



Didaktische Rekonstruktion der Themen Glazialmorphologie und Eiszeit(en)

Educational Reconstruction of the Topics Glacial Morphology and Ice Age

Dirk Felzmann 

Zitieren dieses Artikels:

Felzmann, D. (2014). Didaktische Rekonstruktion der Themen Glazialmorphologie und Eiszeit(en). *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 42(1), S. 5–30. doi 10.18452/23976

Quote this article:

Felzmann, D. (2014). Didaktische Rekonstruktion der Themen Glazialmorphologie und Eiszeit(en). *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 42(1), pp. 5–30. doi 10.18452/23976

Didaktische Rekonstruktion der Themen Glazialgeomorphologie und Eiszeit(en)

Dirk Felzmann

Zusammenfassung:

Entlang des Modells der Didaktischen Rekonstruktion wurden evidenzbasierte Leitlinien für den Unterricht der Themen „Glazialmorphologie“ und „Eiszeit“ entwickelt. Hierfür wurden die wissenschaftlichen Vorstellungen mit Hilfe von Lehrbuchtexten und historischen Quellen analysiert, während die Schülervorstellungen durch Vermittlungsexperimente erhoben wurden. Der wechselseitige Vergleich dieser Vorstellungen ermöglichte die Bestimmung zentraler Lernschwierigkeiten und –chancen. Beim Thema „Glazialmorphologie Norddeutschlands“ sollten die pleistozänen Gletscher als ein Geber strukturiert werden, der dem norddeutschen Untergrund Material gab. Inhaltliche Strukturierungen, die Kraftwirkungen oder die Anpassung an den Untergrund betonen, fördern dagegen die Konstruktion nichtadäquater Vorstellungen. Beim Thema „Eiszeiten“ sollte eine narrative Struktur gewählt werden, die eine biologische Geschichte in einer sich gradualistisch ändernden Umwelt erzählt. Die Schüler neigten zur Konstruktion einer katastrophistischen Geschichte, die Agassiz' ursprünglicher Version „der Eiszeit“ (1837) ähnelt.

Schlüsselwörter: conceptual change, Modell der Didaktischen Rekonstruktion, Gletscher, Eiszeit, geoscience conceptions, Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens

Summary: Educational reconstruction of the topics glacial morphology and ice age

The model of educational reconstruction was used to develop evidence-based guidelines for teaching about glacial morphology and ice age. Therefore scientists' conceptions were analysed in textbooks and historical sources, while students' conceptions were reconstructed from transcripts resulting from teaching experiments. The comparison of these conceptions revealed the elementary ideas for teaching about these topics. When teaching the glacial morphology of northern Germany the Pleistocene glacier should be constructed as a donor providing material to the northern German underground. In contrary content structures that emphasise the force of glaciers to the underground or the adaptation of a glacier to its underground support the construction of non-adequate conceptions. When teaching ice age the narrative structure of this topic should thus be embedded in a biological story of a gradualistic changing environment because students tended to construct catastrophistic stories similar to Agassiz'(1837) original version of an ice age.

Keywords: conceptual change, model of educational reconstruction, glaciers, ice age, geoscience conceptions, theory of experientialism

1 Einleitung

Mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN, DUIT, GROPENGIESSER, KOMOREK 1997) liegt ein Forschungsprogramm zur evidenzbasierten Entwicklung von didaktischen Leitlinien und konkretem Unterrichtsmaterial für spezifische Unterrichtsthemen vor. Dabei wird die Analyse der Lernervorstellungen mit einer fachlichen Klärung der wissenschaftlichen Perspektive verglichen und aus dieser Gegenüberstellung werden dann didaktische Leitlinien für den Unterricht des Themas entwickelt.



Abb 1: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (nach KATTMANN ET AL. 1997)

Das Thema Gletscher/Eiszeiten ist ein Unterrichtsthema, das einerseits sehr verbreitet im Geographieunterricht ist (z.B. NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM 2008), für das aber bisher kaum evidenzbasierte didaktische Leitlinien erstellt wurden. Auch Ergebnisse aus der Vorstellungsforschung liegen zu diesem Thema bisher kaum vor: FRANCEK (2013, S. 40) folgert aus seinem Review zu geowissenschaftlichen Fehlvorstellungen (*misconceptions*), dass das Thema Gletscher überraschend gering diesbezüglich untersucht worden sei. Dies gelte besonders für Untersuchungen an Lernern jenseits der College-Stufe, also an Lernern, die jünger als etwa 18 Jahre sind. REINFRIED, SCHULER (2009, S. 126f.) kommen in ihrem Überblick zur Ludwigsburg-Luzerner Bibliographie zur Alltagsvorstellungsforschung

in den Geowissenschaften zu dem Ergebnis, dass das Themenfeld Kryosphäre (*glacial systems*) den geringsten Anteil an allen zu diesem Zeitpunkt den Autoren bekannten Veröffentlichungen zu verschiedenen geowissenschaftlichen Themenfeldern aufweist.

Im Rahmen einer Promotionsstudie (FELZMANN 2013) erfolgte eine didaktische Rekonstruktion des Themas Gletscher/Eiszeiten, wobei verschiedene Unterthemen jeweils gemäß des didaktischen Triplets aus Analyse der Lernerperspektive, fachliche Klärung und didaktische Strukturierung bearbeitet wurden. Folgende Überlegungen waren für die Bestimmung der Unterthemen von Bedeutung:

- Geowissenschaften sind im Gegensatz zu Physik und Chemie auch historische Wissenschaften (DODICK, ORION 2003; FRODEMAN 1995; GOULD 1994). Neben einem nomothetischen Erkenntnisinteresse, das nach allgemeinen Gesetzmäßigkeiten fragt, etwa nach den Mechanismen der Gletscherbewegung oder glazialgeomorphologischen Prozessen, existiert auf wissenschaftlicher Seite auch ein historisches Erkenntnisinteresse, das nach der Rekonstruktion der Geschichte spezifischer Elemente (z.B. Klima, Relief, Fauna) in einem spezifischen Raum zu einer spezifischen Zeit fragt, etwa nach der Geschichte des Klimas in Europa im letzten Eiszeitalter. Deshalb wurden die im Rahmen dieser Promotionsstudie erhobenen Unterthemen in die beiden Kategorien Gletscher (primär nomothetisch strukturiert) und Eiszeit (primär narrativ strukturiert) unterteilt.
- Innerhalb dieser beiden Kategorien wurden dann auf Basis sachlogischer Zusammenhänge und unter Berücksichtigung der Kapitelstrukturierungen in Lehrbüchern (z.B. GROTZINGER, JORDAN, PRESS, SIEVER 2008; WINKLER 2009) sowie des niedersächsischen Kerncurri-

culums für die Sekundarstufe I folgende Unterthemen festgelegt: Entstehung von Gletschern, Gletscherbewegung, Gletscher als Systeme, Gesteintransport durch Gletscher, Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt auf Norddeutschland, Eiszeit und Erdgeschichte, Eiszeit und Geofaktoren, Eiszeit und Biosphäre.

In diesem Artikel werden Ergebnisse zu den Unterthemen ‚Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt auf Norddeutschland‘ sowie zu ‚Eiszeit insgesamt‘ vorgestellt¹.

2 Theoretischer Rahmen und Fragestellung

2.1 Bisherige Forschung über Vorstellungen zu Glazialgeomorphologie und Eiszeit

FRANCEK (2013, S. 40) konstatiert in seinem Review zu geowissenschaftlichen Fehlvorstellungen, dass keine Forschungsergebnisse zu Vorstellungen darüber vorlägen, wie Gletscher die Landschaft formen, welche Landschaftstypen hierbei entstünden und wie weit sich die pleistozänen Gletscher ausgedehnt hätten. Für das Themengebiet Erosion/Sedimentation listet FRANCEK (2013, S. 42) die Vorstellung eines Gesteintransportes in Analogie zu einem Bulldozer auf. HAPPS (1982, S. 18f.) fragte 37 neuseeländische Schüler im Alter von 11-17 Jahren nach dem Begriff Moräne. 29 Schüler konnten keinerlei Definition zu diesem Begriff konstruieren. Nur sechs Schüler hatten eine Vorstellung, wonach Moränen durch Gletscher entstehen.

TREND (1998) ließ britische zehn- bis elfjährige Schüler erdgeschichtliche Ereignisse chronologisch relativ zueinander ordnen. Hierbei erwies sich das Phänomen *Ice Age*

von allen bereitgestellten erdgeschichtlichen Ereignissen als dasjenige mit der größten Unsicherheit bei der relativen Chronologisierung. Im Durchschnitt (n = 172) ergab sich folgende Reihenfolge: „*Dinosaurs became extinct (died out) - The Ice Age - Woolly mammoths became extinct (died out) - The first humans appeared on Earth - The last volcano erupted in Britain*“ (TREND 1998, S. 985). In daran angeschlossenen Schülerdiskussionen konnten zwei Vorstellungen analysiert werden, die innerhalb dieser Diskussionen von allen Schülern geteilt und auch nicht durch die Diskussion korrigiert wurden: *Big Bang* wurde synonym mit „*der Asteroid, der die Erde traf und die Dinosaurier tötete*“ verstanden. *Ice Age* wurde synonym mit „*das kalte Wetter, das die Dinosaurier tötete*“ verwendet (TREND 1998, S. 982).

Die Vorstellung einer unmittelbaren zeitlichen und kausalen Verknüpfung des Aussterbens der Dinosaurier und der Eiszeit sowie eine generell hohe Unsicherheit in der Einordnung der Eiszeit konnte bei 17-jährigen Schülern und bei Lehramtsstudierenden für die Primarstufe repliziert werden (TREND 2000, 2001). Für angehende Primarstufenlehrer unterschied Trend statistisch drei zeitliche Kategorisierungsklassen: extrem alt, weniger alt und geologisch rezent. Sowohl Eiszeit als auch Dinosaurierzeit fallen hierbei in die Kategorie weniger alt, während Entstehung des Menschen innerhalb der Kategorie geologisch rezent eingeordnet wurde (TREND 2000, S. 551).

2.2 Die Struktur der beiden Unterthemen

Um den Gegenstandsbereich der Erhebung zu fassen, wird im Folgenden erläutert, was unter Vorstellungen zur Glazialgeomorphologie und Vorstellungen zur Eiszeit

¹ Für die Darstellung der Ergebnisse, also die Kapitel 3 und 4, erfolgen wörtliche Übernahmen längerer Passagen aus der Dissertationsschrift.

verstanden wird. Eine solche Klärung kann von zwei Seiten aus erfolgen. Zum einen kann generell aus der *Conceptual-Change-Forschung* kommend versucht werden, das Konstrukt Vorstellung theoretisch zu fassen. Zum anderen kann die spezifische Struktur der Themen Glazialgeomorphologie und Eiszeiten herausgearbeitet werden.

Das Unterthema Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt auf Norddeutschland weist spezifische Merkmale auf. So zeichnet es sich durch eine starke inhaltliche Vernetzung mit anderen Unterthemen aus, insbesondere mit den Unterthemen Gletscherbewegung und Gesteintransport durch Gletscher. Entsprechend sind Vorstellungen zur Glazialgeomorphologie auf Beziehungen zu diesen beiden anderen Unterthemen zu analysieren. Es weist zudem eine primär nomothetische Struktur auf, die nach den geomorphologischen Prozessen im Bereich pleistozäner Eisrandlagen fragt. Durch die Fokussierung auf den Raum des heutigen Norddeutschlands erhält dieses Thema aber auch eine idiographische Dimension. Entsprechend sind die Vorstellungen hinsichtlich Beziehungen zu spezifischen Fakten zur räumlich-historischen Situation Norddeutschlands zu analysieren.

Das Unterthema wird als weit von der Alltagswelt der Jugendlichen entfernt eingeschätzt, auch wenn die Jugendlichen in einer glazial geprägten Landschaft leben. Insofern ist damit zu rechnen, dass viele Lerner vor dem Unterricht hierzu noch keine Vorstellungen konstruierten.

Das Unterthema Eiszeiten dürfte hingegen durch *Ice Age*-Filme eine etwas größere Alltagsrelevanz haben und ist im Gegensatz zum Thema Glazialgeomorphologie narrativ strukturiert. Während Vorstellungen zu nomothetisch strukturierten Themen sich als propositionale Konzepte fassen lassen (GROPENGIESSER 2001, S. 30), sind Narrationen in ihrem Kern nicht hierauf reduzierbar. Narrationen weisen vielmehr eine

Reihe von Elementen auf, die erst in ihrer Kombination eine vollständige Geschichte ergeben (NORRIS, GUILBERT, SMITH, HAKIMELAHI, PHILLIPS 2005, S. 544ff.):

- Es geht um räumlich-zeitliche Einzelergebnisse.
- Die Ereignisse geschahen in der Vergangenheit.
- Es gab mindestens einen zentralen Akteur, der auf das zentrale Ereignis reagiert.
- Typischerweise macht ein Erzähler durch die Ausgestaltung der Geschichte Appetit, wozu eine typische Struktur gewählt wird: Die Geschichte beginnt mit einem allgemeinen Zustand. Eingeleitet durch einen Wechsel in der Erzählzeit tritt das kontingente Ereignis ein, das eine Herausforderung darstellt, auf die der Akteur reagiert. Die Geschichte endet dann typischerweise mit einer Lösung der Herausforderung durch den Akteur.

Um also Vorstellungen zur Geschichte der Eiszeit zu rekonstruieren, sind die Geschichtskonstruktionen der Lerner in ihrer Gesamtstruktur zu rekonstruieren und gemäß der verschiedenen Elemente einer Narration zu analysieren. Allerdings können sich innerhalb dieser Geschichten Vorstellungen mit einer propositionalen Konzept-Struktur befinden, etwa Vorstellungen zur Chronologie des Eiszeitalters oder zu den Ausprägungen der Geofaktoren während einer Eiszeit.

2.3 Vorstellungsbegriff

Ausgehend von der Annahme, dass zu vielen der oben skizzierten Unterthemen viele Lerner vermutlich vorunterrichtlich keine Vorstellungen konstruieren und somit erst im Moment der Instruktion Vorstellungen hierzu konstruieren (STRIKE, POSNER 1992; SHERIN, KRAKOWSKI, LEE 2012), wurde für dieses Thema ein Vorstellungsbegriff zu

Grunde gelegt, der den Konstruktionsprozess während einer Instruktion in den Fokus rückt. Ein solcher Ansatz ähnelt stark BOERSMAS (2012, S. 1) Modell der Konstruktion in Interaktion:

„The model of ‘construction in interaction’ claims, that

- 1) *students’ answers to questions of the teacher or textbook should generally be interpreted as instantaneous constructions and not as representations of students’ cognitive structure,*
- 2) *students’ constructions are sensible to contextual changes,*
- 3) *students’ constructions result from activation of basic cognitive structures by external cues,*
- 4) *students’ basic cognitive structures are embodied, related to bodily experiences.“*

Ein solcher Vorstellungsbegriff fragt also nicht, welche Vorstellungen Lerner vor einer Instruktion haben (so genannte Präkonzepte), sondern begreift Vorstellungen als stark kontextabhängige Konstruktionen in Reaktion auf bestimmte Fragen, Impulse, Informationen durch Lehrer, Mitschüler oder Material. Auf diese Weise wird auch die methodische Schwierigkeit umgangen, dass jede Interviewsituation zur Erhebung vorunterrichtlicher Vorstellungen immer gleichzeitig eine Vermittlungssituation darstellt und somit *ad hoc* konstruierte Vorstellungen nur schwierig von eigentlichen Präkonzepten zu unterscheiden sind (SHERIN, KRAKOWSKI, LEE 2012).

Gleichzeitig ist der oben skizzierte Vorstellungsbegriff kompatibel mit der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, die die Genese von Vorstellungen erklären möchte (GROPENGIESSER 2007; LAKOFF 1987; LAKOFF, JOHNSON 1999). Gemäß dieser Theorie werden Vorstellungen zu nichterfahrbaren Phänomenen durch die Aktivierung ganz grundlegender, erfahrungsbasierter,

verkörperter, kognitiver Strukturen konstruiert (vgl. die Punkte 3, 4 bei BOERSMA (2012)). Solche verkörperten Schemata sind etwa das Teil-Ganzes-Schema, das Start-Weg-Ziel-Schema, das Geber-Gabe-Nehmer-Schema oder das Kraft-Schema (GROPENGIESSER 2007; LAKOFF 1987; LAKOFF, JOHNSON 1999). Das Geber-Gabe-Nehmer-Schema etwa beruht auf der grundlegenden körperlichen Erfahrung, dass man als Körper einem anderen Körper etwas geben kann oder aber von einem anderen Körper etwas erhalten kann. Diese Gabe kann dann gegebenenfalls weitergegeben werden (GROPENGIESSER 2010, S.10).

2.4 Fragestellung

Das Ziel dieser Untersuchung ist die Entwicklung didaktischer Leitlinien für den Unterricht zu den Themen Glazialgeomorphologie und Eiszeit. Deren Generierung erfolgt in einem iterativen Prozess, bei dem immer wieder Ergebnisse der fachlichen Klärung, der Analyse der Lernerperspektive und daraus entwickelter didaktischer Strukturierungen aufeinander bezogen werden: *„Es wird immer wieder die Analyse (= fachliche Klärung, D.F.), die empirische Untersuchung (= Lernerperspektive, D.F.) und die Entwicklung der didaktischen Strukturierung auf erweiterter Basis aufgenommen und in ein wachsendes und vertieftes Verständnis übersetzt“* (KATTMANN ET AL. 1997, S.14).

Die fachliche Klärung hat hierbei die Funktion, aus fachdidaktischer Sicht fachwissenschaftliche Theorien und Begriffe kritisch zu analysieren. Als Material hierzu dienen aktuelle wissenschaftliche Texte, insbesondere Lehrbuchtexte, aber auch wissenschaftshistorische Literatur, um die Entwicklung bestimmter Theorien und Begriffe nachzuvollziehen. Auf diese Weise sollen letztlich der Kern des Themas und

mögliche Lernschwierigkeiten herauspräpariert werden.

Die Analyse der Lernerperspektive fokussiert besonders auf die Vorstellungswelt der Lerner. Hierbei sollen die konzeptuellen Ressourcen der Lerner, die in Lernprozessen zu dem Thema relevant sein können, aus den analysierten Lerneräußerungen rekonstruiert werden. Entsprechend sind Transkripte, aber auch Zeichnungen und die Gestik der Lerner die Grundlage solcher Analysen.

Folglich sind die zentralen Fragestellungen dieser Untersuchung:

- Welche Vorstellungen konstruieren 13- bis 14-jährige Lerner zu den Themen Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt Norddeutschland und Eiszeit in Vermittlungssituationen?
- Welche Vorstellungen konstruieren und konstruierten Wissenschaftler zu den Themen Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt Norddeutschland und Eiszeit?
- Welche didaktischen Leitlinien für den Unterricht zu den Themen Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt Norddeutschland und Eiszeit ergeben sich aus dem wechselseitigen Vergleich der Lernervorstellungen und der fachwissenschaftlichen Vorstellungen?

3 Methode

Da für das Themenfeld Gletscher/Eiszeiten davon ausgegangen wird, dass Vorstellungskonstruktionen primär erst im Moment von Instruktionen erfolgen, wurden Vermittlungsexperimente (*teaching*

experiment) (STEFFE, THOMPSON 2000; KOMOREK, DUIT 2004) als gegenstandsangemessenes Erhebungsinstrument für die Analyse der Lernervorstellungen gewählt. Ähnlich einem Laborexperiment wird hierbei eine gegenüber schulischen Vermittlungskontexten deutlich kontrolliertere Vermittlungssituation geschaffen, innerhalb derer Interviewphasen mit Instruktionsphasen verknüpft werden. Der Versuchsleiter fungiert damit phasenweise als Lehrkraft und phasenweise als Interviewer gegenüber der Probandengruppe. Auf diese Weise werden zu verschiedenen Zeitpunkten Vorstellungskonstruktionen durch die Probanden eingefordert, so dass aus der Analyse dieser Vorstellungen Rückschlüsse über Vorstellungsänderungen infolge neuer Informationen möglich sind.²

Durch ein entsprechendes Gruppensetting kann hierbei der großen Bedeutung sozialer Interaktion bei der Konstruktion von Vorstellungen und bei der Aushandlung von Gültigkeiten konkurrierender Vorstellungen Rechnung getragen werden. Die Lehrkraft setzt hierbei durch Fragen und Aufgaben Impulse von außen und gewährt den daraus resultierenden Gruppendiskussionen einen großen Raum (DUIT, ROTH, KOMOREK, WILBERS 1998; KOMOREK, DUIT 2004).

Konkret wurden im Rahmen der oben genannten Studie (FELZMANN 2013) Vermittlungsexperimente mit sieben Gruppen à drei Lernern, also mit insgesamt 21 Lernern, durchgeführt. Die Lerner stammten aus zwei 8. Klassen eines Gymnasiums in Nordostniedersachsen und waren bisher nicht zu diesem Thema unterrichtet worden. Die Zusammensetzung der Lernerguppen erfolgte durch den Versuchsleiter

² Es ist darauf hinzuweisen, dass Vermittlungsexperimente entgegen ihrer Bezeichnung nicht als Experimente im Sinne quantitativ-empirischer Forschung aufzufassen sind. Trotz ihrer reduzierten Komplexität erlauben Sie keine komplette Variablenkontrolle und damit keine exakte Reproduzierbarkeit. Der Terminus Vermittlungsexperiment wird hier übernommen, weil er sich in der deutschsprachigen und internationalen fachdidaktischen Literatur etabliert hat (vgl. KOMOREK, DUIT 2004; NIEBERT 2010).

Tab. 1: Übersicht über die Phasen der Vermittlungsexperimente mit Bezug zu den Unterthemen Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt auf Norddeutschland und Eiszeiten

Phasen mit Arbeitsaufträgen	Begründungen für Aufgabenkonzeptionen
<p>Die Geschichte der Eiszeit I</p> <p>Erzählt die Geschichte der Eiszeit (wie verlief sie, was geschah, wie sah die Umwelt damals aus?). Beginnt kurz vor der Eiszeit mit eurer Geschichte. Erzählt auch die Folgen der Eiszeit.</p>	<p>Narrative Struktur des Themas (FRODEMAN 1995)</p> <p>Katastrophistische - gradualistische Vorstellungen. WG (BOLLES 2003)</p> <p>Ausgestaltung der Geschichte mit nomothetischen Aspekten, besonders aus dem Bereich Glaziologie. WG (VON KLEBELSBERG 1948; IMBRIE, PALMER; IMBRIE 1981; CAROZZI 1984; BOLLES 2003)</p> <p>Ausgestaltung der Geschichte mit idiographischen chronologischen und geographischen Fakten WG (CAROZZI 1984; BOLLES 2003)</p>
(...)	
<p>Reliefwirkung eiszeitlicher Gletscher in Norddeutschland I</p> <p>Stellt euch vor, in einer neuen Eiszeit würden Gletscher aus Skandinavien wieder Norddeutschland bedecken und somit auch Lüneburg. Wie würden die Gletscher die Oberfläche von hier verändern? Betrachtet die Abbildungen und wählt begründet eine aus. (Profillinien durch die Heimatregion: einmal erhöht, einmal gleich, einmal erniedrigt im Vergleich zur Zeit vor einer Eiszeit)</p>	<p>V: Gletscher presste das Relief in Norddeutschland nieder. SV (EU, PS)</p> <p>V: Gletscher passt sich dem Untergrund an. (TeV: Gletscherstrukturierung als aktiver oder passiver Körper.)</p>
<p>(...)</p> <p><i>Thematisierung der Gletscherbewegung als Bewegung von Eis gemäß eines Fließgleichgewichtes.</i></p> <p><i>Thematisierung des Gesteinstransportes als eingebettet in diese kontinuierliche Eisbewegung.</i></p> <p>(...)</p>	
<p>Eiszeitalter: chronologische Einordnung</p> <p>Im Folgenden sind drei Daten aus der Erdgeschichte genannt: Vor 225 Mio. Jahren: Der Beginn der „Dinosaurierzeit“ Vor 65 Mio. Jahren: Die Dinosaurier sterben aus. Vor etwa 5 Mio. Jahren: Die ersten Menschen leben in Afrika. Wo würdet ihr das Eiszeitalter einordnen?</p>	<p>V: Relative Chronologisierung des Eiszeitalters besonders schwer SV (TREND 1998)</p> <p>V: Eiszeit als Ursache für das Dinosaurieraussterben SV (HAPPS 1982) (EU, PS)</p>
<p><i>Thematisierung der zeitlichen und räumlichen Dimensionen der drei letzten Eiszeiten und der grundsätzlichen Tatsache, dass es mehrere Eiszeiten gab.</i></p>	
<p>Reliefwirkung eiszeitlicher Gletscher in Norddeutschland II</p> <p>Welche Auswirkungen hatte nach eurer Vorstellung die Eiszeit auf die Oberflächenform von Norddeutschland?</p>	<p>V: Den Reliefunterschied zwischen Nord- und Mitteldeutschland mit einem eiszeitlichen Niederpressen Norddeutschlands oder einem Abschieben der Oberfläche durch Gletscher erklären. SV (EU)</p>
<p><i>Informationen zum Begriff „Moräne“ und zur Glazialen Serie (Urstromtal, Sander, Endmoräne, Grundmoräne) und Übertragung auf eine modellhafte Darstellung</i></p> <p><i>Anwendung des Wissens zur Glazialgeomorphologie auf den heimischen Raum</i></p> <p>(...)</p>	
<p>Die Geschichte der Eiszeit II</p> <p>Erzählt jetzt noch einmal die Geschichte der Eiszeit. Beginnt kurz vor der Eiszeit mit eurer Geschichte. Erzählt auch die Folgen der Eiszeit.</p>	<p>ES: Berücksichtigung der gelernten narrativen und nomothetischen Aspekte und Verknüpfung dieser zu einer Geschichte.</p>

Begründungen für die Aufgabenkonzeptionen: **fett: V** = Vorstellung, **ES** = Erwartete Schwierigkeiten. / Art der Vorstellung: WG = Vorstellung aus der Wissenschaftsgeschichte, SV = Schülervorstellung. / In Klammern = Belege für die antizipierten Vorstellungen: Literaturbelege, EU = Eigene Unterrichtserfahrung, PS = Pilotstudie, TeV = Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens.

in Absprache mit den Teilnehmern. Primäre Leitlinie war hierbei, dass die jeweiligen Lerner gerne miteinander arbeiteten und freundschaftlich miteinander verbunden waren. Sekundär wurde darauf geachtet, eine gewisse Varianz im Leistungsspektrum (gemessen an den bisherigen Erdkundezensuren) innerhalb der Gruppe zu gewährleisten. Es wurden zu etwa gleichen Teilen Jungen und Mädchen für die Vermittlungsexperimente berücksichtigt. Die Vermittlungsexperimente fanden auf freiwilliger Basis und außerhalb des regulären Unterrichts statt. Jedes Vermittlungsexperiment dauerte 2 x 90 min., wobei die Pause zwischen den beiden Sitzungen aufgrund organisatorischer Gründe zwei bis vier Wochen betrug.

Grundlagen für die Entwicklung der Vermittlungsexperimente waren: wissenschaftshistorische Analysen zu Vorstellungsentwicklungen zu bestimmten Unterthemen, empirische Befunde aus der fachdidaktischen Forschung zu Schülervorstellungen in diesem Themenbereich, Ableitungen zu vermuteten Schülervorstellungen auf Basis der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, eigene Unterrichtserfahrungen bei der Vermittlung dieses Themas in Jahrgangsstufe 8 sowie zwei Pilotstudien. Auf diese Weise entstand eine Abfolge von Phasen aus Fragen, Informationen und Aufgaben. Hierbei wurde zu Beginn nach der narrativen Strukturierung der Geschichte der Eiszeit gefragt, ohne dass hierbei bereits eine Instruktion erfolgte. Anschließend wurden verschiedene Unterthemen durch Fragen nach den aktuellen Vorstellungen, durch Bereitstellung verbindlicher Informationen und durch Anwendungsaufgaben thematisiert. Am Ende des Vermittlungsexperimentes sollten die Lerner dann noch einmal die Geschichte der Eiszeit erzählen. Die für die Themen Glazialgeomorphologie und Eiszeit relevanten Phasen innerhalb der Vermittlungs-

experimente sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Vermittlungsexperimente wurden videographiert und transkribiert. Innerhalb der oben skizzierten Unterthemen wurden die Transkripte mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (MAYRING 2008) und so letztlich Vorstellungen kategorisiert. Durch eine Metaphernanalyse (SCHMITT 2010) der Originaläußerungen wurden die hierbei relevanten verkörperten Schemata ermittelt. Der (körperliche) Erfahrungshintergrund für die Vorstellungskonstruktionen wurde mit Hilfe plausibler Überlegungen zu Alltagserfahrungen von Kindern und Jugendlichen sowie mit Hilfe geäußerter Argumente aus den Gruppendiskussionsphasen rekonstruiert. Auch weitere Argumente, die die jeweiligen Vorstellungen stützten oder destabilisierten, wurden zusätzlich festgehalten.

Für die fachliche Klärung wurden ebenfalls mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse und der Metaphernanalyse Lehrbuchtexte auf bestimmte Vorstellungen analysiert. Zusätzlich wurde auf Basis wissenschaftshistorischer Primär- und Sekundärliteratur die Vorstellungsentwicklung innerhalb der *scientific community* nachgezeichnet, zum Teil wurden Originalquellen auf ihre metaphorische Struktur analysiert.

Die Übersicht über die Vorgehensweise im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion (Abb. 2) verdeutlicht den iterativen Aufbau der Studie. So wurde etwa mit einem aus der Analyse der Lerner Schwierigkeiten geschärften Blick erneut eine vertiefte fachliche Klärung von Lehrbuchtexten und wissenschaftshistorischer Literatur durchgeführt, um so alternative metaphorische Strukturierungen der jeweiligen Unterthemen herauszupräparieren.

Im Folgenden werden zuerst die Ergebnisse der fachlichen Klärung, dann die Ergebnisse der Analyse der Lernerperspektive, darauf deren wechselseitiger Vergleich und schließlich die daraus abgeleiteten

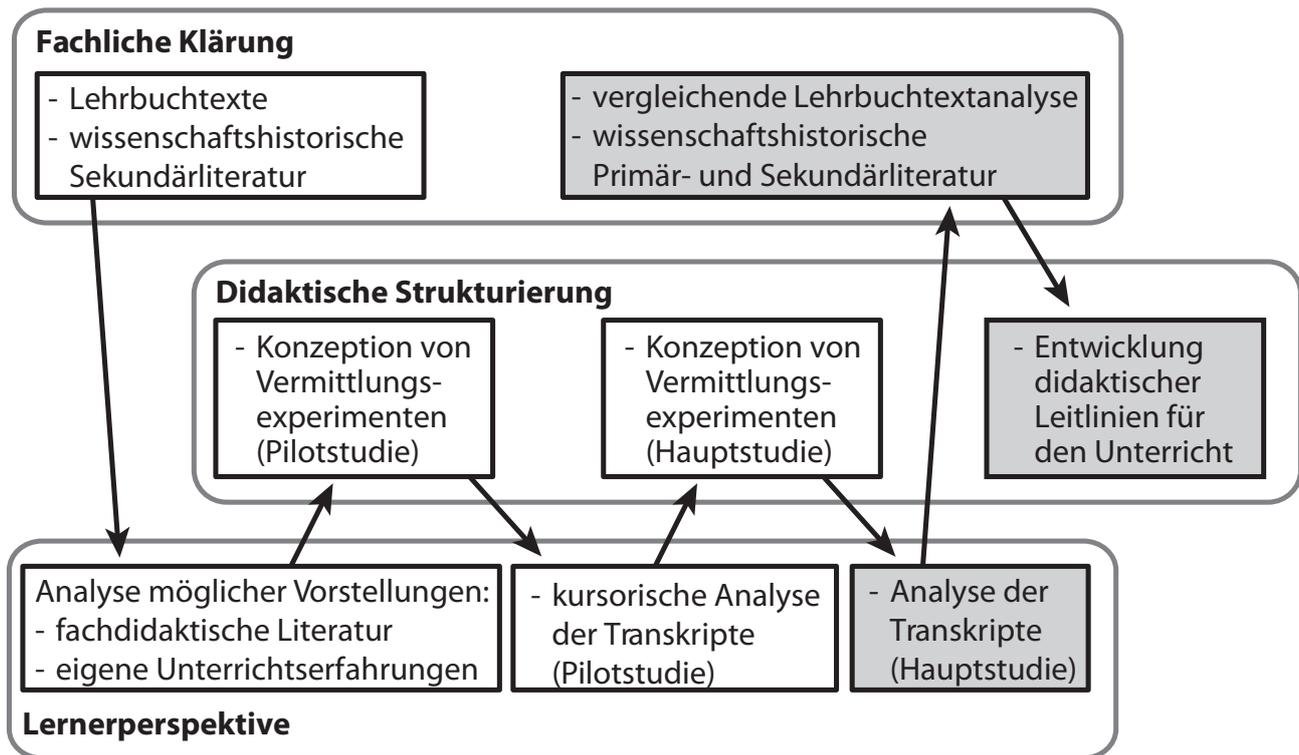


Abb. 2: Entwicklung der didaktischen Leitlinien zu den Themen Glazialgeomorphologie und Eiszeit als iteratives Durchlaufen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Die in diesem Beitrag präsentierten Ergebnisse stammen aus den grau hinterlegten Schritten)

didaktischen Leitlinien (durch Fettdruck hervorgehoben) zum Thema Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt auf Norddeutschland präsentiert. Anschließend erfolgt eine entsprechende Ergebnisdarstellung zum Thema Eiszeit.

4 Didaktische Rekonstruktion des Themas Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt auf Norddeutschland

4.1 Fachliche Klärung

Bezüglich der Frage, wie Gesteine aus Skandinavien nach Norddeutschland gelangten, konkurrierten im 19. Jahrhundert drei mögliche Transporteure miteinander: flüssiges Wasser (Schlamm- oder Rollsteinflut), Eisberge (Drifttheorie), Gletschereis. Zum Teil wurden diese Theorieansätze miteinander verknüpft, so dass etwa eine katastrophistische Flut Eisschollen mit

eingeschlossenen Steinen in einem einmaligen Prozess mit sich gerissen haben soll (KRÜGER 2008, S. 119). Sismonda spekulierte 1844, ob ein schlagartiges Schmelzen eines eiszeitlichen Eisschildes eine Flut mit gesteinstragenden Eistrümmern ausgelöst haben könnte (KRÜGER 2008, S. 255f.). Erst mit Torrels Vortrag 1875 über Gletscherschrammen an den Rüdesdorfer Kalkfelsen bei Berlin setzte sich in der deutschen Geologie die Vorstellung eines Transportes von Gestein durch Gletschereis durch (KRÜGER 2008, S. 446ff.).

Die Vorstellungen zur Interaktion Gletscher-Untergrund (Norddeutschlands) an der Gletscherfront lassen sich aus der Analyse der Wissenschaftsgeschichte und der Lehrbuchtexte drei verkörpert Schemata zuordnen:

- Anpassungsschema (WEITZEL 2006): Der Gletscher passt sich in seiner Form dem präglazialen Untergrund an;

- Kraft-Schema (JOHNSON 1987): Der Gletscher übt eine Kraft auf den Untergrund aus, indem er diesen niederpresst oder aufschiebt;
- Geber-Gabe-Nehmer-Schema (GROPENGIESSER 2007): Der Gletscher fügt Material dem Untergrund zu.

In der Wissenschaftsgeschichte des 19. und frühen 20. Jahrhunderts konzentrierte sich die Diskussion um den Einfluss von Gletschern auf das Relief an der Gletscherfront primär auf die Situation in den Alpen. Für diesen Raum konstruierte Heim eine Vorstellung gemäß eines Anpassungsschemas: *„Die Eiszeiten haben uns eine ungeheure Menge tatsächlicher Beweise dafür vor Augen gestellt, daß der Gletscher sich selbst den kühnsten präexistenten Formen anzuschmiegen vermocht hat, ohne sie zu verwischen“* (HEIM 1919, zitiert in MARCINEK 1984, S. 77). Gletschern gestand Heim nur eine *„bescheidene Abtragungsleistung“* zu (MARCINEK 1984, S. 74) und er analogisierte Gletschereis mit Butter: *„Mit Butter kann man nicht hobeln“* (HEIM o.A., zitiert in EICHER 1982, S. 161). Auf der anderen Seite dieses Disputs vertrat Penck die Ansicht, dass Gletscher ein Tal mehrere hundert Meter tief ausschürfen könnten (MARCINEK 1984, S. 74ff.).

Am Beispiel der Frage nach der Genese von Endmoränen wurden die unterschiedlichen Strukturierungen der Vorstellungen gemäß eines Kraft-Schemas oder eines Geber-Gabe-Nehmer-Schemas deutlich: So vertritt etwa Goddefroy in seinem Lehrwerk die Ansicht, dass der Gletscher sich in den Schutt einwühle und die Stirnmoräne *„thatsächlich zum großen Theil, ja wohl auch ausschließlich durch Ausfegung“* (GODDEFROY 1840, zitiert in VON BÖHMERSHEIM 1901:72f.) entstehe. Der Gletscher übt also Kraft auf den Untergrund aus (einwühlen, ausfegen).

Im gleichen Jahr vertrat Rendu in sei-

nem Lehrwerk eine Auffassung, die von BÖHMERSHEIM (1901, S. 81) folgendermaßen darstellt: *„Die Moränen bestehen ausschließlich aus dem vom Gletscher herabgetragenen Schutt, und zwar die Ufer- (und Seiten-)moränen aus dem Schutt der Oberfläche, die Stirnmoränen obendrein aber auch aus dem, der dort aus dem Gletscherkörper ausschmilzt; deshalb seien auch diese am mächtigsten.“* In diesem Falle trägt also der Gletscher Schutt heran und legt diesen auf den Untergrund.

In aktuellen Lehrbuchtexten findet sich dieser Widerstreit zwischen einer Strukturierung gemäß eines Geber-Gabe-Nehmer-Schemas und eines Kraft-Schemas wieder: STRAHLER, STRAHLER (2009, S. 658ff.) sowie GROTZINGER ET AL. (GROTZINGER ET AL., 2008, S. 591) fassen Endmoränen als bloße Akkumulationsformen auf (ablagern, aufschütten, Ansammlung). Entsprechend werden lang anhaltende Stagnationsphasen des pleistozänen Inlandeseis postuliert: *„Da das Eis ständig bergab fließt, gelangt immer mehr Sediment an den abschmelzenden Gletscherrand, wo sich das unsortierte Material in Form eines geschlossenen Walls oder auch einer bogenförmigen Kette von Hügeln und Kuppen aus Geschiebmaterial ansammelt“* (GROTZINGER ET AL. 2008, S. 591).

Als überwiegende Akkumulationsformen, die aber auch zu einem geringen Maße durch Kraft mitgeformt sein können, werden Endmoränen bei AHNERT (2009, S. 314) charakterisiert: *„Dabei wird mitunter ein Teil des zur Zeit der Vergletscherung gefrorenen, von der Eisbewegung lokal aufgestauchten Untergrundes in die Masse der Endmoräne einbezogen und so deren Höhe verstärkt. Der 164 m hohe Bungsberg bei Oldenburg in Holstein ist eine solche Stauchendmoräne“* (AHNERT 2009, S. 315). Relativierungen wie ‚mitunter‘, ‚lokal‘, ‚einbeziehen‘, ‚verstärken‘ weisen darauf hin, dass selbst in derartigen Stauchendmoränen Akkumulationsprozesse hauptverantwort-

lich für die Entstehung dieser Vollform sein sollen.

Als ganz überwiegend kraftbedingte Verformungen des Untergrundes werden Endmoränen bei Winkler dargestellt. Endmoränen-Bildung alleine durch passive Ablagerung (Satzendmoränen), also ohne die Wirkung von Druck und ohne eine vorrückende Gletscherfront, treten nach WINKLER (2009, S. 133) „in der Realität praktisch überhaupt nicht auf“, weil hierfür ein langer Stillstand der Gletscherfront notwendig sei. Zum Verhältnis zwischen passiven Ablagerungsprozessen und druckbedingtem Aufpressen bzw. Aufstauchen von präglazialen Untergrund-Material schreibt er, „dass man die glaziale Akkumulation während der Genese von Endmoränen nicht überschätzen darf“ (WINKLER 2009, S. 135). Bei den kraftbedingten Endmoränenbildungen unterscheidet WINKLER (2009, S.132) zwischen „Aufpressung (ice pushing) an der Gletscherfront“ und „Aufstauchung (thrusting) durch Glazitektonik vor der Gletscherfront“. Die Bildung von *push moraines* wird als ein Aufpressen oder *bulldozing* des glazialen - nichtgefrorenen - Lockermaterials an der Gletscherfront dargestellt. Die Entstehung von *thrust moraines* wird als ein Aufstauchen von Permafrostboden infolge des Drucks des vorstoßenden Gletschers beschrieben. Hierbei werden einzelne gefrorene Schollen übereinander geschoben (Stauchung) (WINKLER 2009, S. 135).

4.2 Lernerperspektive

Die Thematisierung glazialgeomorphologischer Prozesse wurde im Rahmen der Vermittlungsexperimente geographisch weitgehend auf die pleistozänen Eisrandlagen in Norddeutschland beschränkt. Die Frage, wie sich die Oberfläche Norddeutschlands in Folge der eiszeitlichen Gletscherbedeckungen verändert hat, bildet damit

den Hintergrund für die hier entwickelten Vorstellungen. Die hierbei konstruierten Vorstellungen lassen sich in einem ersten Schritt danach unterteilen, ob flüssiges Wasser im Rahmen von eiszeitlichen Fluten oder aber Gletschereis direkt das Relief Norddeutschlands veränderten.

Vorstellungen, die von einer unmittelbaren Wirkung des Gletschereises ausgehen, lassen sich in einem zweiten Schritt genauer gemäß der drei bereits oben skizzierten Schemata interpretieren:

Eiszeitliche Gletscher veränderten kaum das Relief von Norddeutschland

Anpassungsschema



Beispielhafte Äußerungen:

„Also meine Theorie ist genau das hier, dass da einfach Eis und Schnee (sind). Und das ist hier alles gleichgeblieben und wenn das alles wieder schmilzt, dann sieht man einfach das alles wieder“ (Gruppe 2_698).

„Das Profil ändert sich ja nicht, wenn da ein Gletscher darauf kommt, wäre meine Idee. (Eine Antwortalternative, die keinen Einfluss eines großen Gletschers auf den Untergrund zeigt ist möglich), weil das nachher wieder ungefähr so wird, wie es früher aussah. Ich habe das begründet, weil sich der Untergrund nicht ändert. Das könnte auch hinkommen, weil die Landschaft ja so bleibt“ (Gruppe 4_890).

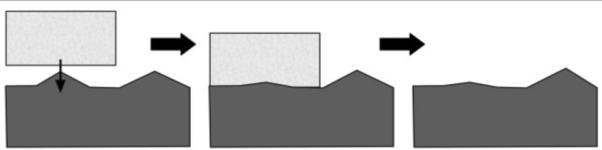
Abb. 3: Lernerperspektive: Eiszeitliche Gletscher veränderten kaum das Relief von Norddeutschland

Die Erfahrung, dass sich ein Körper dem Untergrund anpasst, ohne diesen zu ändern, macht man mit dem eigenen Körper etwa beim Liegen auf unebenem harten Untergrund oder wenn eine leichte Decke

auf dem eigenen Körper liegt und dabei die Form des Körpers nachzeichnet. Im Winter/Frühjahr macht man die Erfahrung, dass zuvor schneebedeckte Landschaften nach der Schneeschmelze wieder in ihrer Form unverändert zum Vorschein kommen. Manche Äußerungen zu der Vorstellung, wonach der Gletscher keinen Einfluss auf das Relief von Norddeutschland habe, erinnern in ihrer Wortwahl an die Beschreibung vom Schnee befreiter Landschaften: „Also meine Theorie ist genau das hier, dass da einfach Eis und Schnee (sind). Und das ist hier alles gleichgeblieben und wenn das alles wieder schmilzt, dann sieht man einfach das alles wieder“ (Gruppe 2_698).

Eiszeitliche Gletscher pressten Norddeutschland nieder

Kraft-Schema (vertikal wirkend)



Beispielhafte Äußerungen:

„Dadurch wurde dann alles ganz platt gedrückt. Wir haben hier in Norddeutschland so gut wie keine Hügel, das ist ja alles plattgedrückt“ (Gruppe 1_1951).

„Ja, oder der Druck vom Gletscher war vielleicht zu schwer. Dadurch (hat sich der Untergrund) angepasst. Aber angenommen, es war ja nicht so wie Friesland, so ganz gerade, es war ja mit Huckel, mit Bergen. Und dann, dass der Gletscher zu schwer ist, dass diese Eisschicht zu schwer ist und das herunterdrückt, dann wird das alles ja eigentlich gerade. Das meine ich, genau das meine ich, dass der (Gletscher) zu schwer ist und alles geradedrückt“ (Gruppe 2_659).

Abb. 4: Lernerperspektive: Eiszeitliche Gletscher pressten Norddeutschland nieder

Nach dieser rekonstruierten Vorstellung übt der Gletscher eine Kraft auf den Untergrund aus. Dieser Prozess wird durch das

Verb pressen und ganz besonders durch das Verb drücken strukturiert: Letzteres wird nur in Verbindung mit Präfixen verwendet, wobei besonders häufig das Resultat dieses Druckprozesses herausgestellt wird: gerade-, flach-, glatt-, platt-. Der Körper, auf den der Druck ausgeübt wird, wird häufig nur ‚das‘ oder ‚alles‘ genannt. Es finden sich aber auch explizite Bezeichnungen: Landschaft, Umwelt, Land, Grönland, Boden und Dreck. Wenn alleine der Prozess des Niederpressens als zentral für die Reliefentwicklung im Eiszeitalter angesehen wird, entsteht hierbei ein ‚niedergedrücktes‘, ‚plattes‘ Relief.

Dass Körper durch ihr Gewicht den Untergrund plattdrücken können, wird am eigenen Leib etwa im Sandkasten erfahrbar: Dort, wo gerade noch Unebenheiten bestanden, befindet sich nach dem Darauf-Legen oder Darauf-Setzen nun eine ebene Fläche. Allerdings macht man mit dem Körper auch die Erfahrung, dass diese Neuformung des Untergrundes durch zwei Variablen kontrolliert wird: die Art des Untergrundes und das Gewicht des Körpers.

Bestimmte Materialien leisten dem Körper Widerstand bezüglich einer Überformung. Nach Auffassung einiger Schüler im Vermittlungsexperiment gilt dies für Gestein und Sand, nicht aber für Blumenerde, die man häufig selbst schon mit der Hand in einen Blumentopf ‚gestopft‘ hat. Auf diese Weise entsteht ein Gegenargument zur Vorstellung eines niedergepressten Reliefs: „Nur Blumenerde lässt sich pressen, nicht aber Sand“ (Gruppe 1_446). „Aber die Eisschicht zerquetscht doch nicht das Gestein“ (Gruppe 2_667).

Schwere Körper hinterlassen deutlichere Spuren im Boden als leichtere Körper. Ob ein Gletscher als schwerer Körper aufzufassen ist, ist in einer Gruppe etwas umstritten. Verwiesen wird auf die Alltagserfahrung, ein Stück Eis zu halten: „Eisbrocken wiegen was, wenn man sie anfasst“ (Gruppe 1_1966).

Ein zentrales Argument für ein Plattdrücken des Reliefs in Norddeutschland während der Gletschereisbedeckung ist die wahrgenommene heutige Geomorphologie dieses Raumes und ihr Unterschied zu Mittel- und Süddeutschland. Dieser räumliche Unterschied korreliert mit der neuen Information im Vermittlungsexperiment über die Verbreitung der saale- und elsterkaltzeitlichen Gletscherbedeckung in Deutschland: *„Süddeutschland ist im Gegensatz zu Norddeutschland bergig, weil dort die Gletscher nie richtig hingekommen sind“* (Gruppe 1_1951); *„Ich sage nur Friesland: flach“* (Gruppe 2_2447); *„Norddeutschland ist ja flach, das würde ja passen. (Lehrer: Sind diese Gebiete, zum Beispiel Hessen, hügeliger, bergiger als Norddeutschland, weil dort keine Gletscherbedeckung war?) Ja, (das) glaube ich schon, ja, also das hat etwas (damit) zu tun: die Gletscher haben das alles so flach gedrückt“* (Gruppe 5_2190).

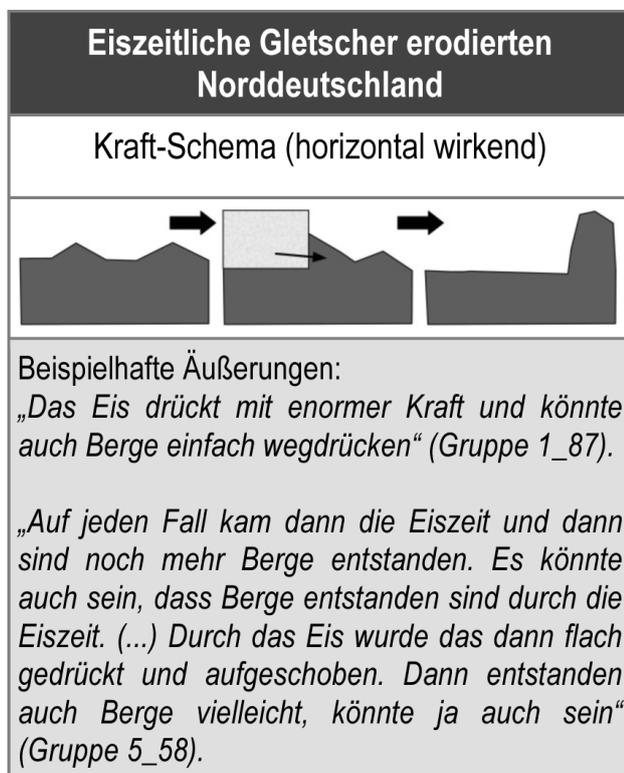


Abb. 5: Lernerperspektive: Eiszeitliche Gletscher erodierten Norddeutschland

Die Lerner sehen in der Korrelation einen kausalen Zusammenhang, der ihre Vorstellung von einem durch Gletscher niedergedrücktten Norddeutschland unterstützt.

Nach dieser Vorstellung erfolgten großflächige Erosionen in Norddeutschland während des Eiszeitalters direkt durch das Gletschereis. Strukturiert wird dieser Prozess mit den Verben (weg)drücken, wegradieren, wegreißen, wegschieben sowie flachdrücken und aufschieben/hochdrücken. Diese Vorstellung lässt sich gemäß eines Kraft-Schemas strukturieren, wobei das Kraftschema in der Modifikation *compulsion-schema* (JOHNSON 1987, S. 45) gefasst werden kann: Im Gegensatz zur Vorstellung des Niederpressens wirkt die Kraft horizontal und beseitigt das auftreffende Hindernis.

Teilweise wird nur der Prozess des Wegdrückens fokussiert, d.h. das Material ist dann aus dem betrachteten Raum entfernt. Teilweise wird der Prozess so strukturiert, dass auch das räumliche Ende dieser kraftbedingten Materialverlagerung dargestellt wird, so dass der Erosions- mit dem Sedimentationsprozess gekoppelt wird. Dabei erfolgen beide Prozesse innerhalb Norddeutschlands, so dass die Netto-Material-Menge in Norddeutschland etwa gleich groß bleibt. So entsteht eine flachgedrückte, plattgedrückte, flache Landschaft, die mit hochgedrückten, aufgeschobenen Bergen durchsetzt sei.

Dass schwere, sich bewegende Körper Teile des Untergrundes wegschieben können, erfahren wir z.B. im Sandkasten, wenn wir mit der Hand oder dem Fuß Sand aufschieben. Dass dabei große Körper mehr Kraft auf den Untergrund oder einzelne Gegenstände ausüben können als kleine, erfahren wir, wenn große Menschen Gegenstände bewegen können, die kleine Menschen nicht bewegen können, oder wenn große Menschen körperlich kleine Menschen wegdrücken: *„Der Gletscher würde die kleinen Unebenheiten, die Norddeutschland zu bieten hat, einfach wegra-*

dieren. Gletscher können sehr groß und damit sehr schwer sein, wie man am Beispiel Grönlands gesehen hat“ (Gruppe 1_381).

Hierbei erfahren wir auch eine enge Kopplung zwischen Erosions- und Sedimentationsprozessen, wenn aus dem Schieben der Hand oder der Planierraupe eine größere ebene Fläche entsteht, an deren Ende sich ein neugebildeter Wall befindet.

Alltagserfahrungen mit Erosionsleistungen von Eis sind dagegen kaum möglich. Vielmehr wirken Schneedecken, aber auch Eisdecken von Seen und Teichen eher als Bewahrer des Untergrundes, woraus folgendes Gegenargument gegen eine Erosion durch Gletscher entstehen kann: „(Ob das überhaupt sein kann, dass von vornherein Land weggetragen wird), weiß ich nicht, das ist ja gefrorenes Wasser, Eis“

(Gruppe 3_378); „Da drauf ist ja Eis. Das kann ja nicht abtragen, Erosion“ (Gruppe 4_938).

Dass Bedeckungen des Untergrundes diesen vor dem Wegschieben schützen können, erfahren wir etwa, wenn wir uns schützend mit unserem Körper über etwas legen und so eine Trennung zwischen dem Kraft Ausübenden und dem Gegenstand erreichen. Die hier rekonstruierten Vorstellungen stellen Sedimentationsprozesse durch das Gletschereis dar. Sie können mit Hilfe eines Geber-Gabe-Nehmer-Schemas strukturiert werden: Als Geber fungiert der Gletscher, vereinzelt auch „die Eiszeit“. Die Gabe bilden Steine, Sand, Erde, Boden, Müll, Bröckelchen. Der Nehmer wird als Land, Landschaft, Gelände, die Erde, Boden charakterisiert. Der Prozess selbst wird mit folgenden Verben beschrieben: ablagern, herantragen, zutragen, daraufmachen, dazumachen, daraufkommen, dazukommen, herkommen, darauflegen, sich aufhäufen, sich aufbauen.

Vorstellungen zu gletscherbedingten Sedimentationsprozessen werden zu allen Zeiten der Vermittlungsexperimente, insbesondere aber nach Informationen zum Gletschertransportsystem artikuliert. Eine besondere Variante wird hierbei in Gruppe 1 konstruiert, wobei der Geber (Gletscher) dem spezifischen Nehmer (Täler bzw. Lücken) Folgendes gibt: Schlammlawine, Schlamm, Matsch und Dreck, was von den Bergen ist. Dieser Prozess wird durch die Verben zuschütten, ausfüllen, auffüllen, hineinfallen und draufkommen strukturiert. Verknüpft wird dies mit der Vorstellung ‚Gestein wird vor dem Gletscher hergeschoben‘. Hieraus resultiert ein Relief, das höher und eben, höher und platt, glatt sei.

Während also nach dieser Variante höhere, aber ebenere Flächen entstanden, gehen die anderen rekonstruierten Vorstellungen von höheren und unebenen Flächen aus: Demnach bildeten sich ‚viele neue Gebirge, also Hügel, Aufschüttungen von Gestein,

Gletschereis führte zur Sedimentation in Norddeutschland

Geber-Gabe-Nehmer-Schema

Beispielhafte Äußerungen:

„Die Steine aus Skandinavien werden mit Druck dahin (nach Norddeutschland transportiert), durch den Druck, der da oben (ist). Durch dieses plastische Rutschen, plastische Fließen werden da mehr Steine immer herangetragen und deshalb vergrößert sich das Land“ (Gruppe 2_2576).

„(Eine Endmoräne bildet sich), weil die abgelagerten Sedimente einen hohen Wall bilden. (Eine Endmoräne bildet sich), wenn der Gletscher halt kleinere Steine mitnimmt. Und wenn er halt hier endet, dann bilden sie dadurch halt einen hohen Wall. Die (Steine) hat er halt so mitgenommen“ (Gruppe 4_2448).

Abb. 6: Lernerperspektive: Gletschereis führte zur Sedimentation in Norddeutschland

Baumstämmen und Dreck', ,noch ein neuer Hügel wegen der Endmoräne'; die Landschaft sei hügeliger oder dick und hügeliger geworden.

Gesteinssedimentation aus Gletschereis ist nicht direkt erfahrbar, nicht einmal beim Besuch eines Gletschers. Eine kontinuierliche Bereitstellung herantransportierten Materials ähnelt der körperlichen Erfahrung eines kontinuierlichen Durchflusses von Nahrung durch den Körper und einer anschließenden Ausscheidung in Form von Stuhlgang.

4.3 Wechselseitiger Vergleich

Innerhalb der wissenschaftlichen Vorstellungen zeigt sich in der Geschichte und in den aktuellen Lehrbuchtexten ein Disput um die relative Bedeutung von eiszeitlichen Eisrandlagen als kraftlose Sedimentierer gemäß eines Geber-Gabe-Nehmer-Schemas oder als kraftvolle Überformer gemäß eines Kraftschemas. Dieser Disput kulminiert besonders in der Frage nach der Genese von Endmoränen. Auf Seiten der Lerner findet sich in den Aushandlungsprozessen ein ähnlicher Disput, innerhalb dessen Vorstellungen gemäß eines Geber-Gabe-Nehmer-Schemas oder gemäß Kraft-Schemata konstruiert werden. Allerdings greifen Lerner insbesondere auf vertikal wirkende Kraft-Schemata zurück, die in ihrer Wirkung zu einem Niederpressen der Landschaft führen, so dass dadurch etwa Berge in den Dimensionen von Mittelgebirgen verschwinden. Auch horizontal wirkende Erosionen und Aufschiebungen durch Gletscher werden in diesen Größendimensionen als Vorstellungen konstruiert. Demgegenüber zeichnen sich die wissenschaftlichen Vorstellungen mit einer Betonung von Kraft-Schemata dadurch aus, dass es sich mehr um Überformungen des präglazialen Untergrundes handelt, dass also die

Größendimensionen deutlich kleiner sind und dass die relevante Kraft diagonal bis horizontal insbesondere auf das unmittelbare Umfeld des Gletscherrandes wirke.

Die Vorstellung eines weitgehend passiven Anpassens des Gletschers an den Untergrund findet sich ebenso in der Wissenschaftsgeschichte wie in den Schüleräußerungen. Die Vorstellung von Schmelzwasserfluten, die zu Sedimentationen führen, finden sich bei Schülern und in spezifischen historischen Vorstellungen.

4.4 Didaktische Leitlinien

► Nicht Schmelzwasser oder Fluten, sondern Gletschereis ist hauptverantwortlich für die Gestaltung der Oberfläche Norddeutschlands

Es ist im Unterricht darauf zu achten, dass auf Gletscher und nicht auf Schmelzwasserfluten oder andere Fluten als zentraler Verursacher der Reliefgenese zurückgegriffen wird. Hilfreich ist hierbei eine Betrachtung der zeitlichen Dimensionen von mehreren tausend Jahren zwischen maximaler Eisbedeckung und Ende einer Eiszeit, die einen langsamen Nettoschmelzprozess der Gletschermassen ermöglichten.

► Den Widerstreit zwischen Kraft-Schemata und Geber-Gabe-Nehmer-Schema reflektieren

Bei diesem Unterthema ist die Entscheidung, welche Einzelprozesse innerhalb eines polykausalen Wirkungsgefüges vermittelt werden sollen, schwierig. Auch von fachwissenschaftlicher Seite werden die Dimensionen der kraftbedingten Überformung und der kraftlosen Sedimentation Norddeutschlands durch die eiszeitliche Gletscherbedeckung unterschiedlich gewichtet. Für eine alleinige Strukturierung mit einem Geber-Gabe-Nehmer-Schema spricht (a) die hohe Anschlussfähigkeit an das Wissen über den Gestein-

stransport und (b) die geringe Affinität zu nicht angemessenen Vorstellungen über ein überdimensioniertes Niederpressen ganz Norddeutschlands oder ein Aufschieben der Mittelgebirge.

Die Kontraintuitivität dieses Prozesses ist auf Basis der Erfahrung des Liegens auf einer Sandkastenlandschaft reflektierbar: Obwohl ein schwerer großer Körper auf dem Untergrund liegt, wird der Untergrund an dem einen Ende zunehmend höher und am anderen Ende zunehmend niedriger, weil die ganze Zeit Material innerhalb des Körpers vom einen Ende zum anderen Ende transportiert wird. Entsprechend eignen sich zur Strukturierung der glazialen Sedimentationsprozesse Wörter wie ablagern, dazu/darauf machen, dazu/darauf kommen gemäß eines Geber-Gabe-Nehmer-Schemas.

► **Verknüpfung der Reliefgenese mit Gletscherbewegung und Gletschertransportsystem**

Häufig ist in Erdkundeschulbüchern im Themenfeld Glaziale Serie nur ein unvollständiger Gletscher, also der Norddeutschland bedeckende Teil des eiszeitlichen Inlandeises, abgebildet (BÖTTCHER-SPECKELS, MÜLLER, MÜLLER, SARTIONO, STARKE, WALDECK, WEHRS 2009, S. 171; DÖPKE, ELLMANN, FREYTAG, HÄUSLER, KEHLER, KERKHOFF, KOCH, MITTELSTÄDT, NIEDERNOSTHEIDE, RÖSSNER, SCHRÖDER-ERNST, STONJEK 2009, S. 103; FLATH, RUDYK 2009, S. 39; HABERLANG, HEID, HEIL, ROTERMANN, WAGENER 2009, S. 141). So werden vermutlich Konstruktionen von Vorstellungen kontinuierlicher Sedimentationsprozesse in diesem Gebiet erschwert und Vorstellungen unbeweglicher, einen vertikalen Druck ausübender Gletscher gefördert.

Als räumliche Perspektive sollte deshalb ein Blick auf den gesamten eiszeitlichen Gletscher im Profil erfolgen, so dass Erosions- und Sedimentationsprozesse miteinander gekoppelt dargestellt werden können.

Auf diese Weise könnte die Bedeutung kleinräumiger Aufschieb-Prozesse gemindert werden und die Anknüpfung an das Gletschertransportsystem und die dabei notwendige Fließgleichgewichtsbewegung von Gletschereis erleichtert werden. Durch den Ebenenwechsel zwischen Einzelstein und Relief unter Betonung der Kontinuität des Gesteintransportes kann der Untergrund Norddeutschlands leichter als eine Summe herantransportierter Einzelsteine verschiedenster Korngröße verstanden werden. Die hierfür geeignetste Analogie ist diejenige des Förderbandes.

► **Verortung der Kraft- und Sedimentationsprozesse auf verschiedenen Skalen**

Bei einer Thematisierung der Druckwirkung von Gletschern auf den Untergrund sind die hierbei relevanten Maßstabebenen zu reflektieren: Glazialisostatische Phänomene sind auf einer kontinentalen Ebene einzuordnen, Aufschieb- und Aufstauchungsprozesse im Zusammenhang mit Endmoränenbildungen sind auf einer lokalen Ebene zu verorten. Auf der regionalen Ebene (Norddeutschland) sind dagegen Druckprozesse im Vergleich zu Sedimentationsprozessen kaum relevant.

5 Didaktische Rekonstruktion der Geschichte der Eiszeit

5.1 Fachliche Klärung

Eine Lehrbuchanalyse wie zum Thema Glazialgeomorphologie macht aufgrund der idiographischen Struktur des Themas wenig Sinn: Die Vorstellungen der Lerner zur Geschichte des Eiszeitalters sind mit den fachwissenschaftlichen Darstellungen nur schwer miteinander zu vergleichen. Die fachwissenschaftliche Bearbeitung verschiedener Aspekte des Eiszeitalters verteilt sich auf ganz verschiedene Wissenschaftsdisziplinen.

linen und ist innerhalb dieser oft hochgradig ausdifferenziert. Eine zusammenhängende Erzählung einer Eiszeit-Geschichte erfolgt damit innerhalb fachwissenschaftlicher Literatur nicht mehr.

Allerdings erfolgte eine solche Erzählung durch die Begründer des Begriffs Eiszeit, Agassiz und Schimper. Im Folgenden werden deshalb die narrative Struktur und die inhaltliche Ausgestaltung der von Schimper und Agassiz gemeinsam entwickelten Eiszeiterzählung rund um den entscheidenden Vortrag 1837 auf der Jahrestagung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Neuchâtel analysiert (Agassiz' Vortrag, Schimpers ‚Ode an die Eiszeit‘ und Schimpers erläuternder Brief für Agassiz' Vortrag). Diese Erzählung wird dann im Rahmen der fachlichen Klärung kurz mit der alternativen Eiszeiterzählung Lyells um 1860 kontrastiert.

AGASSIZ (1837) und SCHIMPER (1837a, b) strukturieren Eiszeit und Nacheiszeit metaphorisch mit den Dichotomien Winter-Frühling sowie Tod-Leben: Eiszeit ist Winter beziehungsweise Eiszeit ist Tod. Die Geschichte des Lebens zeigt eine typische narrative Struktur: den Anfang bildet eine Phase der Harmonie (reiche Vegetation, große Säugetiere), das Ereignis tritt als Problem auf (Tod, Leichentuch, Winter, öd, trostlos, lebensscheu), den Schluss stellt wieder eine angenehmere Phase dar (Frühling, Leben, Schöpfung). Der Akteur dieser Geschichte bleibt diffus: Tod, Winter Sibiriens, Natur, Gewalt des Frosts oder die große Kälte. Dabei sei das gesamte damalige Leben ausgestorben („kompletter Schnitt“: AGASSIZ 1837, S. XXXI). Die Lösung für das aufgetretene Problem stelle eine göttliche Neuschöpfung allen Lebens dar.

Das Eis dieser Eiszeit wird im Gegensatz zu späteren Veröffentlichungen noch nicht explizit als Gletscher bezeichnet: Es scheint überall entstanden zu sein, wobei gefrierende Seen eine offensichtlich wichti-

ge Rolle spielten. Der Vorgang der Eisbedeckung wird als Bedeckung und Einhüllung strukturiert und mit einem Leichentuch metaphorisch gefasst.

Besonders Schimper stellt neben der zeitlichen Analogie ‚Eiszeit ist Winter‘ eine räumliche Analogie her, indem er das Gebiet des Nordpols in dieser Zeit als „näher bei uns“ bezeichnet und in den Gletschern der Alpen und dem Eis des Nordens Reste des „Ureises“ (SCHIMPER 1837b, S. 214) sieht: Die Eiszeit war demnach klimatisch mit den heutigen Polargebieten vergleichbar.

Als Schüler Cuviers hatte Agassiz sich im Streit zwischen Katastrophisten und Gradualisten vollständig auf die Seite der Katastrophisten geschlagen und so eine katastrophistische Vorstellung vom Eiszeitalter entworfen. Die Entdeckung konservierter Mammuts im Permafrost Sibiriens, die scheinbar plötzlich eingefroren seien, unterstützte als Argument die Vorstellung einer katastrophenartig hereinbrechenden Eiszeit (KRÜGER 2008, S. 210). Als eine weitere Ursache für Agassiz' „Überspanntheit“ (IMBRIE, PALMER IMBRIE 1981, S. 41) wird von BOLLES (2003, S. 226), CAROZZI (1984, S. 167) und KRÜGER (2008, S. 212) sein christlicher Glauben und eine daraus abgeleitete Gegnerschaft gegenüber Evolutionstheorien angesehen. Der Eiszeit kam nach Agassiz' intentionalistischer Vorstellung vom Verlauf der Erdgeschichte eine göttliche Funktion zu, nämlich diejenige, ein Massenaussterben zu bewirken als „ein Schritt auf dem Weg zur Schöpfung einer ganz neuen Welt“ (BOLLES 2003, S. 247).

Lyell als wichtigster Vertreter des Gradualismus war lange Zeit ein prominenter Gegner von Agassiz' Eiszeittheorie und gleichzeitig der Urheber der Alternativtheorie einer Eisbergdrift als Erklärung für den Transport von Erratika. In seinem Buch *The Geological Evidences of the Antiquity of Man* von 1863 bekannte er sich dann aber doch noch zur Eiszeittheorie. Darin skizziert er

Tab. 2: Zusammenfassende Gegenüberstellung einer katastrophistischen und einer gradualistischen Strukturierung der Eiszeit

	katastrophistisch	gradualistisch
Temperaturabnahme: Geschwindigkeit	schnell	langsam
Temperaturabnahme: Ausmaß	- 60°C	(-5) - (-10)°C
Eis der Eiszeit: Art und Herkunft des Eises	vor allem vor Ort entstanden aus zuvor flüssigem Wasser	Gletschereis, vom Akkumulationsgebiet aus kommend
Eis der Eiszeit: geographische Ausmaße	ganz Europa / ganze Welt	regional begrenzt
Eis der Eiszeit: Ausmaß des Schmelzprozesses	plötzliche Schmelzwasserflut am Ende der Eiszeit	kontinuierlicher Abfluss über Entwässerungssysteme
Folgen für das bis dahin existierende Leben	komplettes Aussterben, Neuschöpfung nach Eiszeit	Ausweichen in wärmere Gebiete, Evolution, partiell Aussterben
Mensch und Eiszeit	erst nach der Eiszeit existent	während und auch bereits vor der Eiszeit existent
Metaphorische Strukturierungen	Tod-Leben Winter-Frühling => Schnitte / Dichotomien	Abkühlung, Ausdehnung, Verschiebung => Übergänge

eine Geschichte jener Epoche, die weit mehr mit seinen gradualistischen Grundannahmen kompatibel war als Agassiz' katastrophistische Version. BOLLES (2003, S. 245) beschreibt Lyells Vorstellung so: *„Das Eis war nicht wie eine Katastrophe über die Welt hereingebrochen und hatte alles Leben ausgelöscht und später eine neue Schöpfung erzwungen. Nördliche präglaziale Arten hatten überlebt, indem sie weiter nach Süden gezogen waren. Es hatte sogar Menschen gegeben, die Werkzeuge hergestellt hatten, während sich das Eis über Nordeuropa schloß, genauso wie bei uns alles blüht und gedeiht, während Grönland zugefroren ist.“*

Die darin erzählte Geschichte des Lebens war zugleich kompatibel mit der erst-

mals 1859 publizierten Evolutionslehre Darwins, auf die sich Lyell dezidiert berief. Konkret stützte sich Lyell besonders auf Befunde Forbes, der eine Nord-Süd-Migration der marinen Molluskenfauna parallel zum kühleren Klima nachgewiesen hatte (BOLLES 2003, S. 245).

5.2 Lernerpersepektive

Die Geschichte der Eiszeit wird von den Lernern zu Beginn der Vermittlungsexperimente narrativ meistens dergestalt strukturiert (s. 2.2), dass als zentrale Akteure vornehmlich Lebewesen, und hierbei insbesondere Tiere, fungieren (FELZMANN 2013, S. 209ff.).

Den Anfang dieser Geschichte bildet die Zeit vor der Eiszeit, das kontingente Ereignis ist das Eintreten der Eiszeit mit ihrer Veränderung der Geofaktoren und das Ende der Geschichte stellt eine spätere Phase innerhalb der Eiszeit oder aber die Zeit nach der Eiszeit dar. Die Herausforderung, die durch das kontingente Ereignis (veränderte Geofaktoren) aufgeworfen wird, stellt die Schwierigkeit des Weiterlebens für die Lebewesen unter diesen neuen Bedingungen dar. Beispielhaft wird das an einer Äußerung eines Lerner (Gruppe 1_54) deutlich: *„Soll ich erzählen? Also kurz vor der Eiszeit war halt alles grün. Die Bäume, die Bäume waren schön, sie wuchsen, es gab genug zu trinken, fressen. Die Tiere entwickelten sich gut. Und jetzt geschah durch irgendeinen Grund die Eiszeit. Es wurde alles kalt, die Tiere mussten sich neu einstellen, das Trinken wurde rar, da ja die Flüsse und Seen zufrieren. Die Tiere selber brauchen ein dickes Fell, damit sie vor der Kälte geschützt sind. Ja und einige Tiere, die sich nicht schnell genug anpassen konnten, sind halt ausgestorben bzw. gestorben. Möchte noch jemand etwas hinzufügen?“*

Auf eine Zeit der Stabilität und Harmonie (die Bäume waren schön, die Tiere entwickelten sich gut) folgt – eingeleitet durch eine Veränderung in der Erzählzeit („und jetzt geschah“) – das Ereignis: Es wurde alles kalt. Daraus resultiert ein Problem für die Tiere, das sich besonders im Wort müssen widerspiegelt: *„Die Tiere mussten sich neu einstellen.“*

Diese Rahmenhandlung zieht sich durch alle fünf vertieft analysierten Vermittlungsexperimente (FELZMANN 2013, S. 209ff.). Unterschiedlich können hierbei die konstruierten Reaktionen und Lösungsmöglichkeiten der Lebewesen auf diese Herausforderung ausfallen (im obigen Zitat: sich schnell anpassen oder aussterben): (aus)sterben oder überleben, räumlich ausweichen oder räumlich bleiben (und leiden),

sich verändern (anpassen) oder sich nicht verändern.

Die Frage nach den Reaktionen einzelner Individuen und Arten wird vor dem Hintergrund der Stammesgeschichte des Lebens über die Eiszeit hinweg diskutiert. Dabei gehen alle Lerner von einem Kontinuum des Lebens über das Eiszeitalter hinweg aus. Die Alternativvorstellung von einer vollständigen Zäsur des Lebens auf der Erde durch die Eiszeit wird zurückgewiesen. Vorstellungen zur Ausprägung der Geofaktoren (Temperaturabnahme, Eisbedeckung) werden zu Beginn der Vermittlungsexperimente häufig katastrophistisch ausgestaltet. Weil die Lerner aber von einer Kontinuität der Stammesgeschichte ausgehen, schwächen sie im Verlauf der Vermittlungsexperimente die katastrophistische Struktur der Eiszeit häufig ab: die Geofaktoren seien nun so ausgeprägt gewesen, dass auch weiterhin Leben möglich gewesen sei. Die Chronologisierung erfolgt überwiegend auf Basis kausaler Verknüpfungen zwischen den Lernern bekannten paläontologischen Daten (Aussterben der Dinosaurier, Mammuts, Entstehung des Menschen). Auf diese Weise wird die Eiszeit direkt mit dem Aussterben der Dinosaurier in Verbindung gebracht: Die Dinosaurier seien durch die Eiszeit ausgestorben oder der Meteoriteneinschlag am Ende der Dinosaurierzeit sei zugleich die Ursache für die Entstehung der Eiszeit gewesen. Umstritten unter den Lernern ist die Frage, ob während des Eiszeitalters Menschen lebten (vgl. Abb. 7).

Die Vorstellungen über die Ausprägung von Biosphäre und Geosphäre während der Eiszeit werden zu einem bedeutenden Maß auf Basis von Alltagserfahrungen und Wissen über Winterphänomene in den Mittleren Breiten und über die Reaktionen von individuellen Lebewesen hierauf inhaltlich ausgestaltet. Darüber hinaus erfolgen Analogie-Schlüsse auf Basis der Situation in den Polargebieten. Wissen über

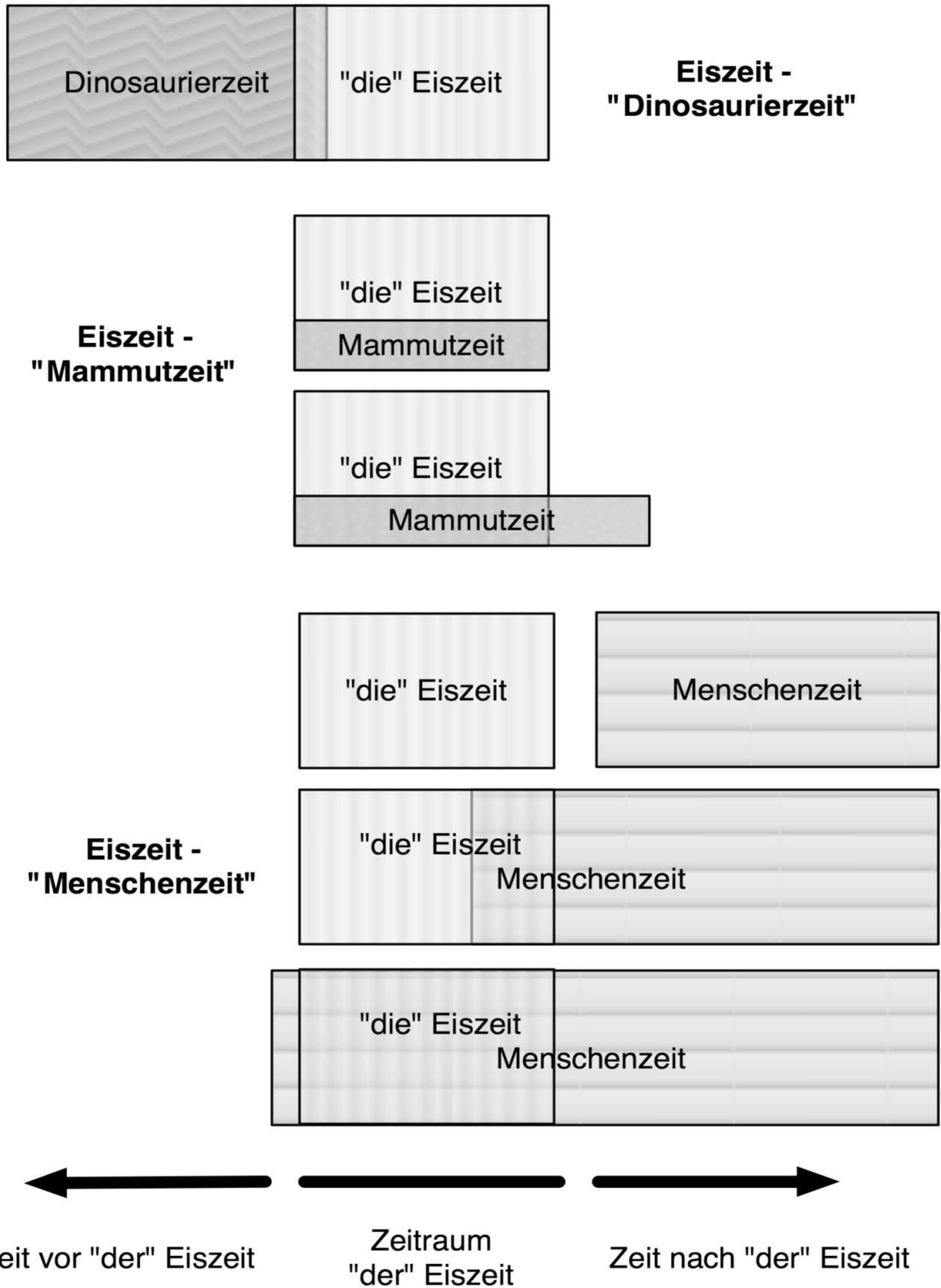


Abb. 7: Vorstellungen aus den Vermittlungsexperimenten zur chronologischen Einordnung der Eiszeit im Verhältnis zu den zeitlichen Landmarken Dinosaurierzeit, Mammutzeit und Menschenzeit

allgemein-geowissenschaftliche Phänomene, etwa den globalen Temperaturgradienten, über physiologische und ethologische Phänomene sowie über den Verlauf der Evolution dienten ebenfalls als Grundlage für Schlussfolgerungen. Zahlreiche dieser Schlussfolgerungen sind aus fachlicher Sicht problematisch oder fachlich unangemessen: Die unterschiedlichen zeitlichen Dimensionen zwischen einem Winter und einer Eiszeit werden nicht berücksichtigt, die allgemeinen geo- und biowissenschaftlichen Regeln sind zum Teil verabsolutiert, räumlich unangemessen dimensioniert oder inhaltlich falsch.

5.3 Wechselseitiger Vergleich

Die Ausprägungen der Geofaktoren gestalten Agassiz, Schimper und einige Lerner ähnlich katastrophistisch:

- Die Eiszeit wird als eine sehr eisreiche Zeit dargestellt, wobei dieses Eis oft vor Ort entsteht und kein Gletschereis ist.
- Die geographische Verbreitung dieser Eisbedeckung ist überdimensioniert.
- Die Temperaturabnahme ist hinsichtlich Geschwindigkeit und Umfang überdimensioniert.
- Die Eiszeit war einmalig.
- Am Ende dieser Eiszeit kam es zu einer großflächigen Schmelzwasserflut (nach Schimper).
- Mammuts fungieren als wichtige Zeugen für diese Zeit.
- Begriffe aus den Kontexten Winter und Polargebiete dienen zur Konstruktion von Vorstellungen zur eiszeitlichen Situation.
- Zentrale Begriffe (Eiszeit, Eisberg, Gletscher) werden von den Lernern ähnlich verstanden wie innerhalb der Fachwissenschaften im 19. Jahrhundert (z.B. Eisberg = Berg mit Eis, Gletscher = Talgletscher).

Im Gegensatz zu Agassiz und Schimper verfügen die Lerner aber über bestimmte erdgeschichtliche Informationen, die erst nach 1837 akzeptiertes Wissen wurden: Es gab eine Evolution, auch der Mensch war Teil dieser Evolution, es gab eine Dinosaurierzeit, Menschen haben Mammuts gejagt. Ein Spezifikum der Lernervorstellungen ist eine schon von TREND (1998) nachgewiesene chronologische Strukturierung, wonach die Eiszeit unmittelbar auf die Dinosaurierzeit folgte und (mit)verantwortlich für das Aussterben der Dinosaurier sei.

Gegenüber den Lernervorstellungen und den Vorstellungen von Agassiz und Schimper sind die heutigen fachwissenschaftlichen Vorstellungen deutlich gradualistischer geprägt.

5.4 Didaktische Leitlinien

► Die Eiszeitgeschichte als eine biologische Geschichte in einer sich gradualistisch ändernden Umwelt strukturieren

Als sinnmachende Erzählstruktur sollte die Geschichte von der Herausforderung Eiszeit für die damaligen Lebewesen, insbesondere Tier und Mensch, benutzt werden. Eine solche Struktur bietet ein hohes Anknüpfungspotenzial an die Strukturierungsprozesse der Lerner sowie deren Interesse. Die Ausprägung der Geofaktoren sollte entsprechend möglichst immer in Hinblick auf ihre Relevanz für die Lebenssituation der damaligen Lebewesen dargestellt werden.

► Eiszeit als eine Zeit der verschobenen Vegetationsgürtel darstellen

Für die Reaktion der Lebewesen auf die Herausforderung Eiszeit bietet sich die Betonung der Vorstellung ‚Überleben in wärmeren Regionen‘ an. Diese kann auf die in den Vermittlungsexperimenten verbreitete Vorstellung eines auch im Eiszeitalter exis-

tenten Temperaturgradienten von den Polen zum Äquator aufbauen, wodurch eine Eiszeit als Zeit der Vegetationsgürtelverschiebung charakterisiert würde (vgl. für eine ähnliche didaktische Strukturierung beim Thema Klimawandel: SCHULER 2011, S. 309). Gleichzeitig lässt sich eine solche Strukturierung leicht mit der von den Lernern eingeforderten stammesgeschichtlichen Kontinuität von Leben im Wasser und auf dem Lande vereinbaren. Darüber hinaus würde eine solche Strukturierung die Ähnlichkeit der damaligen Situation in Mitteleuropa mit der heutigen in den Polargebieten betonen, etwa bezüglich Vegetation (Tundra), Tierwelt (Rentiere, Moschusochsen) und menschlicher Anpassung (traditionelle Lebensweise der Inuits oder anderer Völker in Tundra und Taiga). Damit würde auch die mit dem Begriff Eiszeit begründete Vorstellung einer globalen Eisbedeckung zurückgewiesen werden. Für die Darstellung der Situation in den eisbedeckten Gebieten ist ein umfangreicher Rückgriff auf Informationen zur Gletscherentstehung und zum Gletschersystem nötig. Auf diese Weise kann nachgewiesenen Vorstellungen von einer eingefrorenen Landschaft oder einer Eisentstehung vor Ort entgegengewirkt werden.

► **Korrekte historische Daten setzen**

Besonders folgende verbindliche Daten sind zu setzen: (a) Dinosaurier haben nichts mit dem Eiszeitalter zu tun. Sie sind schon sehr lange davor ausgestorben. (b) Der Mensch entstand bereits vor dem Eiszeitalter und existierte folglich während des gesamten Eiszeitalters.

Hilfreich könnte es sein, als zusätzliches geologisches Datum das Tertiär einzuführen, etwa als eine (noch) warme Zeit, in der keine Dinosaurier mehr lebten, aber viele Säugetierarten wie Urpferd und Riesenfaultier und - an dessen Ende - auch die ersten Menschen. Auf diese Weise entstünde eine

Landmarke (TURK 2004, S. 301ff.), die eine kausale Verknüpfung zwischen Dinosaurierzeit und Eiszeitalter weitgehend unmöglich machen würde.

► **Den Begriff Eiszeit reflektieren**

Der Begriff Eiszeit fördert die Vorstellung einer globalen Vereisung und erschwert die Vorstellung einer graduellen Vegetationsgürtelverschiebung. Der Begriff Kaltzeit fasst die Situation der biotischen und abiotischen Umwelt besser, weshalb etwa MARCINEK (1984, S. 93) eine Ersetzung des Wortes Eiszeit durch das Wort Kaltzeit fordert. Eine Gegenüberstellung der beiden Bezeichnungen dürfte hilfreich sein, um mit den Lernern über die dahinter liegenden Vorstellungen zu reflektieren und dabei die Angemessenheit der beiden Begriffe zu beurteilen.

6 Perspektiven

Ziel der Didaktischen Rekonstruktion ist es, einen Unterrichtsgegenstand neu zusammenzubauen, also zu re-konstruieren, um so erfolgreiche Lernprozesse im Unterricht zu fördern. Ausgangspunkt solcher didaktischen Rekonstruktionen ist der wechselseitige Vergleich zwischen einer fachlichen Klärung aktueller und historischer wissenschaftlicher Vorstellungen und einer Analyse von Lernervorstellungen. Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens hilft hierbei, die Strukturen unterschiedlicher Vorstellungen herauszupräparieren und so die aus fachlicher Sicht notwendigen Vorstellungsänderungen offenzulegen. Im Falle des Themas Glazialgeomorphologie mit Schwerpunkt Norddeutschland zeigte sich sowohl in der fachlichen Klärung als auch in der Analyse der Lernervorstellungen ein Widerstreit zwischen einer Strukturierung der Interaktion (pleistozäner) Gletscher-Untergrund (Norddeutschlands) gemäß ei-

nes Geber-Gabe-Nehmer-Schemas, gemäß eines Kraftschemas oder gemäß eines Anpassungsschemas.

Auch bei weiteren Unterthemen im Rahmen dieser Studie konnten zentrale Lernschwierigkeiten durch eine wechselseitige Bearbeitung der fachlichen Klärung, der Rekonstruktion der Lernervorstellungen und der Analyse der Vorstellungsentwicklungen im Verlauf der Vermittlungsexperimente herauspräpariert werden (siehe FELZMANN 2013):

- Beim Unterthema Gletscherbewegung konnten drei zentrale und miteinander in Konkurrenz stehende Strukturierungen analysiert werden: Die Gletscherbewegung konnte in der Fachwissenschaft oder in den Vermittlungsexperimenten als Gleiten, als Fließen oder aber als Ausdehnen sprachlich gefasst werden. Zusätzlich konnte die Bewegung als einmalig oder als Fließgleichgewichtsbewegung strukturiert werden. Lernschwierigkeiten bestanden darin, im jeweiligen Kontext die angemessene Strukturierung zu verwenden.
- Beim Unterthema Gletscherentstehung waren die herauspräparierten zentralen Strukturierungen eine Entstehung durch Eisaufnahme und -verdichtung oder durch Schneeuwandlung oder durch Auftauen und Wiedergefrieren.
- Beim Unterthema Gesteintransport waren es Transport durch flüssiges Wasser, Transport durch Eis sowie geschoben werden, mitgenommen werden und Bewegung unabhängig vom Gletschereis.
- Beim Unterthema Gletscher als Systeme waren es Gletscher als einfache Container, in die hinein und aus denen heraus Masse fließt, Gletscher als zweifache Container, wobei Masse von dem einen Container (Akkumulationsgebiet) in den anderen Container (Ablationsgebiet) fließt.

Deutlich wird hieraus, dass erst die iterative Vorgehensweise bei der Didaktischen Rekonstruktion in Form eines wechselseitigen Bezugs zwischen fachlicher Klärung und Analyse der Lernerperspektiven eine Pointierung zu erwartender Lernschwierigkeiten zu einem Unterrichtsgegenstand ermöglicht. Eine alleinige Erhebung von Schülervorstellungen birgt die Gefahr, zu einem bloßen Sammeln von Kuriositäten zu werden, während eine alleinige fachliche Klärung im Stile einer Sachanalyse bei einer bloßen Wiedergabe der wissenschaftlichen Struktur eines Themas stehen zu bleiben droht. Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens ist hierbei eine Hilfe, weil sie zu einer sehr engen Analyse der sprachlichen Struktur in wissenschaftlichen Vorstellungen und Lernervorstellungen zwingt und bei der Entwicklung didaktischer Leitlinien die hohe Bedeutung eines reflektierten Sprachgebrauchs für die Aktivierung der zentralen Schemata und Bilder in den Schülerköpfen berücksichtigt.

Die oben dargestellten Befunde zu Schülervorstellungen über Glazialgeomorphologie und Eiszeit weisen darüber hinaus auf einige grundlegende Lernschwierigkeiten bei geowissenschaftlichen Themen hin. Die Diagnose von HIDALGO, SAN FERNANDO, OTERO (2004, S. 854), dass Lerner zur Konstruktion katastrophistischer Vorstellungen tendieren, konnte in dieser Studie bestätigt werden. Eine wesentliche Ursache hierfür dürfte in der Schwierigkeit liegen, angemessen mit den räumlichen und zeitlichen Dimensionen geologischer Ereignisse umgehen zu können. So werden zeitliche Dimensionen tendenziell unterschätzt (CHEEK 2010, S. 123), was dann etwa zu Vorstellungen von sehr schnellen und umfangreichen Temperaturabnahmen beim Einsetzen einer Eiszeit führen kann. Räumliche Dimensionen werden häufig unter- und überschätzt, was dann etwa zu Vorstellungen

vom Niederpressen von Gebirgen in den Dimensionen von Mittelgebirgen durch eiszeitliche Gletscher oder zu Vorstellungen einer globalen Vereisung im Pleistozän führen kann. Verständlicher werden solche Vorstellungskonstruktionen, wenn die hierbei relevanten Alltagserfahrungen und die mit diesen verbundenen Dimen-

sionen reflektiert werden: Sie liegen in einer Welt mittlerer Dimensionen, in denen etwa innerhalb von Stunden und Tagen ein Wintereinbruch erfolgen kann oder in denen ein Hügel im Sandkasten durch den eigenen Körper in einem einmaligen, kurz währenden Prozess niedergedrückt oder aufgeschoben werden kann.

Literatur

- AGASSIZ, L. (1837): Discours prononcé à l'ouverture des séances de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, a Neuchatel le 24 Juillet 1837. In: Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles 21, V-XXXII.
- AHNERT, F. (2009): Einführung in die Geomorphologie. Stuttgart.
- BOERSMA, K. T. (2012): Elaboration of the model of 'construction in interaction'. Utrecht. (unveröff.)
- BÖHMERSHEIM, A. B. E. VON (1901): Die Geschichte der Moränenkunde. Wien.
- BÖTTCHER-SPECKELS, K., MÜLLER, H., MÜLLER, S., SARTIONO, A., STARKE, R., WALDECK, W., Wehrs, K. (2009): Seydlitz Geographie 7/8, Gymnasium Niedersachsen. Braunschweig.
- BOLLES, E. B. (2003): Eiszeit. Wie ein Professor, ein Politiker und ein Dichter das ewige Eis entdeckten. Frankfurt am Main.
- CAROZZI, A. V. (1984): Glaciology and the Ice Age. In: Journal of Geoscience Education 32, Heft 3, S. 158-170.
- CHEEK, K. A. (2010): Commentary: A summary and analysis of twenty-seven years of geoscience conceptions research. In: Journal of Geoscience Education 58, Heft 3, S. 122-134.
- DODICK, J., ORION, N. (2003): Geology as an historical science: Its perception within science and the education system. In: Science & Education 12, S. 197-211.
- DÖPKE, G., ELLMANN, R., FREYTAG, M., HÄUSLER, M., KEHLER, U., KERKHOF, H., KOCH, R., MITTELSTÄDT, F.G., NIEDERNOSTHEIDE, R., RÖSSNER, T., SCHRÖDER-ERNST, G., STONJEK, D. (2009): Diercke Erdkunde für Niedersachsen, Gymnasium 7/8. Braunschweig.
- DUIT, R., ROTH, W.-M., KOMOREK, M., WILBERS, J. (1998): Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning science. In: International Journal of Science Education 20, Heft 9, S. 1059-1073.
- EICHER, H. (1982): Zur Flußnetzentwicklung im Klagenfurter Becken und in der Norischen Senke. In: Carinthia II 172/92, S. 153-172.
- FELZMANN, D. (2013): Didaktische Rekonstruktion des Themas „Gletscher und Eiszeiten“ für den Geographieunterricht. Oldenburg.
- FLATH, M., RUDYK, E. (Hrsg.) (2009): Unsere Erde. Gymnasium Niedersachsen 7/8. Berlin.
- FRANCEK, M. (2013): A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. In: International Journal of Science Education 35, Heft 1, S. 31-64.
- FRODEMAN, R. (1995): Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. In: Geological Society of America Bulletin 107, Heft 8, S. 960-968.

- GOULD, S. J. (1994): Zufall Mensch – Das Wunder des Lebens als Spiel der Natur. München.
- GROPENGIESSER, H. (2001): Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung. Oldenburg.
- GROPENGIESSER, H. (2007): Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: KRÜGER, D., VOGT, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Heidelberg, S. 105-116.
- GROPENGIESSER, H. (2010): Markt Biologie. Lehrerbuch. Biologie unterrichten. Stuttgart.
- GROTZINGER, J., JORDAN, T. H., PRESS, F., SIEVER, R. (2008): Press/Siever. Allgemeine Geologie. Berlin, Heidelberg.
- HABERLAG, B., HEID, C., HEIL, J., ROTERMANN, G., WAGENER, D. (2009): Terra Erdkunde 7/8. Gymnasium Niedersachsen. Stuttgart.
- HAPPS, J. C. (1982): Glaciers. University of Waikato. Working Paper No. 203. Science Education Research Unit. Hamilton (New Zealand).
- HIDALGO, A. J., SAN FERNANDO, I. E. S., OTERO, I. C. E. J. (2004): An analysis of the understanding of geological time by students at secondary and post-secondary level. In: International Journal of Science Education 26, Heft 7, S. 845-857.
- IMBRIE, J., PALMER IMBRIE, K. (1981): Die Eiszeiten. Naturgewalten verändern unsere Welt. München.
- JOHNSON, M. (1987): The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason. Chicago.
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H., KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3, Heft 3, S. 3-18.
- KLEBELSBERG, R. VON (1948): Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. Wien.
- KOMOREK, M., DUIT, R. (2004): The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. In: International Journal of Science Education 26, Heft 5, S. 619-633.
- KRÜGER, T. (2008): Die Entdeckung der Eiszeiten. Internationale Rezeption und Konsequenzen für das Verständnis der Klimageschichte. Basel.
- LAKOFF, G. (1987): Women, fire, and dangerous things: What categories reveal about the mind. Chicago.
- LAKOFF, G., JOHNSON, M. (1999): Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought. New York.
- MARCINEK, J. (1984): Gletscher der Erde. Leipzig.
- MAYRING, P. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel.
- NIEBERT, K. (2010): Den Klimawandel verstehen: Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. Oldenburg.
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (2008): Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Erdkunde. Hannover.
- NORRIS, S. P., GUILBERT, S. M., SMITH, M. L., HAKIMELAHI, S., PHILLIPS, L. M. (2005): A theoretical framework for narrative explanation in science. In: Science Education 89, S. 535-563.
- REINFRIED, S., SCHULER, S. (2009): Die Ludwigsburg-Luzerner Bibliographie zur Alltagsvorstellungsforschung in den Geowissenschaften – ein Projekt zur Erfassung der internationalen Forschungsliteratur. In: Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education 37, Heft 3, S. 120-135.
- SCHIMPER, K. F. (1837a): Auszug aus dem Briefe des Herrn Dr. Schimper Ueber

- die Eiszeit, an Pr. Agassiz, Praesident der Gesellschaft. In: *Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles* 21, S. 38-51.
- SCHIMPER, K. F. (1837b): Ode an die Eiszeit. Abgedruckt in: KRÜGER, T. (2008): *Die Entdeckung der Eiszeiten. Internationale Rezeption und Konsequenzen für das Verständnis der Klimageschichte*. Basel, S. 213-216.
- SCHMITT, R. (2010): Metaphernanalyse. In: MEY, G., MRUCK, K. (Hrsg.): *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden, S. 676-691.
- SCHULER, S. (2011): *Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels. Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive*. Bochum.
- SHERIN, B. L., KRAKOWSKI, M., LEE, V. R. (2012): Some assembly required: How scientific explanations are constructed during clinical interviews. In: *Journal of Research in Science Teaching* 49, Heft 2, S. 166-198.
- STEFFE, L. P., THOMPSON, P. W. (2000): Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In: KELLY, A. E., LESH, R. A. (Hrsg.): *Handbook of research design in mathematics and science education*. Mahwah (NJ), S. 267-306.
- STRAHLER, A. H., STRAHLER, A. N. (2009): *Physische Geographie*. Stuttgart.
- STRIKE, K. A., POSNER, G. J. (1992): A revisionist theory of conceptual change. In: DUSCHL, R. A., HAMILTON R. J. (Hrsg.): *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise*. New York, S. 147-176.
- TREND, R. (1998): An investigation into understanding of geological time among 10- and 11-year-old children. In: *International Journal of Science Education* 20, Heft 8, S. 973-988.
- TREND, R. (2000): Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. In: *International Journal of Science Education* 22, Heft 5, S. 539-555.
- TREND, R. (2001): Deep time framework: A preliminary study of U.K. primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of geoscience. In: *Journal of Research in Science Teaching* 38, Heft 2, S. 191-221.
- TURK, M. (2004): Überlegungen zum zeitlichen Ordnungs- und Einordnungsvermögen bezüglich historischer Sachverhalte aus kognitionspsychologischer Sicht. In: SCHREIBER, W. (Hrsg.): *Erste Begegnungen mit Geschichte*. Neuried, S. 291-312.
- WEITZEL, H. (2006): *Biologie verstehen: Vorstellungen zu Anpassung*. Oldenburg.
- WINKLER, S. (2009): *Gletscher und ihre Landschaften. Eine illustrierte Einführung*. Darmstadt.