

**»Ich finde es gut,
wenn es bei uns ein bisschen wärmer wird.«**

Die Folgen der globalen Erwärmung in den Vorstellungen
von Wissenschaftlern und Lernern

Kai Niebert

niebert@biodidaktik.uni-hannover.de

Leibniz Universität Hannover, Biodidaktik

Bismarckstr. 2 | 30173 Hannover

Zusammenfassung

Die vom Menschen verursachte globale Erwärmung wird seitens des Weltklimarats (IPCC) als eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts beschrieben (IPCC 2007). Will man wirkungsvolle Strategien zur Verminderung der Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Klima entwickeln, ist ein Verstehen der zugrunde liegenden Prozesse und ihrer Gefahren unabdingbar (UNCED 1992; Bord, O'Connor et al. 2000). In der vorliegenden Teilstudie wurden Lernervorstellungen und Wissenschaftlervorstellungen zum Ausmaß und zu den Folgen der globalen Erwärmung erhoben. Mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (GROPENGEßER 2007) wurden die Alltagsvorstellungen auf ihren Ursprung hin interpretiert. Dabei konnten verschiedene Denkfiguren und Konzepte identifiziert werden, mithilfe derer sich Alltagsvorstellungen über Umweltveränderungen erklären lassen. Die Teilstudie ist eingebettet in eine Untersuchung im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN 2007) zur theoriegeleiteten und evidenzbasierten Entwicklung von Vermittlungsangeboten zum Klimawandel.

Abstract

The enhanced greenhouse effect, leading to global warming is one of the greatest challenges facing humankind in the 21st century (IPCC 2007). Translating public concern for global warming into effective action requires knowledge of the causes and risks of climate change (Bord et al. 2000, UNCED 1992). In the presented substudy learners' and scientists' conceptions of the dimensions and impacts of global warming were analyzed. Guided by the theory of experientialism (GROPENGEßER 2007) different concepts were found that are establishing a basis for students' alternative conceptions. The substudy is embedded in a study based on the model of educational reconstruction (KATTMANN 2007) to develop theory guided and evidence based learning activities to teach global warming.

1 Einleitung

„Wenn man Sommer lieber warm mag, dann ist die globale Erwärmung gut.“
(Jakob, 18 Jahre)

Diese vom gesellschaftlichen Konsens scheinbar abweichende Aussage zur Einschätzung der globalen Erwärmung ist keine Einzelmeinung, sondern eine in der vorliegenden Arbeit recht typische Alltagsvorstellung zum Klimawandel. Wie diese zustande kommt und warum die globale Erwärmung vom gleichen Lerner trotzdem als katastrophal empfunden werden kann, soll in diesem Artikel mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens untersucht werden.

In der vorliegenden Teilstudie wurden Lernervorstellungen zu den Folgen der globalen Erwärmung untersucht. Das gesamte Projekt umfasst eine Untersuchung über Ursachen, Mechanismen und Folgen des Klimawandels (Niebert 2007). Darin zeigt sich, ebenso wie in ähnlich ausgerichteten empirische Studien (z. B. EKBORG & ARESKOUG 2006, SCHREINER ET AL. 2006), dass Lerner über stark lebensweltlich und medial geprägte Vorstellungen zum Klimawandel verfügen. Ziel der Studie ist es, über eine reine Deskription hinausgehend, die Quellen der Alltagsvorstellungen zu analysieren. Aufbauend auf den Ergebnissen empirischer Untersuchungen wurde eine Interviewstudie durchgeführt, um theoriegeleitet und evidenzbasiert die Alltagsvorstellungen zum Klimawandel zu erfassen und anschließend Folgen für den Vermittlungsprozess abzuleiten. Die Vorstellungen zum Ausmaß und den Folgen des Klimawandels sind im Folgenden dargestellt.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Konstruktivistische Sichtweise vom Lernen

Der moderate Konstruktivismus setzte sich im Verlauf der letzten 20 Jahre als paradigmatischer Rahmen für die Lehr-Lernforschung durch (WIDODO & DUIT 2004). Im Mittelpunkt dieser Auffassung stehen der Lerner und sein Lernprozess, in dem Informationen nicht einfach aufgenommen und abgespeichert werden. Vielmehr erarbeiten Lerner aktiv Bedeutungen auf der Grundlage ihrer bisherigen Vorstellungen. Sie bringen ihre vorhandenen Vorstellungen aus gleichen oder ähnlichen Bereichen in den Konstruktionsprozess mit ein (RIEMEIER 2007). Für die Erfolg versprechende Initiierung von Lehr-Lernprozessen bedeutet dies, dass die individuellen Konstrukte der Lerner bei der Gestaltung von Vermittlungsstrategien berücksichtigt werden müssen.

2.2 Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens

Das Verstehen des Klimawandels ist auf Vorstellungen aus Bereichen angewiesen, die nur schwer lebensweltlich zugänglich sind. Zwar ist das Wetter erfahrbar, für das Klima gilt dies hingegen nur sehr eingeschränkt und der Klimawandel entzieht sich vollends der unmittelbar erfahrbaren Begegnung. Wir sind somit auf unsere imaginativen Fähigkeiten angewiesen, um uns Theorien zur globalen Erwärmung zu erschließen. Eine Theorie für das Begreifen abstrakter Prozesse haben der Linguist GEORGE LAKOFF und der Philosoph MARK JOHNSON (1980) mit der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens aufgestellt. Lakoff und Johnson beschreiben das Verhältnis von Erfahrung, Denken und Sprache: Sie gehen davon aus, dass Sprache und Denken in weiten Teilen metaphorisch strukturiert sind, da nur wenige Gegenstandsbereiche direkt erfahrbar und damit direkt verstehbar sind. Wir übertragen dabei imaginativ Vorstellungen aus einem direkt erfahrbaren Ursprungsbereich auf einen nicht direkt erfahrbaren Zielbereich (GROPENGIEBER 2007). Imagination wird dabei als Abbildung von Begriffen des Ursprungsbereichs auf die entsprechenden Begriffe des Zielbereichs verstanden. Dies ermöglicht somit das Verstehen abstrakter Bereiche, indem die kognitiven Strukturen eines konkreten Bereichs benutzt werden.

3 Forschungsfragen

Leitend für die hier beschriebene Teilstudie sind folgende Fragen:

- Welche Vorstellungen haben Lerner von den Folgen der globalen Erwärmung? Welche erfahrungsbasierte Grundlage lässt sich zu den explizierten Vorstellungen finden?
- Über welche Vorstellungen verfügen Wissenschaftler zu den Folgen des Klimawandels?
- Welche Alltagsvorstellungen erweisen sich als hinderlich bzw. förderlich im Lernprozess?

4 Untersuchungsdesign und Methode

4.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion ist als theoretischer und methodischer Rahmen für die Planung, Durchführung und Evaluation fachdidaktischer Forschungsarbeiten mit dem Ziel der Gestaltung nachhaltiger und fruchtbarer Lehr-Lernprozesse entwickelt worden (Kattmann, Duit et al.

1997; Gropengießer and Kattmann 2006). Ausgangspunkt war die Einsicht, dass für die Gestaltung optimaler Unterrichtsprozesse Fachwissen nicht einfach aus wissenschaftlichen Kontexten herausgetrennt und in schulische Lernsituationen unbesehen übernommen werden kann. Vielmehr hat es sich als sinnvoll erwiesen, fachliches Wissen unter didaktischen Gesichtspunkten einer Revision zu unterziehen, und es mit Blick auf das Wissen der Lerner didaktisch zu strukturieren. Im Prozess der Didaktischen Rekonstruktion (siehe Abb. 1) werden die Vorstellungen von Lernern in gleicher Weise geachtet, wie die von Wissenschaftlern. Denn letztlich handelt es sich bei dem von Wissenschaftlern geäußerten Wissen auch um „persönliche Konstrukte“, wenngleich dieses Wissen stärker geprüft, expliziter und reflektierter ist als lebensweltliches Wissen. Lebensweltliche Vorstellungen werden nicht als Fehlvorstellungen abgewertet, sondern entsprechend gewürdigt, da sie sich im Alltag häufig als fruchtbare Erklärungsebenen erweisen.

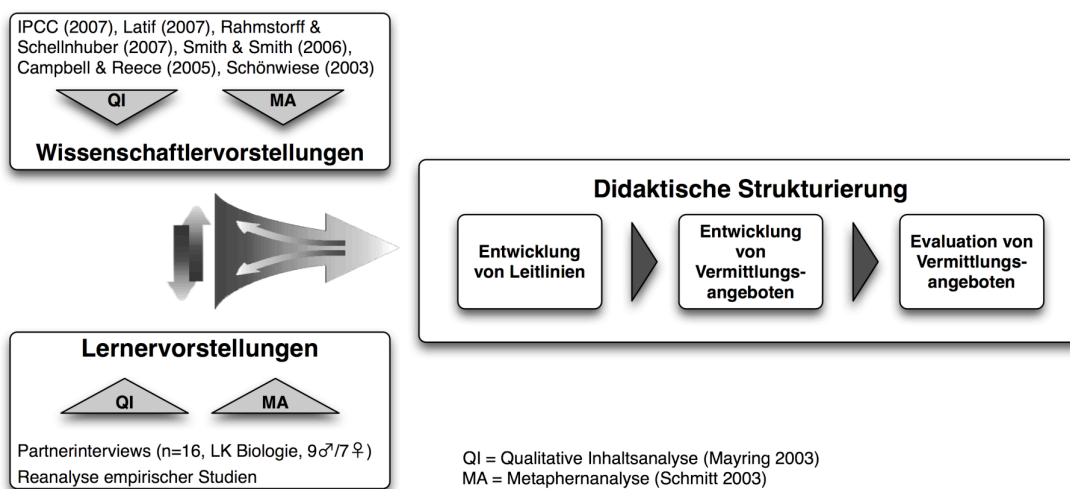


Abb. 1: Untersuchungsdesign basierend auf dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion.

Da Vorstellungen nach der konstruktivistischen Sichtweise vom Lernen von jedem Individuum selbst konstruiert werden, muss sich auch die Forschungsmethode danach ausrichten. Dazu eignen sich insbesondere qualitative Erhebungs- und Auswertungsmethoden, da es Ziel der Untersuchung ist, unterschiedliche, individuelle Wissenskonstrukte in ihrer Vielfalt zu erfassen.

Basierend auf den in diesem Artikel vorgestellten Ergebnissen der didaktischen Strukturierung werden Leitlinien zur Vermittlung des Klimawandels entwickelt. Die sich daraus ergebenden Vermittlungsangebote werden anschließend in einer Interventionsstudie evaluiert.

4.2 Erhebung und Analyse der Vorstellungen

In der vorliegenden Interviewstudie wurden die Vorstellungen von 16 Lernern (7 weiblich, 9 männlich) aus gymnasialen Oberstufen (Leistungskurs 12 Biologie) Hannovers mittels problemzentrierter, leitfadenstrukturierter Partnerinterviews erhoben und qualitativ ausgewertet. Die Interviewpartner wurden von ihren Lehrkräften unter der Maßgabe, Lerner mittleren Leistungsniveaus (Notenspektrum 2 bis 4) auszuwählen, größtenteils geschlechtergemischt zusammengestellt. Die Vorstellungen von Wissenschaftlern wurden interpretativ aus verschiedenen Lehrbüchern (SCHÖNWIESE 2003, CAMPBELL & REECE 2002; SMITH & SMITH 2006) sowie dem IPCC-Bericht (IPCC 2007) erschlossen.

Aufgrund des lebensweltlich nur schwer zugänglichen Themenkomplexes »Klimawandel« ist in der Auswertung der Lerner- wie auch der Wissenschaftlervorstellungen nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Lakoff and Johnson 1980) eine Analyse der dem Verstehen zugrunde liegenden Metaphern notwendig. Die Befunde der Metaphernanalyse (SCHMITT 2003) fließen in die Explikation der Vorstellungen in der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring 2002; Gropengießer 2005) ein.

Die Lernervorstellungen wie auch die Wissenschaftlervorstellungen werden dabei aus der Perspektive des Konstruktivismus im Analyseverfahren gleichberechtigt nebeneinander gestellt und auch den gleichen Auswertungsverfahren unterworfen. Die Auswahl der Schüler orientiert sich am Prinzip der Maximierung der Variation in den geäußerten Vorstellungen, um möglichst alle Vorstellungskategorien zu entdecken. Das Verstehen der Lernervorstellungen ist prinzipiell unabgeschlossen; als pragmatisches Kriterium der Beendigung der Analyse wird die theoretische Sättigung (STRAUSS & CORBIN 1990) herangezogen.

5 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung von Lernern und Wissenschaftlern über ihre Vorstellungen zu Ausmaß und Folgen der globalen Erwärmung beschrieben. Zu Vorstellungen über die Ursachen (Vorstellungen zum Kohlenstoffkreislauf) und Vorgänge des Klimawandels (Vorstellungen zum Treibhauseffekt) sei auf NIEBERT (2007) verwiesen. In der folgenden Übersicht sind die Vorstellungen der Lerner (L) und der Wissenschaftler (W) gegenübergestellt.

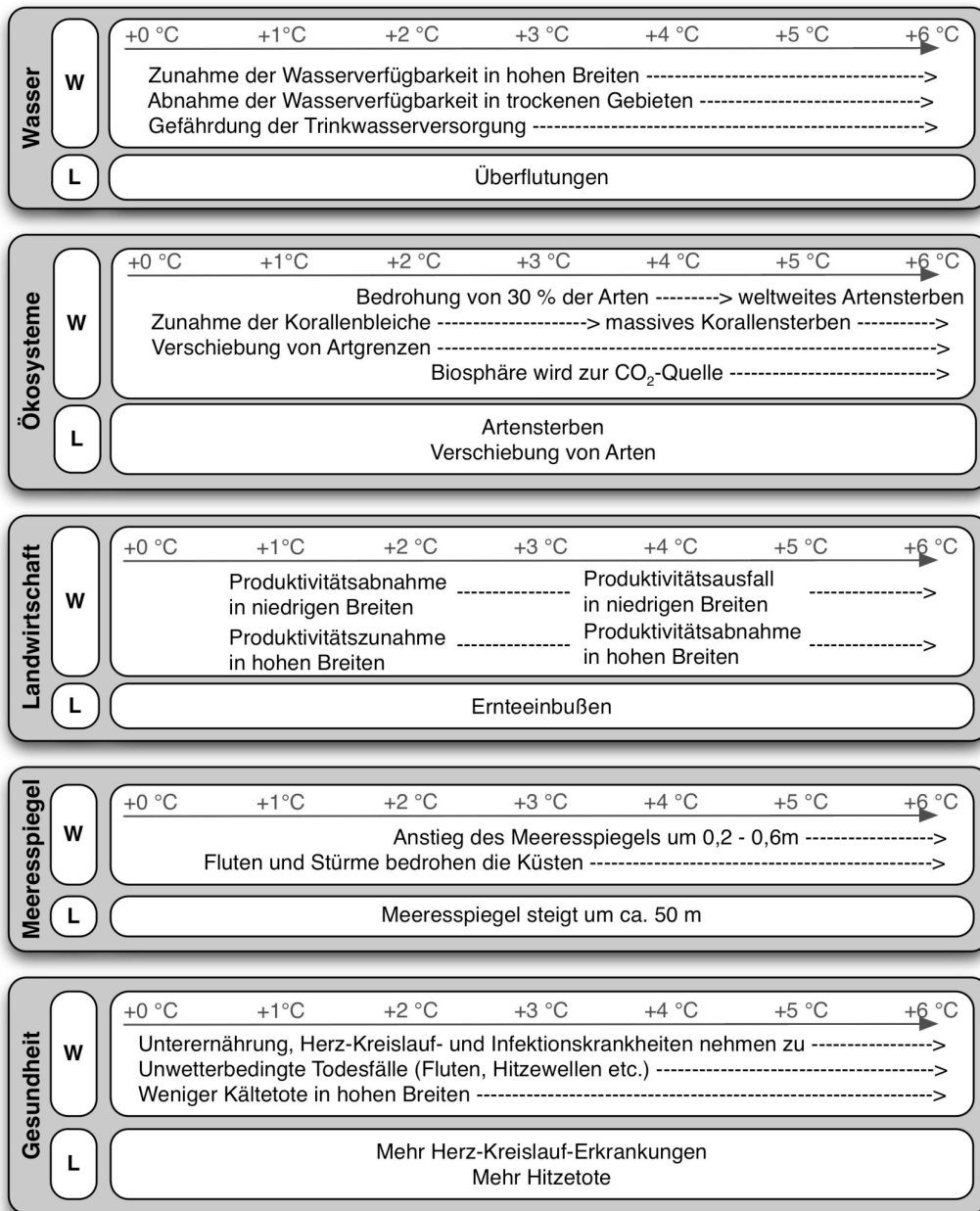


Abb. 2: Vorstellungen zu Folgen des Klimawandels

W = Wissenschaftler, L = Lerner; Die Wissenschaftlervorstellungen setzen linksbündig bei der Temperatur an, für die die jeweilige Auswirkung prognostiziert wird. Gestrichelte Pfeile bedeuten eine Verstärkung der Auswirkung mit steigender Temperatur. Die Lernervorstellungen stehen zentriert, da Lerner die Folgen der Erwärmung nicht nach verschiedenen Temperaturen graduieren.

Es wird deutlich, dass Wissenschaftler differenziertere Vorstellungen äußern als Lerner. Im Folgenden werden die Vorstellungen zum Ausmaß der globalen Erwärmung und ihren Folgen auf Ökosysteme und den Meeresspiegel exemplarisch interpretiert, um anschließend Quellen der Vorstellungen zu diskutieren.

5.1 Vorstellungen zum Ausmaß der globalen Erwärmung

In den folgenden Abschnitten sind typische Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern dargestellt (Tab. 1), in Denkfiguren kategorisiert (Tab. 2) und aus Perspektive des erfahrungsbasierten Verstehens interpretiert.

Tab. 1 Vorstellungen zum Ausmaß der globalen Erwärmung

Lerner	Wissenschaftler
<p>„Mir kommt es vor, als ob die Temperatur um 10 °C pro Jahr steigt. [...] 2-6 °C sind nicht so dramatisch viel.“ Daniel</p> <p>„Es wird in Deutschland 30-40 °C.“ Hanni</p> <p>„Jetzt haben wir in Deutschland eine mittlere Temperatur von 11 °C. Wenn wir auf einmal 16 °C haben, entspricht das mehreren Klimazonen Unterschied“ Detlef</p>	<p>Die globale Durchschnittstemperatur beträgt ca. 15 °C. In den nächsten zwei Jahrzehnten wird die Temperatur um ca. 0,2 °C pro Jahrzehnt ansteigen. Die globale Durchschnittstemperatur bis 2100 um ca. 2- bis 6 °C steigen, was zu starken Umweltveränderungen führen wird (IPCC 2007).</p>

Legt man eine derzeitige globale Durchschnittstemperatur von ca. 15 °C (IPCC 2007) zugrunde, wird aus den Zitaten deutlich, dass das Ausmaß der Erwärmung von Lernern teilweise um eine Zehnerpotenz höher angenommen (15-25 °C/100 Jahre oder 10 °C/Jahr) wird als von Wissenschaftlern (2-6 °C/100 Jahren). Mit den wissenschaftlichen Vorstellungen des Ausmaßes der Erwärmung konfrontiert versuchen Lerner die Daten entweder abzulehnen („Die Wissenschaftler können ja auch keine Ahnung haben.“ Emma, Z. 85-95), oder aber sie postulieren, dass auch eine Erwärmung um 3 °C fühlbar ist („Man merkt schon, ob wir 21 bis 24 °C haben“, Jakob). Nur ein Teil der Lerner benennt die Erwärmung um 3-6 °C als durchschnittliche Erwärmung, die zwar nicht sinnlich spürbar ist, aber eine spürbare Umweltveränderung nach sich zieht. Es lassen sich somit zwei Denkfiguren zur Erwärmung ausmachen, die im Folgenden mit den zugehörigen Konzepten gegenübergestellt sind:

Tab. 2: Denkfiguren zum Ausmaß der Erwärmung

Konzepte, die in der Denkfigur ablehnend beschrieben werden, sind ~~durchgestrichen~~ gekennzeichnet; die Zusammenfassung der Denkfigur ist *kursiv* gefasst.

SPÜRBARER TEMPERATURANSTIEG (Daniel, Hanni)	SPÜRBARE UMWELTVERÄNDERUNG (Detlef, Wissenschaftler)
<ul style="list-style-type: none"> Die Erde erwärmt sich um mind. 15 °C. Erwärmung um 3-6 °C ist dramatisch. Globale Erwärmung ist spürbar. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Erde erwärmt sich um 3-6 °C Erwärmung um 3-6 °C ist dramatisch. Folgen der Erwärmung sind spürbar.
<p><i>Die gestiegene Temperatur ist spürbar, es wird viel wärmer.</i></p>	<p><i>Die Durchschnittstemperatur steigt. Die Umwelt verändert sich dadurch spürbar.</i></p>

Mit der Denkfigur SPÜRBARER TEMPERATURANSTIEG wird eine lebensweltbezogene Interpretation der globalen Erwärmung deutlich. Nach dem Motto „Wenn der Klimawandel zu einer dramatischen Erwärmung führt, muss ich sie auch deutlich spüren können“, wird der in der Semantik des Ausdrucks »globale Erwärmung« festgeschriebene Temperaturanstieg auf die subjektiv empfundene Temperatur projiziert. Die Erwärmung wird somit als unmittelbar sinnlich erlebbares, evidentes Ereignis dargestellt. Die fühlbaren Wetterereignisse der letzten Jahre, wie heiße Sommer oder milde Winter, werden dabei von den Lernern als Evidenz für die bereits eingetretene globale Erwärmung angeführt („Der Klimawandel ist da: Mal ist es richtig warm und dann wieder richtig kalt und dann ist es wieder warm und dann kommen Regenschauer.“ Nanni).

Das Klima ist laut IPCC definiert „als das durchschnittliche Wetter [...] über einen langen Zeitraum (etwa 30 Jahre)“ (IPCC 2007). In der Denkfigur SPÜRBARER TEMPERATURANSTIEG werden somit die Konzepte *Wetterveränderung* und *Klimawandel* verwechselt. Aus dem erfahrungsbasierten Verstehen heraus erklärt sich diese Verwechslung des Klimas mit dem Wetter daraus, dass weder ein Durchschnittswert erfahrbar ist noch eine Veränderung in der Temperatur über 30 Jahre sinnvoll gefühlt werden kann; schon gar nicht von den interviewten 18-jährigen Lernern. Während das Wetter mit seinen täglichen, oft sogar stündlichen Schwankungen als zeitlich veränderlich wahrgenommen wird und Temperaturschwankungen sinnlich zugänglich werden, können klimatische Veränderungen höchstens räumlich über eine Reise in andere Klimazonen erfahrbar werden.

Mit der Denkfigur SPÜRBARE UMWELTVERÄNDERUNG wird eine wissenschaftsorientierte Sichtweise transportiert. Die Erwärmung wird hier aus einer ökologischen Perspektive heraus betrachtet, Temperaturveränderungen werden als eine Verschiebung von Durchschnittswerten argumentiert. Dabei können schon geringe Änderungen in der Durchschnittstemperatur gravierenden Einfluss auf Ökosysteme haben. Auch hier wird der Klimawandel aus einer räumlichen Perspektive heraus betrachtet (Verschiebung von Klimazonen).

5.2 Vorstellungen zu ökologischen Folgen des Klimawandels

Im Folgenden sind typische Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern zu den ökologischen Folgen des Klimawandels dargestellt (Tab. 3) und anschließend aus Perspektive der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens interpretiert. Dabei werden sowohl Vorstellungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme als auch auf die Biodiversität untersucht.

Tab. 3 Vorstellungen zu den ökologischen Folgen des Klimawandels

Lerner	Wissenschaftler
<p>„Durch die Erwärmung gibt es Waldbrände und dann sterben Tiere aus.“ Daniel</p> <p>„Die Eisbären ertrinken, weil sie nicht so weit schwimmen können.“ Emma</p> <p>„Bei uns entwickelt sich ein Klima wie am Äquator. Die Lebensräume von den Tieren werden zerstört.“ Claudia</p> <p>„Tierarten wie Eisbären sterben aus, weil sie keine Schollen mehr haben. [...] Durch den Klimawandel vermehren sich manche Arten, andere verschieben sich und wieder andere sterben aus.“ Dirk</p>	<p>Ökosysteme sind der höchsten CO₂-Konzentration und der höchsten Temperatur seit 650.000 Jahren ausgesetzt.</p> <p>20-30 % der Pflanzen- und Tierarten sind bei einem Temperaturanstieg um 2-3 °C vom Aussterben bedroht.</p> <p>Der Klimawandel wird zu Veränderungen in der Struktur, der Biodiversität und dem Funktionieren der meisten Ökosysteme führen. Die Arten werden sich nord- und gipfelwärts verschieben. (IPCC 2007)</p>

Die Vorstellungen zu den ökologischen Folgen des Klimawandels lassen sich in die Denkfiguren KLIMAWANDEL FÜHRT ZU ARTENSTERBEN und KLIMAWANDEL FÜHRT ZU UMWELTVERÄNDERUNGEN scheiden:

Tab. 4: Denkfiguren zu ökologischen Veränderungen.

Die der Denkfigur zugeordneten Konzepte sind in der Tabelle gegenübergestellt.

	KLIMAWANDEL FÜHRT ZU ARTENSTERBEN (Emma, Daniel)	KLIMAWANDEL FÜHRT ZU UMWELTVERÄNDERUNGEN	
		<i>(Dirk, Claudia)</i>	<i>(Wissenschaftler)</i>
Ursache	Erwärmung	Erwärmung	Erwärmung CO ₂ -Konzentration
Wirkung	Artensterben	Artensterben Veränderungen im Artgefüge Veränderung von Artgrenzen	

Die Denkfigur KLIMAWANDEL FÜHRT ZU UMWELTVERÄNDERUNGEN tritt in zwei Varianten auf, die sich durch die Komplexität der Ursachenzuschreibung unterscheiden: Sowohl die Wissenschaftler als auch Dirk und Claudia beschreiben einen komplexen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang in Bezug auf die ökologischen Folgen des Klimawandels. In der Variante der Wissenschaftler wird die Komplexität durch die Erweiterung des Einflussfaktors Erwärmung um den Faktor CO₂-Konzentration noch weiter erhöht. In der Denkfigur KLIMAWANDEL FÜHRT ZU ARTENSTERBEN wird hingegen ein einfach strukturierter Ursache-Wirkungs-Zusammenhang (Erwärmung → Artensterben) deutlich.

Da die ökologischen Folgen des Klimawandels von den Lernern sehr stark mit Blick auf den Verlust an Biodiversität diskutiert werden, sollen die Vorstellungen zu den Ursachen des Artensterbens genauer betrachtet werden. So konnten insgesamt drei Denkfiguren zu den Ursachen des Biodiversitätsverlustes gefunden werden, die im Folgenden erläutert sind.

Tab. 5: Denkfiguren zum Artensterben.

Die der Denkfigur zugeordneten Konzepte sind in der Tabelle gegenübergestellt. Eine Zusammenfassung der Denkfigur ist kursiv am Ende der Tabelle eingefügt.

ARTENSTERBEN DURCH KATASTROPHEN <i>(Emma, Daniel)</i>	ARTENSTERBEN DURCH PLATZMANGEL <i>(Dirk, Claudia)</i>	ARTENSTERBEN DURCH VERÄNDERUNG DER ÖKOLOGISCHEN NICHE <i>(Wissenschaftler)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Durch das schnelle Schmelzen der Pole ertrinken Tiere. • Durch Waldbrände sterben Arten aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch das Schmelzen der Pole verschwindet der arktische Lebensraum. • Die Lebensräume von Tieren werden zerstört. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch das Schmelzen der Pole verkleinert sich der arktische Lebensraum. • Durch die Erwärmung und die gestiegene CO₂-Konzentration verändert sich das Artengefüge in Ökosystemen.
<p style="text-align: center;"><i>Erwärmung</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"><i>Katastrophe</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"><i>Artensterben</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Erwärmung</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"><i>Platzmangel</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"><i>Artensterben</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Erwärmung + CO₂</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"><i>neue Umweltbedingungen</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"><i>Artensterben</i></p>
<p><i>Arten sterben aus, weil sie bei Katastrophen umkommen.</i></p>	<p><i>Arten sterben aus, weil sie keinen Platz mehr zum Leben haben.</i></p>	<p><i>Arten sterben aus, weil ihre ökologische Nische verschwindet.</i></p>

In den Denkfiguren ARTENSTERBEN DURCH KATASTROPHEN und ARTENSTERBEN DURCH PLATZMANGEL (vgl. MENZEL 2007) wird deutlich, dass Lerner die Ursachen des Biodiversitätsverlustes eher eindimensional betrachten, während in der Denkfigur ARTENSTERBEN DURCH VERÄNDERUNG DER ÖKOLOGISCHEN NICHE durch die Veränderung zweier abiotischer Faktoren (Temperatur und CO₂) eine ganzen Kaskade an Umweltveränderungen auftritt, die wiederum das Artgefüge verändern und zum Biodiversitätsverlust führen. Während die ersten beiden Denkfiguren eher lebensweltlich geprägt sind, orientiert sich die letzte

Denkfigur an ökologischen Kriterien. In der Denkfigur ARTENSTERBEN DURCH KATASTROPHEN findet darüber hinaus eine Verwechslung der Ebenen »Individuum« und »Art« statt.

Die Denkfigur Artensterben durch VERÄNDERUNG DER ÖKOLOGISCHEN NICHE kann auch von Lernern genutzt werden, ohne dabei über alle Konzepte zu verfügen, die Wissenschaftler nutzen (z. B. *CO₂ als Umweltfaktor*). Die Nutzung von Eisbären als Metonymie für das Artensterben ist vermutlich auf die mediale Präsenz dieser Art und ihres Lebensraums im Rahmen der Berichterstattung zum Klimawandel zurückzuführen.

5.3 Auswirkungen des Klimawandels auf Wasser und Meeresspiegel

Im Folgenden sind typische Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Wasser und Meeresspiegel dargestellt und anschließend aus der Perspektive der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens interpretiert.

Tab. 2: Vorstellungen zum Anstieg des Meeresspiegels .

Lerner	Wissenschaftler
<i>Durch den Klimawandel werden Polkappen schmelzen und der Wasserspiegel steigen, so dass gewisse Inseln und Holland in kürzester Zeit überschwemmt werden.</i> Claudia	<i>Der Meeresspiegel wird bis 2100 um 0,2-0,6 m steigen.</i>
<i>Die Gletscherschmelze in den Alpen führt zu Überschwemmungen.</i> Jürgen	<i>Der Anstieg des Meeresspiegels resultiert aus der thermischen Expansion sowie dem Abschmelzen der Gletscher in der Antarktis und Grönlands.</i>
<i>Wenn die Polkappen schmelzen, steht Hannover an der Küste.</i> Emma	<i>Durch die alpine Gletscherschmelze kommt es zu Überschwemmungen und Problemen in der Trinkwassergewinnung. (IPCC 2007)</i>

Lerner sagen einen Anstieg des Meeresspiegels um bis zu 50 Meter (Hannover liegt ca. 55 m über NN) voraus, was ca. zwei Zehnerpotenzen über den wissenschaftlichen Prognosen liegt. Dies ist aus der Perspektive der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens darauf zurückzuführen, dass die Lerner sich einen für sie erfahrbaren Anstieg des Meeresspiegels vorstellen müssen, der auch die in den Medien transportierte Dramatik des Klimawandels rechtfertigt. Auch hier werden den Prognosen subjektive anstatt ökologische Maßstäbe für die Einschätzung des Meeresspiegelanstiegs zugrunde gelegt.

Die Ursache des Meeresspiegelanstiegs wird von den Lernern auf eine Schmelze der Polkappen zurückgeführt. Dies hält einer fachlichen Konfrontation jedoch nur bedingt stand, da der Nordpol eine komplett schwimmende Eismasse darstellt, die beim Schmelzen kein weiteres Wasser verdrängt, und somit

nicht zu einem Anstieg des Meeresspiegels führen würde. Dass die Lerner bei der Polschmelze besonders die Arktis berücksichtigen, zeigt sich darin, dass sie als Leid tragende Organismen wiederholt den Eisbären nennen. Schmelzende Gletscher auf Grönland oder der Antarktis, die den Wissenschaftlervorstellungen folgend zu einem Anstieg des Meeresspiegels führen ebenso wie die thermische Ausdehnung des Wassers bei Erwärmung, werden nicht erwähnt. Nur ein Lerner erwähnt die Gletscherschmelze in den Alpen und der damit verbundenen Überschwemmungsgefahr an Schmelzwasser abführenden Flüssen als Folge der Erwärmung. Die Gefahr des Trinkwassermangels aufgrund des Gletscherrückgangs wird von Lernern nicht erwähnt.

6 Diskussion und Ausblick

Es wurden verschiedene Denkfiguren gefunden, die für das Verstehen des Denkens von Lernern zu den Folgen der globalen Erwärmung zentral sind und somit die Basis für Vermittlungsangebote bilden. Die Denkfiguren zum Ausmaß der globalen Erwärmung unterscheiden sich dabei in ihrem Bezug: Die Denkfigur SPÜRBARE TEMPERATURVERÄNDERUNG orientiert sich an subjektiven Kriterien und die Denkfigur SPÜRBARE UMWELTVERÄNDERUNG an ökologischen Kriterien. Wie kommt es jedoch, dass die von Wissenschaftlern prognostizierte Erwärmung um 3 bis 6 °C subjektiv als positiv empfunden wird, während die Erwärmung in den Lernervorstellungen und auch die Folgen der globalen Erwärmung durchweg negativ beschrieben werden?

Der Denkfigur SPÜRBARE TEMPERATURVERÄNDERUNG folgend muss die globale Erwärmung zwei Bedingungen erfüllen: (a) Die Temperaturerhöhung muss spürbar sein und (b) da der Klimawandel als bedrohlich kommuniziert wird (PANSEGRAU 2000), muss die erhöhte Temperatur als unangenehm empfunden werden. Der wahrnehmbaren Temperaturskala liegt dabei keine metrische Skalierung zugrunde, sie basiert auf einer subjektiv empfundenen Temperaturgraduierung von angenehm (warm - kühl) bis unangenehm (heiß - kalt). Ob hohe Temperaturen als warm oder heiß empfunden werden, basiert unter anderem auf der getragenen Kleidung, dem subjektiven Empfinden, der Feuchtigkeit etc. Im Allgemeinen gilt jedoch für den bekleideten Zustand, dass Temperaturen jenseits der 32 °C als heiß empfunden werden (MATZARAKIS 2001). Um der medial vermittelten Dramatik gerecht zu werden, müssen Lerner die Temperaturveränderungen somit jenseits der 32 °C prognostizieren. Dies würde auch erklären, warum Lerner einer Erwärmung um 3-6 °C häufig eher positiv entgegen blicken: Die Durchschnittstemperaturen Deutschlands liegen mit ca.

9,8 °C im unteren Teil des Behaglichkeitsbereiches (0-20 °C bei entsprechender Kleidung, MATZARAKIS 2001). Eine Erwärmung um 3-6 °C würde die subjektiv empfundene Temperatur stärker in den Behaglichkeitsbereich rücken und erst jenseits der 32 °C als heiß empfunden werden.

Es stellt sich außerdem die Frage, wie sich die Vorstellungen zu den Folgen und zum Ausmaß der Umweltveränderungen, wie dem Meeresspiegelanstieg oder dem Artensterben, erklären lassen, die häufig von Lernern wesentlich stärker beschrieben werden als von Wissenschaftlern. Während SANDER (2003) bei Lernern ein eher statisches Naturbild beschreiben konnte, zeigen die hier erhobenen Vorstellungen zum Klimawandel, dass sich Lerner in Klasse 12 durchaus ein leichtes Fließen der Natur vorstellen können, indem sie einen langsamen, natürlichen Klimawandel als naturhistorische Tatsache beschreiben („*Es gibt den natürlichen Klimawandel, der sich über Jahrhunderte hinzieht, schon sehr lange. Der anthropogene Treibhauseffekt beschleunigt den Klimawandel und macht ihn schlimmer.*“ Claudia). Ein Klimawandel wird somit nicht generell als problematisch empfunden. Vielmehr scheint das Problem des derzeitigen Klimawandels für Lerner mit den Begriffen *menschlich*, *schnell* und *stark* verbunden zu sein: Während der natürliche Klimawandel in den Vorstellungen der Lerner langsam ist und nur zu leichten Umweltveränderungen führt, ist der derzeitige Klimawandel unnatürlich, schnell und hat starke Auswirkungen. Die Lerner äußern somit eine für die Ökologie bis Mitte des 20. Jahrhunderts klassische Sichtweise einer wohlgeordneten und harmonischen Natur (JAX 1999). Während es in den letzten Jahren in der Ökologie einen Perspektivwechsel weg vom Bild einer harmonischen und sich im Gleichgewicht befindenden Natur und von einem streng zwischen Mensch und Natur trennenden Ansatz gegeben hat, halten Lerner an diesem Naturverständnis fest. Moderne Ökologiebegriffe gehen von einem Fließen der Natur aus und beschreiben das Verhältnis zwischen Mensch und Natur eher integrativ (SANDER 2003) und das natürliche Gleichgewicht als eine Serie von Ungleichgewichten (KATTMANN 2005). Die meisten Lerner hingegen vollziehen diese Schritte nicht: Die Natur wird als ein immerwährendes, leicht fließendes Gleichgewicht gesehen, das vom Menschen gestört wird.

Für die Lerner ergibt sich dabei ein Konzept, das als »*Langsame Veränderungen sind gut, schnelle Veränderungen sind schlecht*« am treffendsten beschrieben werden kann. Dies kann lebensweltlich damit erklärt werden, dass durch eine schnelle Veränderung Gewohntes verschwindet und neue Herausforderungen entstehen, deren Bewältigung unklar ist. Bei einer langsamen Veränderung tritt eine Gewöhnung auf, während man bei einer abrupten Verände-

rung „*ins kalte Wasser geworfen*“ wird und sich alternativlos der neuen Situation stellen muss. Flankiert wird diese Vorstellung von einem weiteren orientierenden Konzept: »*Wenig Veränderung ist gut, viel Veränderung ist schlecht.*« Die Natur wechselt ihr Bild dabei immer in kleinen, fließenden Veränderungen. Treten sprunghafte Veränderungen auf, kommt es zu Katastrophen.

Der positiven Einstellung zur Natur und ihrem natürlichen Gleichgewicht steht eine negative Einschätzung des Menschen gegenüber. Natürliche Ursachen für Umweltveränderungen werden von den Lernern nach dem naturalistischen Fehlschluss (MOORE 1903) als »gut« (»*natürlich ist gut*«) und menschliche oder künstliche Ursachen als »schlecht« (»*menschlich ist schlecht*«) bezeichnet. Während Wissenschaftler auch noch positive Veränderungen bei einer mäßigen Erwärmung ausmachen können (*Weniger Kältetote im Winter, Zunahme der Ernteerträge in hohen Breiten*), werden diese von Lernern nicht beschrieben. Dies ist damit zu erklären, dass die Auswirkungen der globalen Erwärmung als grundsätzlich negativ bewertet werden und somit die Folgen des Klimawandels nicht positiv sein können.

Die häufig von Lernern um Potenzen stärker als von Wissenschaftlern beschriebenen Folgen des Klimawandels lassen sich zusammenfassend auf Grundlage der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehen erklären:

- Die Lerner schätzen Umweltveränderungen nicht nach ökologischen Kriterien sondern nach persönlichen Erfahrungen ein. Während die Umwelt schon auf geringe Änderungen bestimmter Faktoren reagiert, sind persönliche Erfahrungen erst bei stärkeren Umweltveränderungen machbar. So werden Temperaturveränderungen, Meeresspiegelanstieg und Artensterben wesentlich stärker prognostiziert als von Wissenschaftlern.
- Das Denken der Lerner in Bezug auf Umweltveränderungen ist von den Konzepten »*Wenig Veränderung ist gut, viel Veränderung ist schlecht*« und »*Langsame Veränderung ist gut, schnelle Veränderung ist schlecht*« strukturiert. Da die Folgen des Klimawandels als »schlecht« wahrgenommen werden, müssen sie entsprechend schnell und stark eintreten.

Die identifizierten Denkfiguren bilden die Grundlage für die Entwicklung von Vermittlungsangeboten. In der sich anschließenden Interventionsstudie sollen die Denkfiguren validiert und auf ihre Bedeutung im Vermittlungsprozess hin evaluiert werden.

Zitierte Literatur

BORD, R. J., R. O'CONNOR, et al. (2000): In what sense does the public need to understand global climate change? *Public Understanding of Science* 9, 205-218.

- CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2002): *Biology*. Benjamin Cummings, San Francisco.
- EKBORG, M. & M. ARESKOUG (2006): How students teacher's understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. *NorDiNa* 5, 17-29.
- GROPENGIEBER, H. (2005): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: P. MAYRING & M. GLÄSER-ZIKUDA (Hrsg.): *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. Beltz, 172-189.
- GROPENGIEBER, H. (2007): Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*, Springer, Berlin.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Genf.
- JAX, K. (1999): Naturkonzepte in der wissenschaftlichen Ökologie. *Die Natur der Natur*. Bielefeld, 96-104.
- KATTMANN, U. (2007): Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*, Springer, Berlin.
- KATTMANN, U. (2005): Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? – Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *ZfDN* 11, 165-174.
- LAKOFF, G. & M. JOHNSON (1980): *Metaphors We Live By*. The University of Chicago Press, Chicago.
- MATZARAKIS, A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Meteorologisches Institut der Universität Freiburg, Freiburg.
- MAYRING, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse*. Beltz UTB, Weinheim.
- MENZEL, S. (2007): Learning Prerequisites for Biodiversity Education – Chilean and German Pupils' Cognitive Frameworks and Their Commitment to Protect Biodiversity *Biologiedidaktik*. Göttingen; Universität Göttingen.
- MOORE, G. E. (1903): *Principia Ethica*. Dover Philosophical Classics, Dover.
- NIEBERT, K. (2007): Den Klimawandel verstehen. In: H. VOGT, et al., D. KRÜGER, A. U. Z. BELZEN, M. WILDE & K. BÄTZ (Hrsg.): *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 6, Kassel - Berlin - Bielefeld.
- PANSEGRAU, P. (2000): „Klimaszenarien, die einem apokalyptischen Bilderbogen gleichen“ oder „Leck im Raumschiff Erde“. Eine Untersuchung der kommunikativen und kognitiven Funktionen von Metaphorik im Wissenschaftsjournalismus anhand der Spiegelberichterstattung zum ‚Anthropogenen Klimawandel‘. Dissertation, Universität Bielefeld, Fak. f. Linguistik und Literaturwissenschaft.
- RIEMEIER, T. (2007): Moderater Konstruktivismus. In: D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin.
- SANDER, E. (2002): Harmonisch-stabile oder ‚fließende‘ Natur? Zum Naturverständnis in der Ökologie und bei Schülerinnen und Schülern . In: H. VOGT, D. KRÜGER & U. UNTERBRUNER (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. Salzburg, 83-90.
- SCHREINER, C. et al. (2005): Climate education: Empowering today's youth to meet tomorrow's challenges. *Studies in Science Education* 41, 3-50.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2003): *Klimatologie*. UTB, Stuttgart.
- SMITH, T. M. & R. L. SMITH (2006): *Elements of Ecology*. Pearson, San Francisco.
- STRAUSS, A. & J. CORBIN (1996): *Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung*. Beltz, Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- UNCED (1992): *Agenda 21*. Paper presented on the UN Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, Brazil.
- WIDODO, A. & R. DUIT (2004): Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *ZfDN* 10, 232-254.