



Schülervorstellungen zur eisigen Welt der Polargebiete. Ergebnisse einer explorativ angelegten Studie

Pupils' Concepts of the Pole Regions—An Exploratory Study

Dominik Conrad 

Zitieren dieses Artikels:

Conrad, D. (2012). Schülervorstellungen zur eisigen Welt der Polargebiete. Ergebnisse einer explorativ angelegten Studie. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 40(3), S. 105-127. doi 10.18452/25096

Quote this article:

Conrad, D. (2012). Schülervorstellungen zur eisigen Welt der Polargebiete. Ergebnisse einer explorativ angelegten Studie. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 40(3), pp. 105-127. doi 10.18452/25096

Schülervorstellungen zur eisigen Welt der Polargebiete

Ergebnisse einer explorativ angelegten Studie

Dominik Conrad

Pupils' concepts of the Polar Regions - An exploratory study

Polar Regions are used by scientists as early warning system of global climate change, and their significance in climate change science should be reflected in the geography curriculum. Taking a psychology approach, the research looked at mental models as a representation of pupils' starting points of learning. To date few research results are available on pupils' perceptions of the Polar Regions and the cryosphere. This explorative study focused on year eight pupils identifying their conceptions of the Arctic and Antarctic. A key finding was that pupils often have analogue conceptions of the Polar Regions in both hemispheres. Typical mental models included the existence of a huge island, consisting of ice many hundred metres thick, icebergs as term to describe glaciers or seen as a relic of the last ice age and sea-level rising as a result of melting sea ice. These conceptions do not conform to existing scientific knowledge. This article presents the central results of the study and draws out implications and suggestions for associated changes in teaching. The article finishes with a proposed set of further research topics.

Keywords: alternative conceptions, Polar Regions, cryosphere, project „Coole Klassen“, 4th International Polar Year

1 Zweck der Studie und Begründung der Themenwahl

Vom 1. März 2007 bis zum 1. März 2009 fand, initiiert vom *International Council for Science* (ICSU) und der *World Meteorological Organisation* (WMO), das 4. Internationale Polarjahr statt (siehe hierzu: AWI 2007). Neben dem Ziel, ein besseres Verständnis über die Polarregionen zu erlangen, ging es den Initiatoren auch darum, die Bedeutung der Polarforschung in der öffentlichen Wahrnehmung zu stärken. In diesem Zusammenhang wurde in vielen Ländern, auch in Deutschland, eine enge Zusammenarbeit mit der Institution Schule angestrebt. Das Projekt Coole Klassen, in dessen Rahmen die diesem Artikel zugrunde liegende Zu-

lassungsarbeit zu Schülervorstellungen zu ausgewählten Aspekten der Polarregionen angefertigt wurde, hat sich zur Aufgabe gemacht, durch eine Vielzahl von Initiativen den Polargebieten in den Schulen eine größere und auch eine ihrer aktuellen Bedeutung angemessene Präsenz zu verschaffen (vgl. DGP 2011). Lehrer können an Forschungsreisen in die Polarregionen teilnehmen, neue Unterrichtsmaterialien wurden und werden entwickelt. Die empirische Erforschung der Schülervorstellungen zu Arktis und Antarktis soll einen Beitrag zur sinnvollen Gestaltung von Lernumgebungen leisten, denn aus lernpsychologischer Sicht stellen Schülervorstellungen die Ausgangspunkte des Lernens dar.¹ Zunächst musste

¹ Da in vielen anderen Publikationen bereits ausführlich (z.B. Duit 2008; Reinfried 2008, 2010) darauf eingegangen wurde, in welcher Weise Präkonzepte auf den Lernprozess einwirken, wird an dieser Stelle auf eine Schilderung der Theorie verzichtet.

eine sinnvolle Auswahl relevanter Aspekte getroffen werden. SCHULER (2004) stellte in seiner Untersuchung zu Schülervorstellungen über die Folgen des Klimawandels fest, dass die Wirkungskette Schmelzen der Polkappen → Anstieg des Meeresspiegels → Überschwemmung von Küsten diejenige ist, welche von Schülern² am häufigsten genannt wird. Um die Auswirkungen eines Schmelzens der Polkappen zu beurteilen, bedarf es genauer Kenntnisse über die Kryosphäre in den Polargebieten. Diese sollte daher im Zentrum der Untersuchung stehen. Dabei kam es zu einer Aufgliederung in vier Themenbereiche. Den ersten Themenbereich bildeten Vorstellungen zur Gestalt (d.h. Vorstellungen von der Form, dem Aufbau und der Größe) der Polargebiete, da das Wissen hierüber von entscheidender Bedeutung bei der Bewertung von Veränderungen in der Kryosphäre und deren Auswirkungen ist. Der gleichen Intention folgend, ergaben sich als weitere Themenbereiche Vorstellungen zu Landeismassen (Themenbereich 2) und Vorstellungen zu Meereis (Themenbereich 3). Die Erhebung von Schülervorstellungen zu Ursachen und Auswirkungen eines Schmelzens der Polkappen (Themenbereich 4) erfolgte schließlich sowohl unter der Zielsetzung aufzudecken, welche Verknüpfungen im Denken der Schüler besonders gut repräsentiert sind, als auch mit dem Ziel, bei Vorgabe verschiedener möglicher betroffener Bereiche die möglichen, von den Schülern antizipierten Verbindungen offenzulegen.

2 Stand der Forschung zu Schülervorstellungen über die Polargebiete und die Kryosphäre

Die Ludwigsburg-Luzerner Bibliographie zur Alltagsvorstellungsforschung in den Geowissenschaften (REINFRIED, SCHULER 2010) weist nur sechs Publikationen unter

dem Stichwort Kryosphäre aus (DOVE 1999; HAPPS 1982; LIBARKIN, KURDZIEL 2006; PHILIPS 1991; REINFRIED, HUG 2008; FELZMANN 2010). Die Publikationen von LIBARKIN, KURDZIEL (2006) und PHILIPS (1991) thematisieren Schülervorstellungen über Gletscher nur ganz am Rande. FELZMANN (2010) untersucht Schülervorstellungen zur Gletscherbewegung, während REINFRIED, HUG (2008) die Gletschervorstellungen deutscher Schüler mit denen neuseeländischer Schüler (HAPPS 1982) ausführlich verglichen haben. Die Ergebnisse dieser Studie konnten in der hier vorliegenden Untersuchung bestätigt werden, worauf an den entsprechenden Textstellen verwiesen wird. DOVE (1999) geht zum Beispiel darauf ein, dass sich Lernende die Antarktis als flaches Ödland aus Schnee und Eis vorstellen, unter dem sich keine feste Landmasse befindet. Die große Ansammlung von Eis und Schnee führen die von ihr befragten Schüler darauf zurück, dass es in den Polargebieten viel Niederschlag gibt. Die geringe Zahl von Publikationen zum Stichwort Kryosphäre in der Ludwigsburg-Luzerner Bibliographie lässt darauf schließen, dass bis jetzt noch sehr wenige Studien zum Thema Schülervorstellungen über die eisige Welt der Polargebiete durchgeführt worden sind.

3 Untersuchungsdesign und Methodik

Bei der Erhebung von Schülervorstellungen geht es um das Verständnis der Denkstrukturen der Schüler. Quantitative Forschung abstrahiert das Besondere. Qualitative Forschung erscheint somit geeigneter, um Lernervorstellungen in ihrer Tiefe zu erfassen. Anhand von Einzelfällen können typische Denkstrukturen erfasst werden (vgl. LAMNECK 2005). Die Erfassung der Schülervorstellungen zu den Polargebieten erfolgte mittels teilstrukturierter Interviews. Der Interviewleitfaden wurde zuvor einem

² Aus Gründen der besseren Lesbarkeit schließt die männliche Form die weibliche Form im gesamten Artikel mit ein.

Pretest, teils mit Studierenden, teils mit Schülern, unterzogen. In der eigentlichen Studie wurden sieben Schüler (3w, 4m) der achten Realschulklasse interviewt. Zur Berücksichtigung einer großen Bandbreite unterschiedlicher Erfahrungen mit Eis und Schnee wurden sowohl Realschüler aus dem Hochschwarzwald als auch Realschüler aus Rheinland-Pfalz befragt. Während im Hochschwarzwald Schnee und Eis zu jedem Winter gehören, kommt es in Rheinland-Pfalz weit seltener zu festem Niederschlag. Die Auswahl der Schüler erfolgte durch die Lehrkräfte vor Ort nach Vorgabe der Kriterien Geschlecht, mittleres Leistungsniveau und gute kommunikative Fähigkeiten. Den Schülern war das Thema des Interviews im Vorfeld nicht bekannt. Zu Beginn des Interviews wurde den Schülern der Sinn der Untersuchung transparent gemacht. Dabei wurde unter anderem verdeutlicht, dass es sich nicht um eine Testsituation handelt und dass die Daten streng vertraulich behandelt werden. Die Dauer der Interviews betrug zwischen 50 Minuten und 1½ Stunden.

Um in einem weiteren Schritt in Ansätzen mögliche andere, durch die Interviews nicht erfasste Schülervorstellungen zu erkunden, wurden zusätzlich Schülervorstellungen

mittels Fragebogen in drei verschiedenen achten Realschulklassen erhoben. Zweckmäßigerweise wurden ausschließlich offene Fragenformate verwendet. Um das Risiko eines möglichen Abschreibens zu verringern, kamen verschiedene Fragebögen zum Einsatz. Eine Übersicht über die diesem Artikel zugrundeliegenden Aufgaben und Fragen, mit denen die Schüler konfrontiert wurden, (unter Angabe der Größe der jeweiligen Stichprobe) bietet Tabelle 1. Um die Frage zu klären, ob es sich bei den in den Interviews erhaltenen Vorstellungen um Singularitäten handelt oder ob Anzeichen dafür existieren, dass diese Vorstellungen in der Breite anzutreffen sind, wurden die Fragebögen auch quantitativ ausgewertet. Jeder Fragebogen wurde dabei mit einem Code versehen. Die Auswertung erfolgte über das Tabellenkalkulationsprogramm Excel. Die Aussagen der Schüler zu einem Themengebiet wurden zunächst im Wortlaut übernommen. Dann erfolgte eine Zuordnung zu induktiv gewonnenen Kategorien auf der Ebene von Konzepten. Die Codierung diente dabei dem tieferen Verständnis der Schüleraussagen zu einem Gebiet, da manchmal durch Aussagen zu einem verwandten Thema die Gedanken

Tab. 1: Übersicht über das Vorgehen und die Stichprobengröße bei der schriftlichen Befragung

Themenbereich	Schriftliche Befragung
1. Gestalt der Polargebiete	Die Schüler wurden gebeten, eine Weltkarte zu zeichnen, die Kontinente zu nummerieren und schließlich zu beschriften. (n = 33)
2. Landeismassen	Was stellst du dir unter einem Gletscher vor? (n=37) Wie entsteht deiner Meinung nach ein Gletscher? (n=37) Was ist deiner Meinung nach der Unterschied zwischen Eis und Schnee? Gibt es überhaupt einen? (n=44)
3. Meereis	Was ist ein Eisberg? (n=33) Wie entsteht ein Eisberg? (n=33) Wie alt ist das Meereis, auf das man im Nordpolarmeer treffen kann? (n=22) Das Nordpolarmeer ist zu einem erheblichen Teil mit Eis bedeckt. Wenn dieses Eis schmilzt, steigt dann der Meeresspiegel, bleibt er gleich oder sinkt er? (n=47) Angenommen Eiswürfel in einem Wasserglas schmelzen: Steigt dann der Wasserstand, bleibt er gleich oder sinkt er? (n=22)
4. Schmelzen der Polkappen	Zeichnen einer <i>concept map</i> über Ursachen und Folgen eines Schmelzens der Polkappen (n=61)

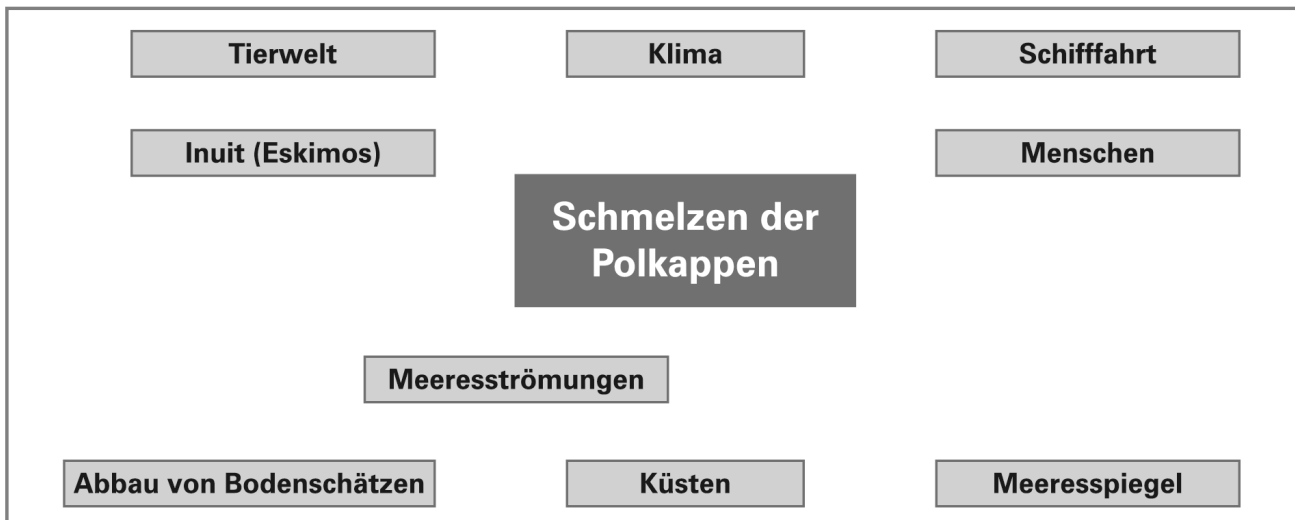


Abb. 1: Vorlage *concept map*, Themenbereich 4

der Schüler besser verständlich wurden.

Bei Themenbereich 4 wurde mit 61 Schülern eine im Vergleich zu den anderen Themenbereichen erweiterte Stichprobe gewählt. Ziel war es herauszufinden, welche Ursachen und Folgen eines Schmelzens der Polkappen in den Vorstellungen der Schüler besonders häufig und damit gut repräsentiert und welche Bereiche unterrepräsentiert sind. Dazu wurden 61 Schüler aus drei verschiedenen achten Klassen gebeten, mithilfe einer Vorlage (Abb.1) eine Concept Map zum Schmelzen der Polkappen zu entwerfen. Dazu sollten sie mittels Pfeilen einzeichnen, welche Bereiche im Zusammenhang eines Schmelzens der Polkappen einen Einfluss auf andere Bereiche besitzen, die Pfeile durchnummerieren und jeweils eine Erklärung für den gezogenen Pfeil abgeben. Dieses Vorgehen wurde zuvor im Plenum am Beispiel Doping gemeinsam eingeübt. Die Vorgabe von Kategorien ermöglicht, auch die Verbindungen aufzudecken, welche Schüler zwischen möglichen betroffenen Bereichen ziehen, die ohne Vorgabe, insbesondere bei einer schriftlichen Befragung, schwer erfassbar wären. Gerade diese Verbindungen stehen bei der Behandlung dieses Themenkomplexes im Zentrum des Interesses. Bei der Erstellung der Vorlage wurde darauf geachtet, ein für die Schüler verständliches

Vokabular zu verwenden. Die Bezeichnung ‚Schmelzen der Polkappen‘ wurde gewählt, weil sie relativ häufig in den Medien anzutreffen ist. Zudem wurde die Bezeichnung Eskimo trotz ihrer negativen Bedeutung zusätzlich zu der Bezeichnung Inuit verwendet, da nicht abzuschätzen war, inwieweit die Schüler mit dem Ausdruck Inuit vertraut sind. In den Interviews wurde die Vorlage durch ein leeres Feld ergänzt, um den Schülern die Möglichkeit zu geben, weitere mögliche Verbindungen zu ziehen.

4 Ergebnisse der Studie

4.1 Schülervorstellungen zur Gestalt der Polargebiete

4.1.1 Ergebnisse

Die sieben interviewten Schüler wurden zu Beginn des Interviews gebeten, eine Weltkarte zu zeichnen. Alle interviewten Personen zeichneten diese zunächst, ohne dabei die Polargebiete zu berücksichtigen. Erst auf Nachfrage des Interviewers wurde deutlich, dass die Polargebiete in den Vorstellungen von der Erde sehr wohl verankert sind. Vier der Schüler zeichneten die Polarregionen nun als Halbkreise (vgl. Abb. 2), einmal wurden sie kreisförmig eingezeichnet (vgl. Abb. 3), zwei der Schüler ergänzten auch auf Nachfrage ihre Karte nicht.

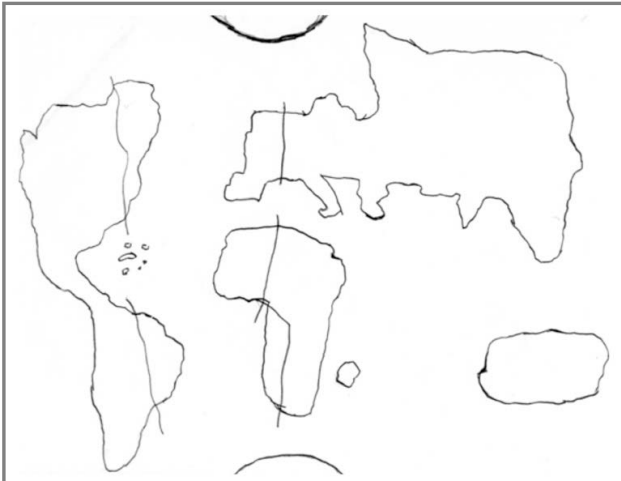


Abb. 2: Die Polargebiete werden als Halbkreise gezeichnet

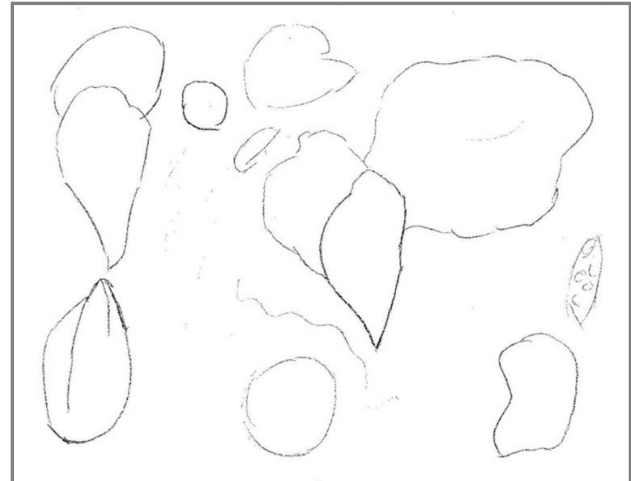


Abb. 3: Die Polargebiete werden als kreisförmige Gebilde gezeichnet

Bei der schriftlichen Befragung (Themenbereich 1) machten 21 der 33 Schüler die Polargebiete in ihren Karten kenntlich. Abbildung 4 zeigt, auf welche Weise das Einzeichnen der Polargebiete in absoluten Häufigkeiten erfolgte.

Auffallend häufig wurden die Polargebiete beider Hemisphären auf die gleiche Wei-

se dargestellt. In den Interviews bestand die Möglichkeit, die Schüler ihre Vorstellungen von der Gestalt der Polargebiete erläutern zu lassen. Diese Vorstellungen finden sich in Tabelle 2.

Bei Vorstellung 2 (V.II, vgl. Tab. 2) muss die Einschränkung beachtet werden, dass eine Schülerin, die diese Vorstellung von

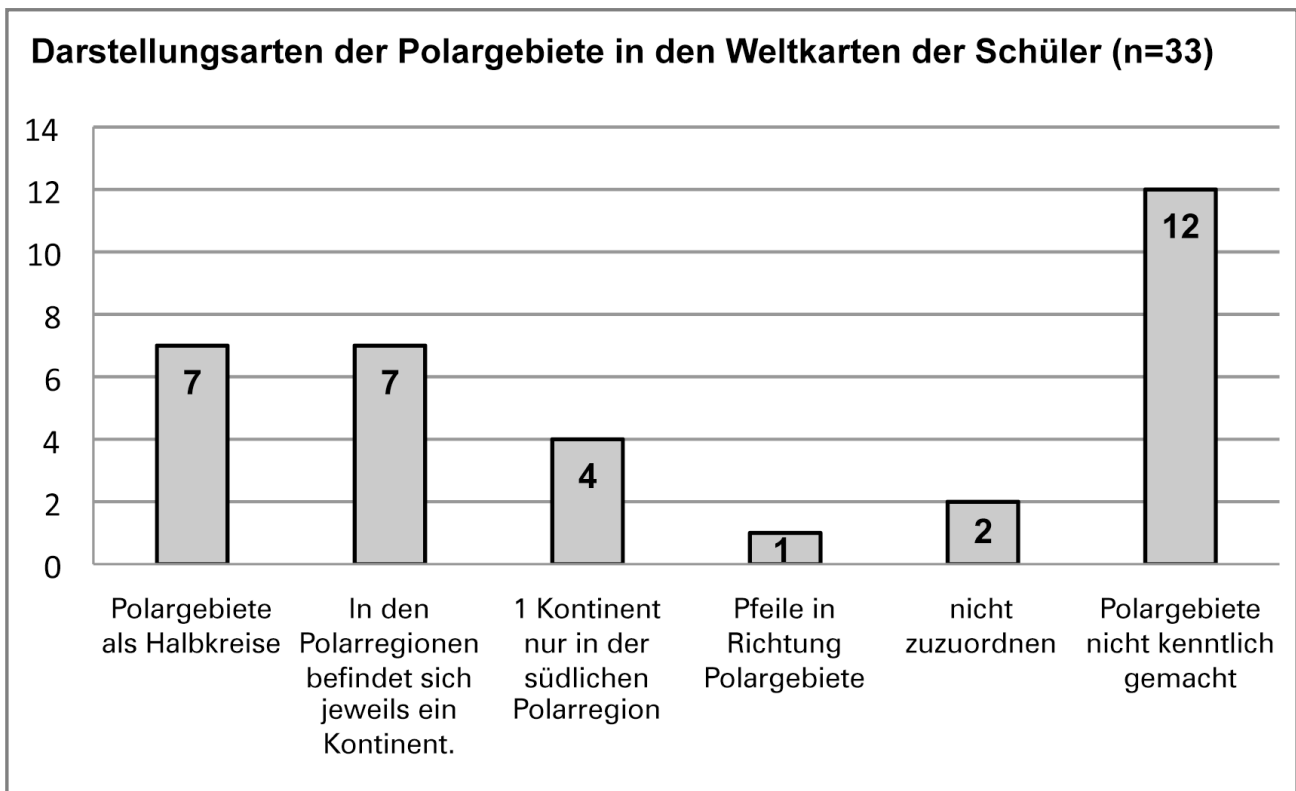


Abb. 4: Häufigkeit (absolut) verschiedener Darstellungsarten der Polargebiete in den Weltkarten

Tab. 2: Vorstellungen der interviewten Schüler zur Gestalt der Polargebiete

Vorstellungen	Anzahl der Nennungen Nordpolargebiet	Anzahl der Nennungen Südpolargebiet
V.I: eine riesige Eisfläche, die tief ins Wasser ragt	4	2
V.II: ein von einem Meer umgebener Kontinent	2	4
V.III: mehrere von Meer umgebene Kontinente	1	1

beiden Polargebieten hat, von Landflächen spricht. Sie verfügt nicht über eine fachlich angemessene Begriffsvorstellung bezüglich des Terminus Kontinent. Die Schüler, die über Vorstellung 1 (V.I) verfügen, verwenden unterschiedliche Begriffe für diese Eisfläche: ein riesiger Eisklotz, Eisplatten, Eisschichten, Eisland, Eisfläche und Rieseneis-scholle. Zwei der Schüler gehen davon aus, dass die Inuit (zumindest einige von ihnen) auf dieser Eisfläche wohnen. Die Eisfläche rage um die 100 Meter tief ins Wasser. Eine Schülerin spricht sogar von mehreren Kilometern. Ein Schüler geht davon aus, dass die Eisfläche in der Mitte am dicksten sei und zu den Rändern hin abflache. Unter diesen Eisflächen befände sich Wasser, aber kein Festland. Die Beschreibungen der Schüler wirken malerisch, sie gehen von einer Landschaft aus Eis aus („wie ein Land ist das, ein Eisland“) mit unregelmäßigem Relief, Lebensraum weniger Tiere, vom Meer umgeben. Die Größe der Eisfläche wird unterschiedlich geschätzt: so groß wie Deutschland, so groß wie Australien, halb so groß wie Afrika. Das Alter der Eisfläche wird auf mehrere Millionen Jahre beziffert. Die Entstehung wird auf drei verschiedene Arten erklärt: 1. durch Gefrieren des Meer-eises, 2. durch Abbrechen einer riesigen Eisfläche vom Festland und 3. durch Ansamm-lung und Aufstaplung von Eis an den Polen, das von Gletschern abgebrochen sei.

4.1.2 Erklärungsansätze

Wie kommt es dazu, dass die Polargebiete häufig von Schülern auf die gleiche Weise dargestellt werden? Wieso existiert in den Weltkarten so vieler Schüler der Kontinent

Antarktika nicht? Und wie könnte die Vorstellung eines riesigen Eisklotzes in den hohen Breiten zustande gekommen sein? Im Folgenden soll versucht werden, die Genese der in der Studie vorgefunden Alltagsvorstellungen zu analysieren, was sich als hilfreich bei der Erstellung von Lernmaterialien erweisen kann. Dabei behalten die Erklärungsversuche hypothetischen Charakter.

Die analoge Darstellung der Polargebiete könnte damit erklärt werden, dass beide Regionen viele Gemeinsamkeiten aufweisen und die Schüler die Polargebiete daher oft nicht auseinanderhalten können. Mit Arktis und Antarktis stehen zwei Begriffe zur Auswahl, die auch Erwachsene häufig durcheinanderbringen. Oft werden beide Polargebiete zeitnah unterrichtet. Beim Lernprozess kann es zu Übergeneralisierungen kommen, dann können Informationen, die über eine Polarregion gelernt werden, auf Polarregionen im Allgemeinen übertragen werden. In den Medien wird oft undifferenziert von den Polargebieten oder den Polkappen gesprochen. Auch könnte, ebenso wie bei der Darstellung der Polargebiete als Halbkreise oder Kreise, die Vorstellung der Erde als Kugel eine Rolle spielen. Kugeln zeichnen sich durch symmetrische Hälften aus. Die kreisförmige Darstellung in den Schülerzeichnungen könnte durch den Begriff der Polkappen naheliegen.

Aus der Nichtberücksichtigung Antarktikas in den Weltkarten vieler Schüler darf man nicht den Schluss ziehen, dass ihnen dieser Kontinent nicht bekannt sei. Allerdings spielt er in ihren Karten von der Welt keine Rolle. Dies verwundert nicht, denn auf den meisten Weltkarten, mit de-

nen man im täglichen Leben konfrontiert ist, wird man vergebens nach Antarktika suchen. Wir haben es schließlich, abgesehen von einigen Forschungsstationen, mit einem nahezu unbewohnten Kontinent zu tun. Dementsprechend selten wird auch in den Medien über Antarktika berichtet. Auch auf vielen thematischen Karten der Erde in Schulatlanten wird die südliche Polarregion nicht berücksichtigt. Lediglich eine der 37 thematischen Karten der Erde, die sich im DIERCKE WELTATLAS (2008) auf den Seiten 234 bis 258 befinden, reicht bis zum südlichen Polarkreis. Auch in anderen Atlanten finden sich viele thematische Karten, die nicht über den südlichen Polarkreis hinausreichen (z. B. HAACK WELTATLAS. AUSGABE BAYERN 2008, S. 232-239). Bei Schulbüchern fällt zudem die Gewohnheit auf, den Raum am unteren Ende der Karte zu nutzen, um eine Legende anzubringen (siehe z. B.: DIERCKE ERDKUNDE 5, 2005, S. 27). Dass derartige Kartenprojektionen unsere Vorstellungen in Bezug auf Existenz, Lage, Größe und Form von Kontinenten beeinflussen, ist aus der Mental-Map-Forschung bekannt (siehe hierzu HAUBRICH 1992 und 2007). Die unvollständigen Atlaskarten, die Lernenden unablässig vor Augen geführt werden, erklären, wieso Antarktika beim Zeichnen einer Weltkarte nicht berücksichtigt wird. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch eine Untersuchung von Schulbüchern hinsichtlich der Frage, wie in Klasse 5 die Einführung der Kontinente und Ozeane den Kontinent Antarktika berücksichtigt. In allen in Baden-Württemberg für diese Klassenstufe der Realschule zugelassenen Schulbüchern (Menschen Märkte Räume 1, TEAM EWG 1, TERRA EWG1, EWG1, Trio EWG 1) wird der Kontinent Antarktika selbstverständlich berücksichtigt, die Bezeichnung Kontinent Antarktika wird allerdings nur in einem Buch verwendet (TEAM EWG 1, S. 110). In den anderen Büchern ist von der Antarktis die Rede. Bei zwei der fünf Bücher findet

sich bereits auf der Doppelseite, auf der die Kontinente eingeführt werden, eine Karte, auf der Antarktika fehlt (EWG1, S.55, Menschen Märkte Räume 1, S. 47). Nur in zwei Büchern (EWG1, S. 54; Trio EWG 1, S. 38) stehen den Schülern im Einführungskapitel zu Kontinenten und Ozeanen vollständige und übersichtlich gestaltete Weltkarten zur Verfügung.

Die Erklärung der Genese der Vorstellung einer riesigen Eisfläche in den Polarregionen, die bis zu mehreren 1000 Metern tief ins Wasser reicht, erscheint schwieriger. So ist diese Vorstellung stimmig mit der Vorstellung einiger Lernender, dass das Meer theoretisch bis an den Grund gefrieren könne, wenn es nur kalt genug sei. Neben dem häufig gebräuchlichen Wort Polkappen, welches die in der Untersuchung auftretenden Eisflächen in den Polarregionen plausibel erscheinen lässt, spielen wahrscheinlich visuelle Eindrücke eine Rolle. Die Schüler selbst berichten von Flugzeugen, die dort landen können. Folglich müsse diese Eisfläche sehr stabil sein. Betrachtet man Fotografien, beispielsweise historischer Nordpolarexpeditionen, kann man durchaus den Eindruck eines solch mächtigen Eislandes gewinnen. Ein Mitarbeiter des Alfred-Wegener-Instituts berichtete dem Autor nach einem Vortrag, dass die Vorstellung eines riesigen, mehrere hundert Meter mächtigen Eisklotzes in den Polarregionen ihm auch aus Gesprächen mit Laien und Journalisten bekannt sei. In Schulbüchern taucht sie ebenfalls auf (EWG2 WESTERMANN 2005, S. 48).

4.2 Schülervorstellungen von Landeismassen

4.2.1 Schülervorstellungen zur Gestalt von Landeismassen

Bis auf einen der interviewten Schüler gehen alle Befragten davon aus, dass es große Landeismassen auf dem Festland gebe.

Allerdings fällt eine grundlegende, durch den Begriff Eisberg ausgelöste sprachliche Irritation auf. So werden von einigen der interviewten Schüler mit Eisbergen nicht nur im Meer schwimmende Eisberge, sondern auch terrestrische Erscheinungen bezeichnet. Ebenso wird der Begriff Eisberg auf die bereits erwähnten ‚Eisklötze‘ an den Polen angewandt, denn auch dort befänden sich Berge aus Eis und Schnee. Bei den Eisbergen an Land wird entweder die Vorstellung, es seien Berge aus Schnee und Eis, oder die Vorstellung, es handele sich um Berge, auf denen sich Eis und Schnee befinden, geäußert. Der Begriff Eisberg dient offenbar im Alltagskontext als Metapher für bestimmte geomorphologische Formen in der Kryosphäre, wobei sich hinter der Metapher bei jedem Lernenden eine andere Vorstellung verbirgt. Etymologisch gesehen besteht zwischen einem Eisberg und einem Gletscher tatsächlich kein Unterschied: Die Bezeichnung Gletscher leitet sich von dem lateinischen Wort für Eis (*glacies*) ab. *Glač* (Glatz) bedeutet im romanischen Sprachbereich Graubündens Eis und *glatschèra* bedeutet Eisberg. Der Begriff Gletscher tauchte erstmals im 16. Jahrhundert auf. Lange wurden in der Literatur jedoch weiterhin Begriffe wie Eismeer, Eisgebirge oder eben auch Eisberg verwendet (vgl. MARCINEK 1984).

Befragt, was sich hinter dem Begriff Gletscher verberge, dominieren im Schülerdenken zwei grundlegende Konzepte:

1. mit Schnee und Eis überzogene Berge
2. Berge, die komplett aus Eis und Schnee sind.

Daneben tauchen noch viele weitere Vorstellungen auf, zum Beispiel ‚Gletscher nennt man den Schnee in den Polargebieten‘ oder ‚ein Gletscher ist eine große Eisfläche im Wasser am Nordpol‘. Zudem wurde

in der schriftlichen Befragung ein Gletscher auch als ein im Wasser schwimmender Eisberg definiert. Diese Begriffsunsicherheit konnte auch schon in anderen Untersuchungen zum Themenfeld Gletscher ausgemacht werden. Auch dort war vielen Schülern der Unterschied zwischen einem Eisberg und einem Gletscher nicht klar (vgl. REINFRIED, HUG 2008).

Bezüglich ihrer Dimensionen unterscheiden sich die Landeismassen der Vorstellungen der Schüler beträchtlich von jenen, die wir in der Realität antreffen können. Keiner der Befragten geht von einem nahezu komplett vereisten Kontinent aus. Und auch die geschätzten Eismächtigkeiten liegen weit unter dem, was in der Wirklichkeit anzutreffen ist.

4.2.2 Schülervorstellungen zur Entstehung von Landeismassen

Wenn die Temperaturen unter den Gefrierpunkt fallen, geht Wasser vom flüssigen in den festen Aggregatzustand über. Diese lebensweltliche Erfahrung dominiert die Vorstellungen der Schüler bezüglich der Entstehung von Landeismassen. Keiner der interviewten Schüler kann sich vorstellen, dass aus Schnee Eis werden kann. Die Erklärung der Entstehung von Landeismassen in den Polargebieten fällt angesichts der dort herrschenden klimatischen Bedingungen schwer und löst Widersprüche im Denken der Schüler aus, die sie entweder dadurch lösen, dass sie hinterfragen, ob es sich nicht doch eher um Schnee handele, oder indem sie versuchen, unterschiedlichste Quellen der Herkunft des Wassers auszumachen. In der schriftlichen Befragung ist ebenfalls eine große Unsicherheit bezüglich der Entstehung von Gletschern zu erkennen. Knapp die Hälfte der befragten Schüler äußert, dass sie keine Vorstellung darüber hat, wie Gletscher entstehen. Die in den Interviews vertretene Ansicht, dass es Wasser zur Ei-

Tab. 3: Unterscheidungskriterien der Schüler zwischen Eis und Schnee

Unterscheidungskriterium	Vorstellung
Härte	- Eis ist hart, Schnee ist pulvrig
Aggregatzustand	- Eis ist fest, Schnee ist eher gasförmig - Eis ist fest, Schnee ist wässriger
Verformbarkeit	- Schnee ist verformbar (wie Knete)
Gewicht	- Schnee ist leichter als Eis
Grad des Gefrierens	- Eis ist wirklich gefroren - Schnee ist noch nicht ganz gefroren - Eis ist gefrorener als Schnee
Gefriertemperatur	- Eis ist kälter gefroren
Molekulare Struktur	- Schnee ist „kristallig“, Eis ist fester „kristallig“ - Schnee ist „kristallig“, bei Eis sind die Kristalle „aneinander gepampft“

sentstehung brauche, wird in den Fragebögen dadurch ergänzt, dass das Wasser aus Schmelzwässern des Schnees kommen könne. Interessant ist aber auch, dass zu dem Konzept, dass Wasser in flüssiger Form zur Eisentstehung benötigt werde, ein neues Konzept tritt, nämlich die Vorstellung, dass aus Schnee direkt Eis werden könne, wenn Schnee zusammengedrückt wird. Diese Vorstellung wird von zwei Schülern geäußert. Es ist ein wohl weit verbreitetes Konzept unter Schülern, dass zur Eisentstehung Wasser benötigt werde, daneben ist aber auch die Vorstellung vertreten, dass aus dem Schnee ohne die Zugabe von Wasser Eis entstehen könne.

Um im Unterricht das Thema Entstehung von Gletschereis behandeln zu können, ist es wichtig zu erkennen, worin genau der Unterschied liegt zwischen dem, was als Schnee, und dem, was als Eis bezeichnet wird. Die interviewten Schüler unterscheiden Schnee und Eis nach den in Tabelle 3 aufgezählten Kriterien.

Die Schüler verwendeten jeweils mehrere Unterscheidungskriterien. In den Interviews wurde explizit die Frage gestellt, ob aus Schnee Eis werden könne. Ein Schüler entwickelte die Idee, dass aus Eis, wenn es kälter wird, Schnee werden könne, dann

aber verwirft er sein Modell, denn für Eis brauche es Wasser. Ein anderer meint, dass Eis gefrorener Schnee sei, aber direkt mit der Frage konfrontiert, ob denn aus Schnee Eis werden könne, meint er, dass er das nicht glaube, er habe das noch nie gesehen. Auch die Schüler, die glauben, dass sich Schnee und Eis hinsichtlich des Grads des Gefrierens und hinsichtlich der Temperatur des Gefrierens unterscheiden, gehen nicht davon aus, dass der Schnee bei Temperaturänderungen weiter zu Eis gefriert. Die Unterscheidungskriterien wurden in der schriftlichen Befragung durch weitere ergänzt (vgl. Tabelle 4).

Es wird deutlich, dass die Unterscheidungskriterien in erster Linie der Lebenswelt der Schüler entstammen. Die häufigste Unterscheidung, die getroffen wird, ist die nach der Härte. Eis sei eher fest, Schnee eher pulvrig. Weiterhin fällt auf, dass eine Einordnung des Schnees in die Aggregatzustände des Wassers schwerfällt:

„Eis ist fest und Schnee ist Wasser“; „Schnee ist fast flüssig, Eis ist fest“; „Eis ist der feste Zustand, Schnee ist nur halb gefroren.“
Schnee scheint also etwas zu sein, das sich zwischen flüssigem und festem Aggregat-

Tab. 4: Unterscheidung von Eis und Schnee

Unterscheidungskriterium *nur in der schriftlichen Befragung geäußert	Anzahl der Nennungen
Unterscheidung nach Härte: Eis ist hart, Schnee ist pulvrig	21
Unterscheidung nach Ort der Entstehung	10
Unterscheidung nach Grad des Gefrierens	6
Unterscheidung nach Farbe*	6
Unterscheidung nach Glätte*	6
Unterscheidung nach Verwendungsmöglichkeit*	5
Unterscheidung auf molekularer Ebene	5
Unterscheidung nach Sympathie*	3
Unterscheidung nach Aggregatzustand	3
Unterscheidung nach Verformbarkeit	3
Unterscheidung nach Temperatur	2
Eis ist gefrorener Schnee*	2
Unterscheidung danach, ob eigene Herstellung einfach durchführbar ist*	2
Es gibt keinen großen Unterschied*	2
Schnee ist gefrorenes Eis*	1

zustand bewegt. Ein Schüler in den Interviews bringt genau dies zum Ausdruck, wenn er sagt:

„Schnee ist ----³ ein Teil zwischen Eis und Wasser, wollte ich gerade sagen. Ähm, das ist noch nicht ganz gefrorenes Wasser. Das ist noch so ein Zwischenteil (...) Ja, also ich glaube, dass die Schneeflocken dann nicht so gefroren werden oder noch nicht so, wo das herkommt, dass es da nicht so kalt ist wie unten.“

Eine andere Schülerin schätzt, „dass Schnee auch irgendetwas mit gasförmig zu tun hat“. Auf das mangelnde Wissen über die Aggregatzustände des Wassers und dessen Phasenübergänge wird auch in anderen Untersuchungen zum Themenbereich Gletscher hingewiesen (vgl. REINFRIED, HUG 2008). Auch diese Autoren kommen zu der Ansicht, dass die Schneemetamorphose zu einem der Sachverhalte gehöre, die dringend im Unterricht zu vermitteln seien.

4.3 Schülervorstellungen zu Meereis

4.3.1 Schülervorstellungen zu Eisbergen

Gestalt eines Eisbergs

Die Schüler wurden gebeten, eine Zeichnung eines Eisbergs im Wasser anzufertigen. Bei den Schülerzeichnungen sind drei Grundtypen auszumachen, die schematisch in den Abbildungen 5-7 dargestellt sind. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen auf dem Wasser schwimmenden Eisbergen (vgl. Abb. 7) und Eisbergen, die sich zum größten Teil unter der Wasseroberfläche befinden (vgl. 4.3.1.2). Letztere kann man unterteilen in solche, die eine unregelmäßige Form aufweisen (vgl. Abb. 5), und solche, die die Form eines Dreiecks besitzen (vgl. Abb. 6). Dies kann man als die symbolische Zeichnung eines Berges deuten. Kinder bilden Objekte in Zeichnungen häufig symbolisch ab (vgl. GOODNOW 1977). Dreiecke als symbolische Repräsentation von Bergen findet man auch bei TREND, EVERETT, DOVE (2000).

³ Ein Gedankenstrich entspricht einer Pause von einer Sekunde.

Betrachtet man die gezeichneten Eisberge und die von den Schülern geschätzten Dimensionen der Eisberge, so fällt auf, dass ihre Vorstellungen Gipfelseisbergen wesentlich näher kommen als Tafelbergbergen. Dies trifft auch häufig auf Eisberge zu, die in den Medien abgebildet werden, und es verwundert nicht, dass Schüler diese Vorstellung eines Eisbergs gespeichert haben. Auch der Terminus Eisberg könnte als eine mögliche Erklärung der Vorstellung von der Gestalt der Eisberge dienen, sowohl im Hinblick auf die Form als auch auf die Größe. Bei ihrer Einschätzung der Größe eines Eisbergs greift eine Schülerin explizit auf den Ausdruck Berg zurück: „Berge sind ja eigentlich relativ groß, sonst kann man die ja nicht als Berg bezeichnen, das müssen ja auch schon über 100 Meter sein“.

Schwimmverhalten eines Eisbergs

Nur eine Schülerin ging davon aus, dass sich der Eisberg komplett über der Wasseroberfläche befindet. In allen anderen Zeichnungen ist klar erkennbar, dass sich ein großer Teil des Eisbergs unter Wasser befindet. Das Verhältnis des Volumens unter Wasser zu jenem über Wasser wird von den Lernenden mit Angaben von 2:1 bis 7:1 beziffert. Damit zeigt sich deutlich: Der Anteil des Eises unter Wasser wird von Schülerseite unterschätzt.

Als Quelle ihres Wissens über das Schwimmverhalten eines Eisbergs im

Wasser geben die Schüler meist den Film Titanic an. Die Begründung dafür, dass ein großer Teil des Eises sich unter der Wasseroberfläche befindet, folgt durch von den physikalischen Begebenheiten abweichende Vorstellungen. So taucht als eine mögliche, der lebensweltlichen Erfahrung entlehene Begründung jene auf, dass das Eis über Wasser geschmolzen sei, da es stärker der Sonne ausgesetzt ist als der unter der Wasseroberfläche befindliche Teil des Eises: „Unter Wasser, da ist ja keine Sonne, und deswegen ist da einfach mehr (Eis).“ Eine weitere vermutlich der Lebenswelt der Schüler entnommene Begründung ist die, dass im Wasser Strömungen seien und durch diese das Wasser in der Lage sei, den Eisberg zu tragen. Die Strömungen würden eine Art Luftkissen bilden, die das Eis tragen. Wenn physikalische Begriffe zur Erklärung herangezogen werden, zeigt sich eine große Unsicherheit der Schüler im Umgang mit diesen. Folgende Schülersaussagen zur Position des Eisbergs im Wasser veranschaulichen das Gesagte:

„Weil Eis schwerer ist als Wasser. Nein, es ist leichter als Wasser. Aber es hat eine größere Masse. Das verdrängt ja schon das Wasser. Da ist ja auch immer noch Sauerstoff drin. Deswegen hält es ja oben.“ „Ja, weil das Eis das ist eigentlich das hat ja, also da ist ja glaube ich auch Sauerstoff drin, ein bisschen, und es hat glaube ich die gleiche

Schülervorstellungen zu Eisbergen

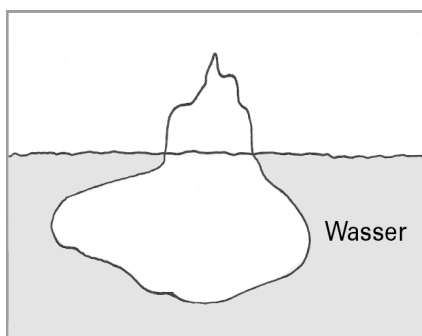


Abb. 5: unregelmäßige Form

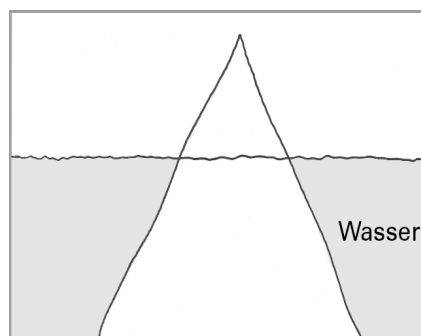


Abb. 6: „Bergform“

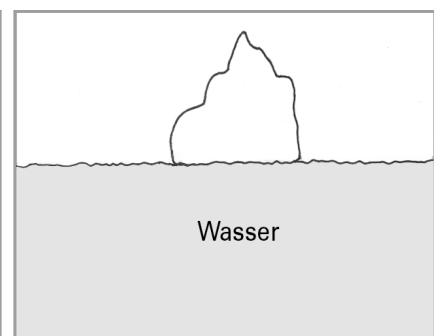


Abb. 7: schwimmender Eisberg

Dichte wie Wasser oder fast gleich und Eis ist ja natürlich auch schwer, also wenn es jetzt nur so eine dünne Platte ist, dann tut es natürlich auf dem Wasser fließen, aber das steht, und das ist ja auch schwer und deswegen geht es auch nach unten und ein Teil bleibt halt oben. Weil das tut ja im Wasser schweben oder.“

Das Konzept, dass Dinge, die Luft oder Sauerstoff enthalten, als Erklärung für das Schwimmen von Körpern herangezogen wird, taucht in vielen anderen Untersuchungen zum Sinken und Schweben auf, sowohl bei Kindern der Primarstufe (vgl. ENGELEN, JONEN, MÖLLER 2003) als auch bei Schülern der sechsten und siebten Klasse amerikanischer Mittelschulen (vgl. YIN, TOMITA, SHAVELSON 2008). Der Massen- bzw. Dichtevergleich erfolgt unabhängig vom Parameter Luft. Der Rückgriff auf das Gewicht als den entscheidenden Faktor, ob ein Gegenstand sinkt oder schwimmt, stellt sich in vielen Untersuchungen zum Grundschulunterricht (vgl. ENGELEN, JONEN, MÖLLER 2003) als eine sehr beständige Vorstellung heraus. Leichte Gegenstände schwimmen, schwere sinken; diese Vorstellung ist auch unter den untersuchten amerikanischen Mittelschülern (vgl. YIN, TOMITA, SHAVELSON 2008) weit verbreitet, ebenso die Vorstellung, dass flachere Gegenstände gleichen Materials schwimmen, und die Vorstellung, dass vertikale Gegenstände sinken und horizontale schwimmen.

Entstehung von Eisbergen

Bei der Frage nach der Entstehung von Eisbergen finden sich (Interviews und schriftliche Befragung zusammengenommen) folgende Erklärungen unter den Schüleräußerungen wieder:

I. Entstehung durch Abbrechen des Eises von Landeismassen

- II. Entstehung durch übereinandergeschobene Eisschollen
- III. Entstehung durch Abbrechen des Eises von einer Rieseneisscholle an den Polen
- IV. Entstehung aus kleinen Eisbrocken aus gefrorenem Meereis. Wachsen durch anfrierenden Schnee
- V. Entstehung aus kleinen Eisbrocken aus gefrorenem Meereis. Wächst jahrelang weiter durch weiteres Gefrieren von Meereis
- VI. Eisberge sind in der letzten Eiszeit entstanden. Weiteres Wachstum durch Schneefall
- VII. Am Ende der letzten Eiszeit entstanden, als die Gletscher geschmolzen sind und dabei ins Meer gingen

Neben der Einteilung nach der Herkunft des Eises kann man die Erklärungen einteilen in jene, die davon ausgehen, dass Eisberge Relikte der letzten Eiszeit sind (Vorstellung VI und VII), und jene, die beinhalten, dass sich auch unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen Eisberge bilden. Die Vorstellung der Entstehung von Eisbergen durch Übereinanderschieben der Eisschollen entspricht annäherungsweise der wissenschaftlichen Erklärung der Packeisentstehung. Mit der Rieseneisscholle (III.) ist die unter 4.1 erwähnte Eisfläche gemeint.

4.3.2 Schülervorstellungen zum Alter des Meereises

Das Eis, auf das man im nördlichen Polarmeer trifft, ist nicht sonderlich alt. Es erreicht dort in der Regel ein Alter zwischen 2 und 6 Jahren. Meeresströmungen transportieren das Eis in wärmere Regionen. Neben den Strömungsverhältnissen ist der Bildungsort entscheidend darüber, wie lange das Wasser im festen Zustand verweilt (THANNHEISER, WÜTHRICH 2002). Im Gegensatz zu dieser wissenschaftli-

chen Betrachtung halten fast alle befragten Schüler das Meereis allerdings für sehr alt. Einige schätzen, es sei so alt wie die Erde, andere meinen, es sei während der letzten Eiszeit entstanden. Zahlenangaben reichen von um die 100 Jahre über um die 1000 Jahre bis zu mehreren Millionen Jahren. Lediglich ein Befragter (n=22) vertritt die Auffassung, dass das Alter sich auf ein Jahr belaufen dürfte. In den Interviews äußert eine Schülerin, dass das Meereis häufig schmelze und dann wieder gefriere. Allerdings denkt sie hierbei nicht an Meeresströmungen, vielmehr sei die Körperwärme von Eisbären sei für das Schmelzen verantwortlich. Zudem zogen einige Schüler bei der Untersuchung zu den Ursachen eines Schmelzens der Polkappen (4.4.1) die Möglichkeit in Betracht, dass Meeresströmungen das Eis zum Schmelzen bringen. Die Vorstellung eines ewigen (Meer-)Eises ist allerdings dominierend. Die Analyse von Medienberichten ergab, dass auch in den Medien vom ewigen Eis in Bezug auf Meereis gesprochen wird, wenn vom Rückgang des Meereises im Nordpolarmeer berichtet wird. So lautet beispielsweise der Titel eines Artikels (WELT ONLINE (09.08.2007) über den Rückgang des Meereises in der Arktis: „Das ewige Eis schmilzt in drastischem Tempo“. Spiegel online berichtet, es gebe in der Arktis zwei Arten von Packeis: „saisonales Eis, das im Sommer wieder schmilzt, und ewiges Eis“ (KÖHLER 2006). Der Autor bezieht sich dabei auf

Fachliteratur. Bei Recherche fällt auf, dass er für den englischen Ausdruck *perennial* die Übersetzung ewig anstelle von mehrjährig wählt, wie es fachlich korrekt wäre. Hier drängt sich der Verdacht auf, dass auch im Kopfe des Schreibers die Vorstellung des ewigen Meereises in der Arktis vor dem Verfassen des Artikels vorhanden ist, ein Verdacht, der durch andere Passagen untermauert wird: „Das (ewige Eis) ist allerdings gar nicht so beständig, wie sein Name vermuten lässt“ oder „Dem Namen nach sollte ewiges Eis dauerhaft gefroren bleiben.“

4.3.3 Steigt der Meeresspiegel, wenn das Meereis schmilzt?

Die Schüler wurden vor die Frage gestellt, ob und welche Auswirkungen es auf den Meeresspiegel haben könnte, wenn das Meereis schmilzt. Die Vorstellungen der Schüler sind in Tabelle 5 dargestellt. In den Interviews konnten die Vorstellungen 1, 3, 4, 5 und 6 ausgemacht werden. Alle in den Interviews gefundenen Vorstellungen tauchten auch in der schriftlichen Befragung auf. Ausschließlich in der schriftlichen Befragung traten die Vorstellungen 2 und 7 zutage.

80 Prozent der Schüler der schriftlichen Befragung (n=47) nannten Vorstellung 1. Auch bei Schülern der Oberstufe tauchte in einer Untersuchung von SCHULER (2011) die Vorstellung auf, dass das Abschmelzen von Meereis zum Meeresspiegelanstieg führe. In den Interviews wurde

Tab. 5: Schülervorstellungen über die Auswirkungen eines Schmelzens des Meereises auf den Meeresspiegel

	Vorstellungen
V1	Der Meeresspiegel steigt, weil durch das Schmelzen des Eises zusätzlich Wasser hinzukommt.
V2	Der Meeresspiegel sinkt, weil er durch das Eis zuvor gestiegen ist.
V3	Der Meeresspiegel sinkt, weil Wasser ein kleineres Volumen einnimmt als Eis.
V4	Der Meeresspiegel steigt. Wenn Wasser gefriert, dann zieht es sich zusammen, und wenn es wieder schmilzt, dann dehnt es sich wieder aus.
V5	Der Meeresspiegel steigt. Zwar nimmt das Wasser dasselbe Volumen wie das Eis ein. Aber das Eis, das über Wasser ist, kommt noch zusätzlich hinzu und ist somit für den Anstieg verantwortlich.
V6	Der Meeresspiegel steigt, weil das so in den Medien berichtet wird.
V7	Der Meeresspiegel bleibt gleich, weil das Eis nicht überall auf der Erde schmilzt. Das gleicht sich aus.

Tab. 6: In den Schülervorstellungen berücksichtigte wissenschaftliche Konzepte

Wissenschaftliche Konzepte	V1	V2	V3	V4	V5
Beim Schmelzen von Eis entsteht Wasser.	X	-	X	X	X
Ein Festkörper, in einer Flüssigkeit verdrängt einen Teil der Flüssigkeit.	-	X	X	X	X
Das Volumen, das der Festkörper im Wasser einnimmt, entspricht dem Volumen der verdrängten Flüssigkeit.	-	-	X	X	X
Eis hat eine geringere Dichte als Wasser.	-	-	vertauscht	X	-
Archimedisches Prinzip	-	-	-	-	-

diese Aussage von vielen Schülern als erste getätigt, bis durch Nachfragen weitere Faktoren deutlich wurden, die im Denken der Schüler eine Rolle spielen. Die Vermutung liegt nahe, dass dies auch bei den schriftlich befragten Schülern der Fall ist. Es fällt auf, dass die Schüler immer nur Teilaspekte der physikalischen Faktoren berücksichtigen, was eine im wissenschaftlichen Sinn richtige Beantwortung der Frage erschwert (vgl. Tab 6)⁴.

Eine Alltagssituation, die den Begebenheiten beim Meereis ähnelt, stellen Eiswürfel in einem Getränk dar. Eine Untersuchung dieser Situation (n= 22) ergab, dass die meisten Schüler auch hier davon ausgehen, dass das Wasser der Eiswürfel hinzukommt und daher der Wasserstand steigen wird. Nur rund die Hälfte der Schüler wendet das beim Wasserglas verwendete Konzept auch auf den Meeresspiegel an. Es liegt die Vermutung nahe, dass es Schülern Schwierigkeiten bereitet, hier einen Transfer von einer Laborsituation auf die Situation im Polarmeer zu leisten. Probleme, diesen Transfer zu vollziehen, werden auch an anderen Stellen in den Interviews deutlich. So geht einer der Schüler davon aus, dass bei einem Wasserglas der Wasserstand nicht steige, wenn die Eiswürfel schmelzen. Allerdings sei dies beim Meereis anders, da hier ein wirklich großer Teil

des Eises aus dem Meer herausrage. Genau auf diesen Unterschied macht auch einer der beiden Schüler in der schriftlichen Befragung aufmerksam. Es könnte sein, dass im Denken der Schüler ein Vorgang, der in kleinen Dimensionen nach bestimmten physikalischen Gesetzmäßigkeiten verläuft, sich in größeren Dimensionen anders verhält. Hierzu finden sich mehrere Hinweise in den Interviews.

4.4 Schülervorstellungen zu den Ursachen und Folgen eines Schmelzens der Polkappen

4.4.1 Ursachen des Schmelzens der Polkappen

Abbildung 8 zeigt die insgesamt 77 Pfeile, die von allen Schülern der schriftlichen Befragung in Hinblick auf die Ursachen des Schmelzens der Polkappen gezogen wurden. Wie aus der Abbildung zu erkennen ist und wie auch die Begründungen, die die Schüler angaben, untermauern, erscheint das Klima den Schülern als Hauptursache eines Schmelzens der Polkappen. Allerdings kann man nicht alle 36 Pfeile, die direkt vom Klima zum Schmelzen gezogen wurden, unter die Vorstellung eines Schmelzens der Polkappen bedingt durch die globale Erwärmung subsumieren. Bei einigen Pfeilen wird deutlich, dass Klima

⁴ In Tabelle 6 werden die Vorstellungen V6 und V7 ausgeklammert, da die Betrachtungsweise hier eine andere ist.

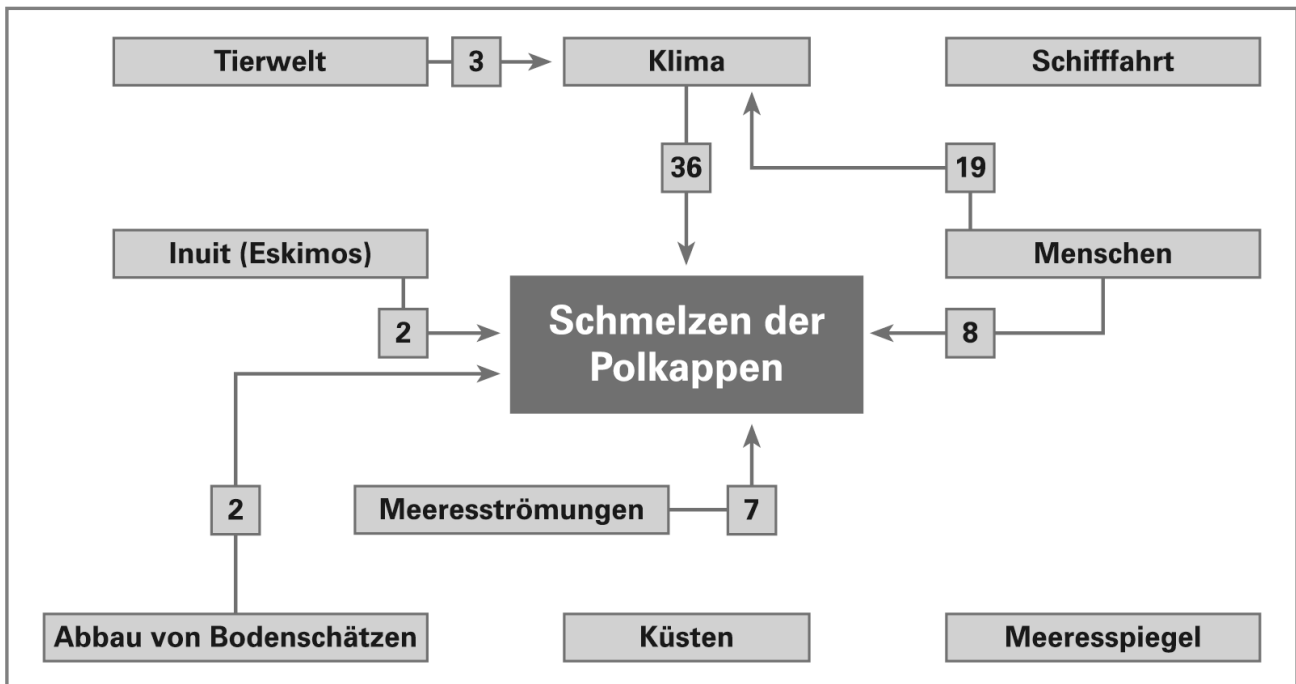


Abb. 8: Ursachen eines Schmelzens der Polkappen. Die Zahlen an den Pfeilen entsprechen der Anzahl der Nennungen (absolut)

mit Wetter verwechselt wird. Dem Menschen schreibt explizit die Hälfte der Befragten eine entscheidende Rolle als Verursacher eines Schmelzens der Polkappen zu. Der Einfluss des Menschen wird von den meisten Befragten in seiner Rolle als Verursacher des Klimawandels gesehen. Häufig wird CO_2 als Ursache des Klimawandels genannt, aber auch die Vorstellung, dass der Klimawandel durch das Ozonloch, durch das mehr Sonnenstrahlen einfallen können, verursacht werde, taucht auf. Vielfältige Umweltprobleme (Giftstoffe, Atomunfälle) werden genannt und mit dem Schmelzen der Polkappen ursächlich in Verbindung gebracht. Eine ähnliche Vermischung verschiedener Umweltprobleme findet sich auch bei SCHULER 2011. Auch natürliche Phänomene werden erwähnt, welche zu einem Schmelzen der Polkappen beitragen. So werde das Eis von warmen Meeresströmungen geschmolzen oder von Meeresströmungen in wärmere Gebiete verfrachtet und zum Schmelzen gebracht. Natürliche Ursachen fallen jedoch im Gegensatz zu den vom Menschen verursach-

ten Faktoren weit weniger ins Gewicht. Es ist zudem anzumerken, dass zuweilen verhältnismäßig kleine Geschehnisse in den Überlegungen der Schüler eine Rolle spielen. So geben zwei Befragte an, dass die Inuit, wenn sie Feuer machen, das Eis zum Schmelzen bringen. Die Interviews lieferten ähnliche Ergebnisse zu den Ursachen eines Schmelzens der Polkappen. Auch hier wurde der Mensch als Hauptverursacher des Schmelzens der Polkappen gesehen. Natürliche Ursachen treten eher in den Hintergrund.

4.4.2 Folgen des Schmelzens der Polkappen

Alle Bereiche wurden von den Schülern als betroffene Bereiche in Betracht gezogen. Von der Möglichkeit, eigene Ideen in dem leeren Kästchen zu äußern, wurde in den Interviews nur zwei Mal Gebrauch gemacht. In beiden Fällen wurde an Auswirkungen auf die Pflanzenwelt gedacht. Im Folgenden sind die Ergebnisse der Interviews und der schriftlichen Befragung zusammengefasst.

Auswirkungen auf den Meeresspiegel

Der Meeresspiegel ist der Bereich mit den meisten direkten Verbindungen. 49 von 50 Personen, die diesen Pfeil einzeichneten, gehen davon aus, dass der Meeresspiegel steigen wird, nur eine einzige Person ist der Ansicht, dass der Meeresspiegel sinkt, ohne dies zu begründen. Als Begründung des Meeresspiegelanstiegs wird zumeist das hinzukommende Wasser angegeben. Der Meeresspiegelanstieg bleibt aus Schülersicht nicht folgenlos für andere Bereiche. Küste und damit auch Menschen und Bodenschätze sowie die Schifffahrt werden durch den steigenden Meeresspiegel beeinflusst.

Auswirkungen auf die Meeresströmungen

36 Pfeile sind auf die Meeresströmungen gerichtet. Hierbei wird allerdings nicht ein Versiegen des Golfstroms in Betracht gezogen. Vielmehr wird von vielen Schülern die Vorstellung geäußert, dass durch die größere Wassermenge eine stärkere Meeresströmung entstehe.

Auswirkungen auf die Küsten

Die Küsten sind aus Sicht der Befragten stark von einem Schmelzen der Polkappen betroffen. Mit 55 Nennungen sind sie der meistgenannte Bereich. Ein Teil der Schüler zieht einen Pfeil vom Meeresspiegel auf die Küsten, ein anderer Teil vom Schmelzen der Polkappen zu den Küsten. Der Großteil der Schüler sieht in dauerhaften Überflutungen die Hauptauswirkung auf die Küste. Die Wirkungskette Schmelzen der Polkappen → Meeresspiegelanstieg → Überschwemmungen ist auch die bei SCHULER (2004, 2011) am häufigsten genannte, wenn es um die Folgen des Klimawandels geht. Bei den Schülern kann man eine große Unsicherheit hinsichtlich des Ausmaßes der Überflutungen feststellen. Einige Schüler gehen von häufigeren sporadischen Überflutungen aus, ein paar wenige glauben, dass sich

die Anzahl der Naturkatastrophen (genannt werden Hurrikans und Tsunamis) erhöhen werde. Ein Schüler äußert die Ansicht, dass durch steigenden Meeresspiegel die Küstenerosion verstärkt werde. Auch werden aus der Sicht einiger Schüler die Küsten von einer Änderung der Meeresströmungen beeinflusst. Die Schüler, die eine Auswirkung veränderter Meeresströmungen auf die Küste prognostizieren, gehen von Überflutungen und Katastrophen in den Küstenregionen aus.

Auswirkungen auf die Tierwelt

Mehr als die Hälfte der Schüler haben einen Pfeil auf die Tierwelt gezogen. Hier wird geäußert, dass die Tiere ihren Lebensraum verlieren, zudem würden viele an den Lebensraum angepasste Arten aussterben. Manche Tiere bräuchten das Eis zum Leben, so zum Beispiel der Eisbär. Ein Schüler ist der Auffassung, dass die Lebensqualität der Pinguine und Eisbären sinken werde. Ein anderer ist der Meinung, dass die Erwärmung dazu führe, dass viele Tiere aussterben, da sie die Hitze nicht gewohnt seien. Ein Schüler in den Interviews ist der Auffassung, dass manche Tiere die Orientierung verlieren könnten, da durch das Schmelzen der Polkappen das Magnetfeld der Erde verloren gehe.

Auswirkungen auf die Inuit

Die Inuit (48 Pfeile) seien vom Schmelzen der Polkappen ebenfalls stark betroffen. In der Regel sind die Auswirkungen, die von den Schülern genannt werden, negativer Natur. So gehen einige davon aus, dass die Inuit durch das Schmelzen des Eises ihren Lebensraum verlieren. Andere Schüler sehen durch die drastischen Auswirkungen auf die Tierwelt sowohl die Ernährung als auch die traditionelle Lebensweise der Inuit als bedroht an. Zwei der Befragten befürchten gar ein Aussterben der Inuit, andere sagen, dass sie sich auf die Suche nach

einem neuen Lebensraum machen müssten. Ein Schüler ist der Auffassung, dass die Inuit von der Klimaerwärmung profitieren könnten. Denn nun sei es ihnen möglich, Ackerbau zu betreiben. Ein anderer sieht in den höheren Temperaturen eine Verbesserung der eigentlich harten Lebensbedingungen.

In den Interviews tritt vor allem die Befürchtung zutage, dass die Inuit wegziehen müssen, da das Eis schmilzt. Zwei Schüler gehen explizit von einer Evakuierung der Inuit von den Eisflächen aus, die sich in ihrer Vorstellung in den Polarregionen befinden (vgl. 4.1).

Auswirkungen auf das Klima

Überraschend ist sicherlich, dass so viele Schüler (27) Pfeile von dem Schmelzen der Polkappen auf das Klima gezogen haben. Hier zeigte sich, dass die Verbindung von Interview und Fragebogen durchaus fruchtbar sein kann. Denn der Fragebogen zeigte, dass solch eine Vorstellung nicht als Einzelfall betrachtet werden muss. Aber es war schwer, die Gedankenwelt der Schüler allein mittels Fragebogen zu erfassen. Denn die meisten der Schüler gaben in der schriftlichen Befragung nur vage an, was genau mit dem Klima passiere. In den Interviews war die Möglichkeit gegeben, stärker auf die Ursachen prognostizierter Klimaveränderungen einzugehen. Folgende Vorstellungen wurden geäußert:

1. Das Meer kühlt sich durch die kalten Schmelzwässer ab; dadurch wird auch das Klima kälter.
2. Mehr Wasser bedeutet mehr Verdunstung und dies bedeutet mehr Regen.
3. Die Anfahrtswege werden durch das Überschwemmen der Küsten länger; hierdurch wird der Treibhauseffekt verstärkt. Das Klima wird wärmer.
4. Das Klima verändert sich regional, da sich die Küstenlinien verschieben.

Auswirkungen auf die Schifffahrt

Die Schüler sehen die Schifffahrt durch das Schmelzen der Polkappen mit einer ganzen Reihe negativer Auswirkungen konfrontiert. Gefahren lauern durch höhere Wellen oder durch Eis, das im Wasser treibt, sowie durch Eisberge. Auch die Meeresströmungen könnten sich so verändern, dass die Schifffahrt behindert wird. Insgesamt 26 Schüleräußerungen beinhalten negative Konsequenzen für die Schifffahrt. Fünf Schüleräußerungen zeigen positive Auswirkungen für die Schifffahrt auf. Die Schifffahrt könnte nicht nur beliebter werden, weil immer mehr Menschen an den Küsten wohnten, sie könnte zudem auch wichtiger werden, weil die Länder weiter auseinanderliegen. Zudem hätten die Schiffe mehr Platz und gelangten nun an zuvor für sie nicht erreichbare Orte, beispielsweise an den Nordpol.

Auswirkungen auf die Bodenschätze

In Bezug auf die Auswirkungen auf die Bodenschätze (11 Pfeile) kommt vor allem die Vorstellung zum Ausdruck, dass die Bodenschätze durch den steigenden Meeresspiegel überschwemmt werden könnten. Ein Schüler ist der Auffassung, dass wir dadurch gezwungen seien, schneller alternative Energiequellen zu entwickeln. In den Interviews äußert einer der Schüler die Ansicht, dass durch ein Schmelzen des Eises einige Bodenschätze leichter abzubauen seien. Insgesamt werden die Bodenschätze verhältnismäßig selten von Schülern als betroffener Bereich genannt.

Auswirkungen für die Menschheit

Zu guter Letzt sei ein Blick auf die Auswirkungen eines Schmelzens der Polkappen auf die Menschheit geworfen. Es wurden insgesamt 45 Pfeile eingezeichnet. Hierbei ist in sehr vielen Schüleräußerungen die Wirkungskette: Schmelzen der Polkappen -> Steigen des Meeresspiegels -> Über-

schwemmungen grundlegend für die weiteren die Menschheit betreffenden Folgen. Letztlich kann man die geäußerten Vorstellungen sechs aus dem Material gewonnenen Kategorien zuordnen.

1. Die Menschen verlieren durch Überschwemmungen ihren Lebensraum.
2. Die Menschen verlieren durch Überschwemmungen ihre Lebensgrundlage.
3. Die Menschen müssen sich an die neuen Lebensbedingungen anpassen.
4. Die Menschen lernen besser auf die Umwelt zu achten.
5. Die Menschen verlieren mit den Polkappen ein einmaliges Naturphänomen.
6. Die Menschen werden durch Naturkatastrophen gefährdet.

Dabei ist die erste Kategorie jene, der man die meisten Schüleräußerungen zuordnen kann. Einige Schüler äußern, dass es dadurch zu Migrationsbewegungen kommen könne. Einige gehen von einem sehr schnell ablaufenden Vorgang aus und verbinden den Meeresspiegelanstieg mit einem Katastrophenszenario, bei dem das Leben der Menschen durch das hereinbrechende Wasser gefährdet werde. Kategorie 2 ist so aufzufassen, dass Überschwemmungen von Pflanzen, aber auch veränderte Lebensbedingungen für Tiere die Nahrungsgrundlage des Menschen gefährden. Ebenso fällt hierunter die Sorge um weniger Sauerstoff in der Luft durch Überschwemmung der Pflanzen sowie die Sorge darüber, dass die Süßwasserreserven schwinden. Kategorie 3 umfasst Vorstellungen, die beinhalten, dass die Menschheit neue innovative Wege finden muss, um mit den veränderten Lebensbedingungen fertig zu werden. Darunter fällt aus Schülersicht beispielsweise die Entwicklung neuer, verbesserter Anbautechniken für Grundnahrungsmittel. Einen Lerneffekt hieraus versprechen sich Schüler, die Vorstellungen zu Kategorie 4 geäu-

ßert haben. Kategorie 6 beinhaltet Gefährdungen durch Sturmfluten, aber auch Tsunamis würden im Zuge des Abschmelzens der Polkappen ausgelöst. Die Ursache der Sturmfluten seien zum einen der höhere Meeresspiegel, zum anderen aber auch die stärkeren Meeresströmungen. Als Ursache der Tsunamientstehung wurden zwei Vorstellungen genannt:

1. Durch stärkere Meeresströmungen werden die Erdplatten stärker aneinandergeschoben mit der Folge, dass riesige Tsunamiwellen entstehen.
2. Tsunamis werden durch ins Wasser fallende Eisbrocken ausgelöst.

Auch bei Schülers Untersuchungen zur Schülerperspektive zu den Auswirkungen des Klimawandels (SCHULER 2011) findet sich in den Vorstellungen der Schüler ein solches Katastrophenmodell, bei dem verschiedenste Naturkatastrophen mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht werden.

5 Zusammenfassung

In der Studie tauchte eine Reihe von Vorstellungen auf, welche in einigen Punkten erheblich von den wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen. Im Themengebiet Gestalt der Polargebiete konnte gezeigt werden, dass Schüler häufig über unklare Vorstellungen verfügen. Die von den Schülern geäußerte Vorstellung eines riesigen Eisklotzes in den Polarregionen beider Hemisphären findet sich sogar, bezogen auf die Nordhalbkugel, in einem Schulbuch wieder. Im Denken der Schüler ist die Existenz von Landeismassen fest verankert, allerdings zeigte sich, wie in anderen Untersuchungen auch, dass Schüler mit den Begriffen Gletscher und Eisberg die unterschiedlichsten Vorstellungen verbinden. Die Erklärung für die Entstehung von Gletschereis fällt vielen Schülern schwer, denn die lebensweltliche Erfahrung, dass

Eis dann entstehe, wenn Wasser gefriert, dominiert das Denken der Schüler. Es bereitet den Schülern große Schwierigkeiten, Schnee den Aggregatzuständen des Wassers zuzuordnen. Bei der Betrachtung des Meereises wurde deutlich, dass physikalische Vorstellungen durchaus als Erklärung für bestimmte Phänomene herangezogen werden, allerdings meist bruchstückhaft, sodass die Schlussfolgerungen der Schüler im Widerspruch zu wissenschaftlichen Vorstellungen stehen. Eisberge werden von einigen Schülern als ein Relikt der letzten Eiszeit betrachtet. Bei Vorstellungen zum Alter des Meereises scheint der Begriff ewiges Eis falsche Vorstellungen hervorzurufen. Diese finden sich auch in Medienberichten wieder. Im Hinblick auf die Auswirkungen des Schmelzens der Polkappen zeigte sich, dass die Schüler hier zumeist nur negative Auswirkungen im Blick haben. Dabei war die Vorstellung eines Anstiegs des Meeresspiegels, der zur Überflutung von Küsten führe, die meistgenannte. Verbunden mit einer Unsicherheit über das Ausmaß des Anstiegs des Meeresspiegels war in den Interviews eine große emotionale Betroffenheit bezüglich dieser Problematik auszumachen. Die Verwendung vorgegebener Kategorien half, Vorstellungen aufzudecken, die weit entfernt von denen der Wissenschaft liegen, beispielsweise im Bereich der Meeresströmungen oder betreffend Rückkopplungsprozesse auf das Klima. Es zeigte sich, dass eine Vorgabe von Kategorien eine gute Möglichkeit darstellt, in schriftlichen Befragungen zu Schülervorstellungen Beziehungen im Denken der Schüler aufzudecken, die ohne diese Vorkategorisierung wesentlich schwerer erfassbar wären.

6. Konsequenzen für die Praxis, Möglichkeiten für Anschlussuntersuchungen

Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Ergebnissen für die Praxis? Eine Erstel-

lung von Lernumgebungen unter Beachtung der Schülervorstellungen steht noch aus. Allerdings lassen sich erste Grundsätze für die Behandlung der Thematik im Unterricht formulieren.

- Bei der Behandlung der Polargebiete sollte in verstärktem Maße darauf geachtet werden, die Unterschiede zwischen Arktis und Antarktis aktiv von den Schülern herausarbeiten zu lassen, um Übergeneralisierungen zu verhindern. Der durch die Begriffe Arktis und Antarktis leicht denkbaren Verwechslung und der dadurch ausgelösten Unsicherheit könnte man durch eine konsequente Verwendung des Begriffs Kontinent Antarktika entgegenwirken. Eine kritische Auseinandersetzung mit im Unterricht verwendeten Karten sollte als durchgängiges Unterrichtsprinzip immer wieder stattfinden.
- Die Vorstellung einer großen Eisinsel könnte dadurch durchbrochen werden, dass man Schüler bittet, ihre Vorstellungen zu zeichnen. Die Zeichnungen könnten mit der Realität verglichen werden. Über die Analogie zur Funktion des Eises bei Iglus (Eis isoliert) könnte schülernah verständlich werden, dass das Meereis in den Polargebieten in der Regel nicht dicker als drei bis vier Meter werden kann.
- Bei der Behandlung der Entstehung von Landeismassen sollte auf das Konzept der Schneemetamorphose besondere Rücksicht genommen werden. Auch wenn es banal erscheinen mag, sollten die Begriffe Gletscher und Eisberg gegenüberstellend voneinander abgegrenzt werden. Insgesamt sollte der Blick auf die Kryosphäre mehr im Zusammenhang mit dem Wasserkreislauf geworfen werden. Hierbei sollte der Begriff ewiges Eis einer kritischen Prüfung unterzogen werden.

- Im Hinblick auf die weit verbreitete Vorstellung eines Anstiegs des Meeresspiegels durch schmelzendes Meereis scheint es sinnvoll, Schüler mit Pressemeldungen zu konfrontieren, dass aufgrund eines Schmelzens des Polareises der Meeresspiegel steige, und die Schüler anschließend diskutieren zu lassen, ob dies denn den Tatsachen entspreche. Eine Erarbeitung der Frage, was passiert, wenn das Polareis schmilzt, bietet sich dann mittels des Versuchs von LIESER, LIESER (2003) an. Sie schlagen vor, dass die Schüler zwei Gläser mit Wasser füllen und daraufhin beobachten sollen, was mit dem Wasserstand im Becherglas nach Schmelzen des Eises passiert, einmal wenn das Eis in Form dreier Eiswürfel sich beim Schmelzen außerhalb des Wasserglases befindet, die Schmelzwasser aber in das Wasser gelangen können, ein anderes Mal wenn die Eiswürfel sich im Wasser befinden. Im günstigsten Fall entwerfen die Schüler die Planung für den Versuch selbstständig. Die Übertragbarkeit der Situation im Glas auf die Situation im Meer ist in jedem Falle zu diskutieren. Eine Möglichkeit besteht darin zu behaupten, dass beim Meereis sich eine große Menge Eis über Wasser befinde und damit die Verhältnisse anders seien als im Becherglas. Das Beispiel zeigt: Wirkliches Verständnis zu Vorgängen in der Kryosphäre kann nur erlangt werden, wenn naturwissenschaftliche Gesetze wie das Archimedische Prinzip im Geographieunterricht berücksichtigt werden.
 - Im Unterricht sollte Wert darauf gelegt werden, verschiedene Umweltprobleme in deutlicher Abgrenzung zueinander zu behandeln.
 - Die Folgen eines Schmelzens der Polkappen sind ein Bereich, bei dem deutlich wurde, dass die Schüler eine hohe emotionale Betroffenheit zeigen. Hier wäre ein Ansatzpunkt, mithilfe eines *concept mappings* die Vorstellungen der Schüler sichtbar werden zu lassen und miteinander zu vergleichen. Die dabei auftretenden Fragen könnten mittels geeigneter, vom Lehrer zur Verfügung gestellter Lernmaterialien oder in einem noch offeneren Unterrichtsverfahren gelöst werden. Am Ende sollten die Schüler wieder eine *concept map* zeichnen und diese mit ihrer ursprünglichen *concept map* vergleichen.
 - Der Behandlung der Meeresströmungen sollte im Unterricht eine größere Beachtung geschenkt werden. Hierbei ist der Fokus vor allem auf die Antriebsmechanismen zu richten. Eine deutliche Abgrenzung von Meeresströmungen zu Fließgewässern ist vorzunehmen, da Schüler in der Untersuchung ihre Vorstellungen von Fließgewässern auf die Meeresströmungen übertragen. Ausgestattet mit diesem Grundwissen bietet es sich an, die Schüler den Einfluss des Klimawandels auf den Golfstrom in einer problemorientierten Lernumgebung erarbeiten zu lassen.
- Die vorliegende Studie versteht sich als Pilotstudie. Erklärungsansätze für die Schülervorstellungen behielten einen eher hypothetischen Charakter. Stärker theoriegeleitete Analysen der Vorstellungen oder eine vertiefte Analyse in den Medien anzutreffender Konzepte könnten dazu beitragen, deren Verständnis zu verbessern. Auf Basis dieser Untersuchungen erstellte Lernmaterialien müssten im Hinblick auf ihre Wirksamkeit untersucht werden und schließlich den Weg in die Praxis finden. Auch Vermittlungsexperimente, beispielsweise zu Schülervorstellungen über die Auswirkungen schmelzendes Meereises auf den Meeresspiegel, könnten an dieser Stelle hilfreich sein, um die Wirksamkeit un-

terschiedlicher Interventionen verstehen zu können. Des Weiteren bietet sich eine vertiefende Untersuchung von Schüler- und Lehrervorstellungen an über Prozesse, die in der Kryosphäre der Polargebiete bedingt durch die globale Erwärmung ausgelöst werden, auch im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Kompetenz, systemisch zu denken. In den Pretests der Interviewstudie sowie in einer in diesem Artikel bisher nicht erwähnten ersten Erhebung unter Studierenden (CONRAD 2008) kristallisierte sich heraus, dass auch eine Untersuchung von Lehrer- und Studierendenvorstellungen in Bezug auf Polargebiete und Kryosphäre vonnöten

sind, um lernpsychologisch sinnvolle Leitlinien für Aus- und Weiterbildung von (künftigen) Lehrkräften bezüglich der Kryosphäre zu formulieren. Auch Lehrer (DUIT 2009) verfügen häufig über Vorstellungen, die denjenigen der Lerner sehr ähneln, und somit liegen auch in Lehrervorstellungen mögliche Hürden für einen effizienten Unterricht.

Dank

Ich danke Frau Prof. Dr. Sybille Reinfried, Pädagogische Hochschule Zentralschweiz (PHZ) Luzern, für ihre kritischen und anregenden Anmerkungen zu diesem Aufsatz.

Literatur

- AWI (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung) (2007): Internationales Polarjahr 2007/2008. Der deutsche Beitrag. URL: www.polarjahr.de (November 2010).
- BRANDES, H.W., KAISER, H. (Hrsg.) (2004): TEAM EWG 1. Paderborn.
- CONRAD, D. (2008): Schülervorstellungen zu ausgewählten Aspekten der Polargebiete. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen. (PH Freiburg, unveröff.).
- DGP (Deutsche Gesellschaft für Polarforschung) (2011): Coole Klasse. Auf Tuchfühlung mit Polarforschern. URL: dgp-ev.de/pdf-2012/Coole%20Klassen_Brosch%FCre-2011_web.pdf (Juli 2012)
- DUIT, R. (2008): Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. In: REINFRIED, S. (Hrsg.): Schülervorstellungen. *geographie heute* 256, S. 2-7.
- DUIT, R., TREAGUST, D. (2009): Conceptual change – Still a powerful framework for improving the practice of science instruction. In: KIM, M. ET AL.: Proceedings of the International Science Education Conference 2009: Science Education: Shared Issues, Common Future, 24 to 26 November 2009. Singapore, S. 725.744.
- DOVE, J. (1999): Theory into practice - Immaculate misconceptions. Sheffield (GB).
- ENGELN, A., JONEN, A., MÖLLER, K. (2003): Lernfortschrittsdiagnose durch Interviews. Ergebnisse einer Pilotstudie zum „Schwimmen und Sinken“ im Sachunterricht in der Grundschule. In: SPRECKELSEN, K., MÖLLER, K., HARTINGER, A. (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn, S. 155-173.
- ERZNER, F., SÜDHOFF, P. (2004): Menschen Märkte Räume. Arbeitsbuch für den Fächerverbund Erdkunde -Wirtschaftskunde - Gemeinschaftskunde. Realschulen Baden-Württemberg. Berlin.
- FELZMANN, D. (2010): Wenn Gletscher und Schülervorstellungen in Bewegung geraten – Analyse der Vorstellungsentwicklung zum Thema „Gletscherbewegung“ in einem Vermittlungsexperi-

- ment. In: REINFRIED, S. (Hrsg.): Schülervorstellungen und geographisches Lernen. Berlin, S. 87-122.
- GEIGER, M., PAUL, H. (2004): TERRA. EWG 1 Erdkunde Wirtschaftskunde Gemeinschaftskunde. Realschule Baden-Württemberg. Gotha.
- GOODNOW, J. (1977) Children's drawing. London.
- HAUBRICH, H. (1992): Wahrnehmungsgeographische Aspekte schulischer Kartenarbeit – Kognitive und affektive Weltkarten. In: MAYER, F. (Hrsg.): Schulkartographie. Tagungsband zum Wiener Symposium 1990. Wien, S. 37-51.
- HAUBRICH, H. (2007): Raum-Perzeption und geographische Erziehung. In: GEIGER, M., HÜTTERMANN, A.: Raum und Erkenntnis. Bad. Honnef, S. 56-65.
- HAPPS, J. C. (1982): Glaciers. Working paper of the Science Education Research Unit. University of Waikato (NZ).
- KNIPPERT, U. (2008) (Leitung): Haack Weltatlas für Bayern. Gotha.
- KOHLER, A. (2006): Nordmeer verliert seinen Eisschild. URL: www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,158,437022,00html (15.01.2011).
- LANGBEIN, A. ET AL. (2004): Trio. Erdkunde – Wirtschaftskunde – Gemeinschaftskunde. Realschule Baden-Württemberg. Braunschweig.
- LAMNEK, S. (2005): Qualitative Sozialforschung. Weinheim.
- LIBARKIN, J. C., KURDZIEL, J. P. (2006): Ontology and the teaching of Earth System Science. *Journal of Geoscience Education* 54 (3), p. 408-413.
- LIESER, J., LIESER K. (2003): Steigt der Meeresspiegel, wenn das Polareis schmilzt. In: *Praxis Geographie*, Heft 10, 33. Jg., S. 39-45.
- MARCINEK, J. (1984): Gletscher der Erde. Leipzig.
- MICHAEL, T. (2008) (Leitung): Diercke Weltatlas. Braunschweig.
- NEBEL, J. ET AL. (2005): EWG 1. Realschule Baden-Württemberg. Braunschweig.
- NEBEL, J. et al. (2005): EWG 2. Realschule Baden-Württemberg. Braunschweig.
- PHILIPS, W. C. (1991): Earth science misconceptions. *The Science Teacher* 58 (2), p. 21-23.
- REINFRIED, S. (2008): Schülervorstellungen und Lernen von Geographie. *geographie heute* 256, S. 8-13.
- REINFRIED, S. (2010): Lernen als Vorstellungsänderung: Aspekte der Vorstellungsforschung mit Bezügen zur Geographiedidaktik. In REINFRIED, S. (Hrsg.): Schülervorstellungen und geographisches Lernen. Aktuelle Conceptual-Change-Forschung und Stand der theoretischen Diskussion. Berlin, S. 1-31.
- REINFRIED S., HUG, F. (2008): Von Eisklumpen, Eismeeeren und Strömen aus Eis. *geographie heute* 256, S. 40-43.
- REINFRIED S., SCHULER S. (2010): Ludwigsburg-Luzerner Bibliographie zur Alltagsvorstellungsforschung in den Geowissenschaften Stand/Volume 28.12.2010, www.ph-ludwigsburg.de/llbg.
- SCHULER, S. (2004): Alltagstheorien von Schülerinnen und Schülern zum globalen Klimawandel. In: KROSS, E. (Hrsg.): Globales Lernen im Geographieunterricht – Erziehung zu einer nachhaltigen Entwicklung. 15. geographiedidaktisches Symposium vom 10.-12.06 2003 in Bochum, S.123-145 (Geographiedidaktische Forschungen, Bd. 38).
- SCHULER, S. (2011): Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandel – Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive. *Bochumer Geographische Arbeiten*, Bd. 78. Bochum.
- THANNHEISER, D., WÜTHRICH, C. (2002): Die Polargebiete. Braunschweig.
- TREND, R., EVERETT, L., DOVE, J. (2000): Interpreting primary children's represen-

tations of mountains and mountainous landscapes and environments. Research in Science & Technological Education, vol. 18, no.1, p. 85-112.

VOSSEN, J.(2005): Diercke Erdkunde. Realschule Bayern. 5. Jahrgangsstufe. Braunschweig.

WELT ONLINE (2007, 09.08.): Das ewige

Eis schmilzt in drastischem Tempo. URL: www.welt.de/wissenschaft/article1093693/Das_ewige_Eis_schmilzt_in_drastischem_Tempo.html (15.01.2011)

YIN, Y., TOMITA, M., SHAVELSON, R. (2008): Diagnosing und dealing with students misconceptions: Floating and sinking. Science Scope, vol. 31, no. 8, S. 34-39.

Autor:

Dominik Conrad

Didaktik der Geographie, Universität Bayreuth
dominik.conrad@uni-bayreuth.de