußerte sich derart, dass sie hinsichtlich der Logik ihrer Vorstellungen Widersprüche erkannten, Unsicherheit über ihre Vorstellungen äußerten oder verschiedene Erklärungsansätze nicht zusammenbringen konnten. Durch Erarbeitung mit den Darstellungen der Phänomene in Flash<sup>®</sup>-Animationen haben die Lernenden ihre Vorstellungen verändert. Dabei zeigen die Analysen, dass die Lernenden die Darstellungen der Animationen nicht 1:1 übernehmen, sondern Modifikationen an ihrem Vorwissen vornehmen. Bei diesen fraktionellen Vorstellungsentwicklungen ist festzustellen, dass auch die Vorstellungen der Lernenden nach der Erarbeitung noch wissenschaftlich nicht belastbare Elemente beinhalten. Weiterhin konnten verschiedene Problemstellen in den Erarbeitungsphasen identifiziert werden, wobei hauptsächlich fehlendes Hintergrundwissen der Lernenden oder die nicht adäquate Nutzung alltagsweltlicher Analogien als Problemursache identifiziert werden konnten.

### Beispielszene zu Vorstellungsveränderungen zum Treibhauseffekt

Eine suboptimale Vorstellungsveränderung wird in nachstehender Lernsituation verdeutlicht. Abbildung 1a und 1b zeigen die Zeichnungen von drei Schülern (9. Klasse, Gymnasium), welche sie gemeinsam vor und nach der Arbeit mit dem Animationsvideo erstellt haben.

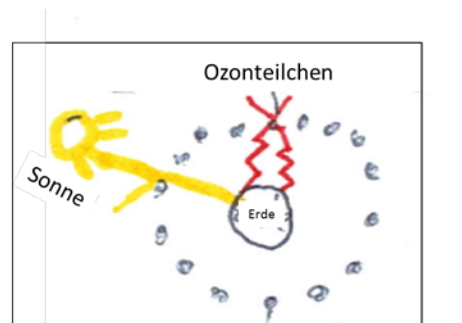
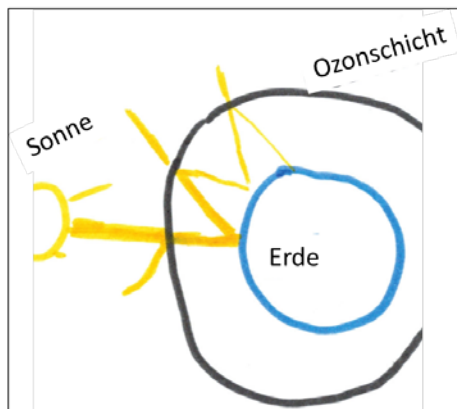


Abb. 1a: Zeichnung auf Basis des Vorwissens      Abb. 1b: Zeichnung nach der Erarbeitung

Sie erläuterten den Treibhauseffekt auf Basis ihres Vorwissens wie folgt (Abb. 1a):

- Sonnenstrahlung kann größtenteils durch die Ozonschicht zum Erdboden gelangen.
- Dort wird sie reflektiert.
- Nur ein geringer Teil der vom Erdboden kommenden Strahlung gelangt ins Weltall, der größte Teil wird durch die Ozonschicht zum Erdboden zurückreflektiert.
- Wegen des Zurückreflektierens durch die Ozonschicht kommt es zur Erwärmung.

Nach der Erarbeitung äußerten sie folgende Darstellung (Abb. 1b):

- Sonnenstrahlung kann größtenteils durch die Ozonschicht zum Erdboden gelangen.
- Dort wird sie aufgenommen, wodurch der Erdboden erwärmt wird. Anschließend gibt der Erdboden Infrarotstrahlung in Richtung Weltall ab.
- Die Infrarotstrahlung kann von Ozonteilchen aufgenommen und in eine zufällige Richtung abgegeben werden. So gelangen Teile der Infrarotstrahlung zurück zum Erdboden.
- Durch die zum Erdboden zurückemittierte Infrarotstrahlung kommt es zur Erwärmung.

Es fällt auf, dass die Lernenden nach der Erarbeitung zwei Strahlungsqualitäten anführen, wodurch sie eingehende von ausgehender Strahlung unterscheiden. Zudem sprechen sie nicht mehr von einer Ozonschicht, sondern von Ozonteilchen. Des Weiteren beschreiben sie unterschiedliche Prozesse für die Wechselwirkung von Strahlung und Materie am Erdboden und an den Ozonteilchen. Dabei behalten sie die Idee bei, dass ausgehende Strahlung von einer Barriere teilweise zurückgeworfen wird, was zu einer Erwärmung führt. Suboptimal an diesem erarbeiteten Verständnis sind vor dem Hintergrund der Lernziele zwei Aspekte:

- Die Lernenden führen eine Erwärmung wie zuvor auf die Ozonschicht zurück, statt auf Treibhausgase. Allerdings ist der Übergang von einem kontinuierlichen Schichtverständnis hin zu einer diskontinuierlichen Barriere (Teilchen) als positiv zu bewerten.
- Sie wenden ein nicht anschlussfähiges Verständnis beteiligter Strahlungen an: Die von den Lernenden genutzte Differenzierung reicht zwar aus, um erklären zu können, weshalb ausgehende, aber nicht eingehende Strahlung mit der Strahlungsbarriere wechselwirkt. Jedoch können die Lernenden mit dem Begriff Sonnenstrahlung nicht erläutern, weshalb oder wie ein Teil der eingehenden Strahlung durch die Ozonschicht vom Vordringen zum Erdboden abgehalten wird. Eine entsprechende Unterteilung von Sonnenstrahlung in UV-Strahlungen und Lichtstrahlung, wie sie in der Animation angeführt wird, haben die Lernenden nicht genutzt.

### Fazit und Ausblick

Trotz der auftretenden Probleme geben die beobachteten Lernprozesse Grund zur Annahme, dass ein wissenschaftlich belastbareres Verständnis der Phänomene bei Schülerinnen und Schülern erreicht werden kann, als es empirisch erhoben wurde. Da die erstellten Lehr-Lernmaterialien allerdings erst mit einer kleinen Stichprobe Lernender erprobt wurden, ist eine generelle Belastbarkeit dieser Aussage auf empirischer Basis (noch) nicht möglich. Die Ergebnisse geben jedoch Anlass, die entwickelten Lehr-Lernmaterialien für einen Einsatz im Regelunterricht aufzubereiten und sie unter Schulbedingungen zu erproben. Hierzu ist es unserer Meinung nach sinnvoll, das Forschungsprojekt im Rahmen partizipativer fachdidaktischer Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002) fortzusetzen.

### Literatur

- Eilks, I.; Ralle, B. (2002): Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. In: CHEMKON 9 (1), S. 13–18.
- Harsch, N.; Estay, C.; Barke, H.-D. (2011): Treibhauseffekt, Ozon und Saurer Regen. Wissensstand und Fehlvorstellungen deutscher und spanischer Schüler. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 60 (3), S. 20–26.
- Komorek, M.; Duit, R. (2004): The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. In: International Journal of Science Education 26 (5), S. 619–633.
- Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. Aufl. Weinheim: Beltz.
- Niebert, K. (2010): Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Prediger, S.; Link, M.; Hinz, R.; Hußmann, S.; Ralle, B.; Thiele, J. (2012): Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: MNU 65 (8), S. 452–457.
- Roßbegalle, T.; Ralle, B. (2014): Treibhauseffekt und Co. im Chemieunterricht vermitteln – aber wie?! In: S. Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN (34), S. 621–623.
- Schuler, S. (2011): Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels. Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive. Bochum: Europäischer Universitätsverlag [u.a.].