



Schülervorstellungen zur Plattentektonik – Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie mit Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe

Dominik Conrad 

Zitieren dieses Artikels:

Conrad, D. (2015). Schülervorstellungen zur Plattentektonik – Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie mit Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe. *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 43(3), S. 175-204. doi 10.18452/23300

Quote this article:

Conrad, D. (2015). Schülervorstellungen zur Plattentektonik – Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie mit Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe. *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 43(3), pp. 175-204. doi 10.18452/23300

Schülervorstellungen zur Plattentektonik – Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie mit Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe

Dominik Conrad

Zusammenfassung:

Ziel der vorliegenden Studie war es, vorunterrichtliche Vorstellungen zu Strukturen und Prozessen der Plattentektonik zu erfassen. Diese wurden an vier bayerischen Gymnasien mittels teilstrukturierter Interviews bei 15 Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe erhoben. Den theoretischen Rahmen der Untersuchung bildete die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. Die Auswertung der Interviews erfolgte durch eine Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse, systematischer Metaphernanalyse sowie einer systematischen Analyse der Gestik. Auf diese Weise konnten nicht nur zentrale Vorstellungen der Jugendlichen identifiziert, sondern auch die von ihnen bei der Vorstellungskonstruktion genutzten Quellbereiche offengelegt werden. Die Studie ergab, dass Schülerinnen und Schüler tektonische Platten wesentlich stärker mit den Kontinenten als mit den Ozeanböden in Verbindung bringen. Elemente des lebensweltlichen Verständnisses des Wortes Platte finden sich kontextunabhängig in den Vorstellungen der Befragten zu Lithosphärenplatten wieder. Plattenbewegungen werden von den Probanden als reine Horizontalbewegungen von Körpern betrachtet, Zerstörung und Produktion von Lithosphäre nicht in Erwägung gezogen. Als Auslöser der Plattenbewegungen werden u.a. die Erdrotation, Magmaströme, die Erdanziehungskraft, der Erdkern oder kurzfristig auftretende Naturereignisse betrachtet. Bei der Konstruktion dieser Vorstellungen greifen Schülerinnen und Schüler auf lebensweltliche Erfahrungen mit Bewegungen zurück. So werden Probanden Plattenbewegungen als eine Bewegung dargestellt, die durch drückende oder ziehende Kräfte verursacht wird. Einige Jugendliche gehen davon aus, dass Platten transportiert werden oder betrachten die Plattenbewegung als ein Hinabrutschen der Platte auf einer geneigten Fläche.

Schlüsselwörter: Schülervorstellungen, Plattentektonik, Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, systematische Metaphernanalyse, Gestik

Summary:

Fifteen 9th grade students aged 14-15 of four different Bavarian grammar schools have been interviewed on the topic of plate tectonics using semi-structured interviews. The theoretical framework for this study is based on the theory of experientialism. Interviews have been analyzed by a combination of qualitative content analysis, systematic metaphor analysis and a systematic analysis of gesture. By this means I could identify students' central conceptions as well as the source domains used by students to construct these conceptions. Main results of the study show that students associate plates strongly with continents and far less with oceanic floor. Students use many elements from an everyday-life conception of a plate to understand tectonic plates. They are only aware of horizontal movements of plates, but they do not consider the possibility of destruction and production of lithosphere at the plates' borders. According to the students conceptions the rotation of the earth, earth's core, rivers of magma inside the earth, earth's gravitational force or natural phenomena like earthquakes cause plates' movements. For explaining causes of plates' movement students use everyday-life experiences with movements as source domains. Some students think plates' moving is caused by pushing or pulling forces, other students believe plates are transported or they slip down a slope.

Keywords: student conceptions, plate tectonics, theory of experientialism, systematic metaphor analysis, gestures

Autor: Dr. Dominik Conrad, Universität Bayreuth, dominik.conrad@uni-bayreuth.de

1 Einleitung

Gemäß den nationalen Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss (DGfG, 2014) sollen Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, „Mensch-Umwelt-Beziehungen in Räumen unterschiedlicher Art und Größe zu analysieren“ (DGfG, 2014, 15). Eine Voraussetzung hierfür bildet das Verständnis der naturgeographischen Teilsysteme. Grundlegende Kenntnisse des Systems Plattentektonik ermöglichen, über lange geologische Zeiträume ablaufende Prozesse wie die Gebirgsbildung oder die Kontinentaldrift ebenso zu erklären wie die kurzzeitig auftretenden Naturereignisse Erdbeben, Tsunamis oder Vulkanausbrüche. Damit bildet das Verständnis der Theorie der Plattentektonik auch die Basis, um die Gefährdung von Räumen hinsichtlich der genannten Naturereignisse beurteilen zu können. Somit kommt der Vermittlung der Theorie der Plattentektonik eine zentrale Rolle im Geographieunterricht zu.

Damit eine solche Vermittlung möglichst erfolgreiche Lernprozesse auslöst, müssen Schülervorstellungen im Unterricht ausreichend Berücksichtigung finden (vgl. REINFRIED, 2010). Bislang liegen allerdings noch wenige Erkenntnisse über Schülervorstellungen zur Plattentektonik vor (vgl. Kapitel 3). Um dazu beizutragen, diese Forschungslücke zu schließen, wurden innerhalb eines Promotionsprojektes zur didaktischen Rekonstruktion der Plattentektonik im Rahmen einer qualitativen Interviewstudie 15 Schülerinnen und Schüler der neunten Jahrgangsstufe zu ihren Vorstellungen zu Strukturen und Prozessen der Plattentektonik befragt. In dem vorliegenden Artikel werden zentrale Ergebnisse dieser Untersuchung vorgestellt.

2 Theoretischer Rahmen

Aufgrund der ungeheuren zeitlichen und

räumlichen Dimensionen können Schülerinnen und Schüler wenig direkte Erfahrungen mit den der Plattentektonik zugrunde liegenden Prozessen und Strukturen machen. Viele plattentektonische Prozesse spielen sich im Makrokosmos ab, unser Wahrnehmungsapparat aber ist auf den Mesokosmos ausgerichtet (vgl. VOLLMER, 1986; NIEBERT, GROPENGIESSER & RIEMEYER, 2013; CONRAD, BASTEN & FELZMANN, 2014). Nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (LAKOFF & JOHNSON, 1980; GROPENGIESSER, 2006; 2007; BASTEN, CONRAD & FELZMANN, 2013) ist das Erfassen eines unsichtbaren und nicht erfahrbaren Gegenstands nur imaginativ möglich. Wir nutzen direkt verständliche Bereiche als Quellbereiche und übertragen Basiskategorien und kinästhetische Schemata metaphorisch auf nicht direkt erfahrbare Zielbereiche. Unter Basiskategorien werden Begriffe wie Tisch oder Platte verstanden, die sich nach LAKOFF und JOHNSON (1999) aus unserer direkten sensomotorischen Erfahrung herausbilden. Es ist anzunehmen, dass die lebensweltlich gebildete Basiskategorie Platte als Quellbereich zum Verständnis des wissenschaftlichen Begriffes Platte genutzt wird. Als Basiskategorien werden auch Verben aufgefasst, die Aktionen beschreiben, beispielsweise Schwimmen oder Tauchen. Auch kinästhetische Schemata wie das Start-Weg-Ziel-Schema, das Teil-Ganzes-Schema oder unterschiedliche Kraftschemata sind direkt verständlich und bilden sich aufgrund basaler Erfahrungen unseres Körpers mit der physischen und sozialen Umwelt heraus (JOHNSON, 1987; LAKOFF, 1987; LAKOFF & JOHNSON, 1980). Dem Teil-Ganzes-Schema (LAKOFF, 1987, 273) beispielsweise liegen Erfahrungen mit dem eigenen Körper zugrunde, der aus verschiedenen Teilen (Arme, Füße, Hände, Hals...) besteht, die ein Ganzes bilden. Es enthält als Strukturelemente ein Ganzes, Teile sowie eine bestimmte Anordnung der

Teile. Das Teil-Ganzes-Schema ist wie alle anderen kinästhetischen Schemata kein sprachliches Gebilde, aber unsere Sprache ermöglicht es, einen Blick auf diese konzeptuellen, unser Denken strukturierenden Schemata zu werfen (vgl. GROPENGIESSER, 2007). Solch verkörperte Vorstellungen bilden die Grundlage unseres kognitiven Systems, mit deren Hilfe wir gemäß der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens nicht direkt verständliche Bereiche wie das System Plattentektonik imaginativ verstehen (vgl. GROPENGIESSER, 2007). Lernschwierigkeiten können aus einer aus fachlicher Sicht unangemessenen metaphorischen Übertragung resultieren (vgl. NIEBERT et al., 2013; CONRAD et al., 2014).

Nicht nur die Sprache, auch die Gestik (MCNEILL, 1992; CIENKI, 2008; LAKOFF, 2008) verschafft Einblicke in die verkörperten Kognitionen: „Gestures can depict in space elements from a source domain of a metaphor, something which is not possible for metaphoric expressions in spoken language“ (CIENKI, 2008, 16). Zudem wird bisweilen in der Gestik eine Metaphorik ersichtlich, die sprachlich überhaupt nicht zum Ausdruck kommt (LAKOFF, 2008). Gerade wenn es um Sachverhalte geht, die eine räumliche Dimension beinhalten, wird das Sprechen häufig von Gesten begleitet (vgl. KASTENS, AGRAWAL & LIBBEN, 2008), sodass in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand neben einer Untersuchung der Sprache eine Analyse der Gestik wichtige Hinweise über die Quellbereiche der Vorstellungskonstruktionen der Probanden geben kann (vgl. HERRERA & RIGGS, 2013). Zudem können auch Schülerzeichnungen in die Analyse der metaphorischen Strukturierung der Vorstellungen miteinbezogen werden (vgl. MARSCH, ELSTER & KRÜGER, 2007; MARSCH, 2012).

Viele Prozesse und Strukturen der Plattentektonik sind zwar nicht direkt erfahrbar, das Verständnis der Jugendlichen kann

aber auch von medial vermittelten Erfahrungen geprägt sein, die Ausgangspunkte für Vorstellungskonstruktionen bilden (GROPENGIESSER, 2005; 2006; REINFRIED, 2006). Dass dies insbesondere für den Gegenstand dieser Untersuchung von Bedeutung sein könnte, zeigen die Ergebnisse der Schülerinteressenforschung (HEMMER, RAHNER & SCHULER, 2011). In einigen Lehrplänen, z.B. dem Lehrplan des bayerischen Gymnasiums, ist zudem die Behandlung von Vulkanismus, Erdbeben und Gebirgsbildung vor der eigentlichen Thematisierung des Systems Plattentektonik vorgesehen (vgl. BSTMUK ISB, 2004), sodass man davon ausgehen kann, dass Jugendliche, auch wenn sie keine direkten Erfahrungen mit vielen Aspekten des Untersuchungsgegenstands machen können, zu einigen Teilbereichen bereits Vorstellungen im Vorfeld der unterrichtlichen Behandlung der Plattentektonik konstruiert haben.

3 Forschungsstand und Forschungsfragen

Während eine Vielzahl von Studien zu Schülervorstellungen zu Erdbeben (10 Studien) bzw. Vulkanismus (10) sowie einige zur Gebirgsbildung (4) und dem Aufbau des Erdinneren (4) vorliegen, ist das Wissen über Schülervorstellungen zur Plattentektonik noch als gering einzustufen (Zahlengaben auf Basis der LLBG [REINFRIED & SCHULER, 2011] sowie weiterer Recherche des Autors; vgl. CONRAD, 2014.). Zwar gibt es elf Forschungsarbeiten über Alltagsvorstellungen zu dieser Thematik, hiervon aber beschäftigen sich fünf Studien mit den Vorstellungen Studierender (BARROW & HASKIN, 1993; DELAUGHTER, STEIN, STEIN & BAIN, 1998; LIBARKIN, ANDERSON, DAHL, BEILFUSS & BOONE, 2005; SIBLEY, 2005; CLARK, LIBARKIN, KORTZ & JORDAN, 2011) und zwei Studien mit den Vorstel-

lungen von Lehrerinnen und Lehrern (KING, 2000; DAHL, ANDERSON & LIBARKIN, 2005). Von den vier Untersuchungen, die Schülervorstellungen zur Plattentektonik thematisieren, fokussieren drei die Effektivität unterschiedlicher methodischer Zugänge der Wissensvermittlung (GOBERT & CLEMENT, 1999; GOBERT, 2000; 2005) und geben wenig Auskunft über konkrete Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler. Zudem weisen die den Probanden bereitgestellten Lernmaterialien selbst Fehlvorstellungen auf und könnten so die Quelle möglicher Schwierigkeiten darstellen. Nur bei MARQUES & THOMPSON (1997) galt bislang ein primäres Erkenntnisinteresse dem Erfassen von Schülervorstellungen zum Bereich Plattentektonik. Sie untersuchten die Vorstellungen von 16-17 Jahre alten portugiesischen Schülerinnen und Schülern zur Plattentektonik, der Kontinentaldrift sowie dem Erdmagnetfeld. In einer Pilotstudie wurden zehn Jugendliche befragt, die das Thema Plattentektonik noch nicht in der Schule durchgenommen haben. Auf Basis der Interviewergebnisse wurde ein Fragebogen entworfen, der 270 Probanden vorgelegt wurde, bei denen das Thema bereits im Unterricht behandelt wurde. Ziel war es, herauszufinden, welche Präkonzepte den Unterricht überdauert haben und zudem Aussagen über deren quantitative Verteilung zu treffen. 64 Prozent der Befragten gehen nach dem Unterricht davon aus, dass die Platten aufeinander geschichtet liegen, 21 Prozent glauben, dass die Plattengrenzen an der Erdoberfläche erkennbar sind. Hierunter fällt die Vorstellung, dass die Küstenlinie der Plattengrenze entspricht. 35 Prozent der Probanden meinen, dass die Platten sich um ihr Zentrum oder um eine Achse herum bewegen, die an einem Punkt ihrer Oberfläche ansetzt. 34 Prozent der Jugendlichen sind der Auffassung, dass die Wanderung der magnetischen Pole die Platten-

bewegungen verursacht. Zudem haben 34 Prozent der Befragten die Vorstellung, dass die Erdrotation die Kontinentaldrift auslöst. Einige Schülerinnen und Schüler sind der Meinung, dass die Meeresströmungen die Kontinentaldrift bewirken (keine Prozentangabe).

In den Studien zu Schülervorstellungen zu Erdbeben, Gebirgsbildung sowie Vulkanismus finden sich zudem einige wenige Vorstellungen zu Vorgängen an Plattengrenzen. Die Vorstellung, dass Platten miteinander kollidieren, wird von vielen Schülerinnen und Schülern bei Erklärungen zur Entstehung von Erdbeben (z.B. ROSS & SHUELL, 1993) sowie einigen Schülerinnen und Schülern bei Erklärungen zur Entstehung von Vulkanen (HAPPS, 1982; DAL, 2006) oder zur Gebirgsbildung (HAPPS, 1982) geäußert. Einige Schülerinnen und Schüler im Alter von 15 und 16 Jahren erklären die Gebirgsbildung zudem damit, dass sich eine Platte unter die andere schiebt (HAPPS, 1982) oder dass sich Platten im Falle eines Zusammenstoßes zu Gebirgen auftürmen (HAPPS, 1982).

Sowohl Studierenden (LIBARKIN et al., 2005) als auch Lehrerinnen und Lehrern (DAHL et al., 2005) fällt es schwer zu erklären, was eine tektonische Platte ist und Lithosphärenplatten in den Aufbau der Erde einzuordnen. Die meisten Studierenden gehen davon aus, dass die Platten sich unterhalb der Erdoberfläche befinden. Einige Studierende platzieren in Zeichnungen die tektonischen Platten in der Nähe des Erdkerns, in einigen Zeichnungen schweben die Platten über der Erde in der Atmosphäre. All diesen Vorstellungen ist eines gemein: Durch ihre Lage wird die Bewegung der Erdplatten von der Bewegung der Erdoberfläche entkoppelt (vgl. LIBARKIN et al., 2005). Keine der Untersuchungen mit Lehrerinnen und Lehrern oder Studierenden thematisiert Vorstellungen zu Antriebsmechanismen der Lithosphärenplatten. Zu In-

teraktionen an Plattengrenzen lassen sich folgende Vorstellungen bei Studierenden finden:

- Schieben sich zwei Platten übereinander, so bildet sich durch die Reibung Magma, die über Vulkane an die Erdoberfläche tritt (HEMMERICH & WILEY, 2002).
- Platten kollidieren miteinander und es bilden sich Vulkane (BARROW & HASKINS, 1993; HEMMERICH & WILEY, 2002).
- Bei Kollision kontinentaler Lithosphäre schieben sich Platten dreiecksförmig nach oben (SIBLEY, 2005).
- Bei Kollision kontinentaler Lithosphäre steigt Magma an Plattengrenzen auf (SIBLEY, 2005).

Der Überblick über den bisherigen Forschungsstand zeigt, dass trotz einer Vielzahl von Untersuchungen bislang wenig über Alltagsvorstellungen zur Gestalt (Umriss, Form, Mächtigkeit) der Lithosphärenplatten sowie den Antriebsmechanismen der Plattenbewegung bekannt ist. Vereinzelt werden in den Untersuchungen zu Schülervorstellungen über Erdbeben, Gebirgsbildung und Vulkanismus Vorstellungen über Vorgänge Plattengrenzen beschrieben, allerdings beschränken sich die Vorstellungen auf konvergente Plattengrenzen und es wird keine Verbindung mit weiteren Komponenten des Systems Plattentektonik erfasst. Zudem sind die durchgeführten Studien in der Regel quantitativ angelegt, so dass die Ergebnisse wenig Einblicke in die für den Unterricht relevanten individuellen Denkstrukturen geben (vgl. GROPENGIESSER, 2001).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein tieferes Verständnis der Schülervorstellungen zum System Plattentektonik zu erlangen. Die theoretischen Überlegungen zu den Besonderheiten des Gegenstandes Plattentektonik lassen erkennen, dass ne-

ben der Untersuchung der Vorstellungen auf einer unterrichtsrelevanten Ebene auch eine Betrachtung der von den Jugendlichen genutzten Quellbereiche sich für das Verständnis der Schülervorstellungen und möglicher Lernschwierigkeiten als hilfreich erweisen kann (vgl. BASTEN, 2013; FELZMANN, 2013; CONRAD et al., 2014). Hieraus ergeben sich für die vorliegende Studie zwei Forschungsfragen:

1. Welche Vorstellungen konstruieren Schülerinnen und Schüler vor der unterrichtlichen Behandlung zu Strukturen und Prozessen des Systems Plattentektonik?
2. Auf welche Quellbereiche greifen Schülerinnen und Schüler bei ihren Vorstellungskonstruktionen zu Strukturen und Prozessen des Systems Plattentektonik zurück?

4 Methodisches Vorgehen

Erhebungsmethode

Zur Erfassung individueller Denkstrukturen erscheinen qualitative Verfahren besser geeignet als quantitative Verfahren. Als Erhebungsinstrument wurde mit problemzentrierten Einzelinterviews (WITZEL, 2000) ein teilstandardisiertes Verfahren gewählt. Dadurch sollte ein gewisses Maß an Offenheit geschaffen werden, das den Probanden ermöglicht, ihre eigenen Ideen zu entwickeln und den Verlauf des Gespräches gemäß ihren eigenen Verknüpfungen (mit-) zu steuern. Zum Zwecke der Qualitätssicherung wurden bei der Erstellung des Leitfadens beratend Experten aus der Geographiedidaktik und ein Experte aus der Geologie hinzugezogen. Der Leitfaden wurde in einer mehrstufigen Pilotphase (MAYRING, 2002; FRIEBERTSHÄUSER & LANGER, 2010) getestet und weiterentwickelt. Er setzt sich aus 13 Themenbereichen zu-

sammen: 1. Erdbeben; 2. Tektonische Platten; 3. Aufbau der Erde; 4. Gebirge; 5. Tsunamis; 6. Vulkanismus; 7. Plattengrenzen; 8. Kontinente und Ozeane; 9. Erkenntniswege; der Geowissenschaften; 10. Verortung geowissenschaftlicher Phänomene; 11. Magmatische Gesteine; 12. Schwimmen und Sinken; 13. Konvektion. Diese Themenbereiche wurden auf Basis einer ersten Sichtung der in der fachlichen Klärung genutzten Lehrwerke (GROTZINGER, JORDAN, PRESS & SIEVER, 2008; TARBUCK & LUTGENS, 2009; FRISCH & MESCHÉDE, 2011) gewählt. Die Interviews wurden mit dem Jugendlichen aus den Medien vertrauten Bereich Erdbeben eröffnet. Durch diesen Einstieg lenkten alle in der Pilotphase befragten Jugendlichen das Gespräch auf das Thema Lithosphärenplatten. Die weitere Reihenfolge der Themenbereiche war mit Ausnahme der Themenbereiche 12 und 13, deren Behandlung als Abschluss erfolgte, nicht festgelegt. Da Vorstellungen nicht nur symbolisch abstrakt, sondern auch analog in Form mentaler Modelle codiert sind (vgl. SCHNOTZ, 2006), bestanden die Interventionen häufig auch in der Aufforderung zur Erstellung von Zeichnungen. Die in diesem Artikel dargestellten Schülervorstellungen entstammen nicht nur den Antworten auf Fragen zum Themenbereich 2 (tektonische Platten). Es wurden auch bei anderen Themenbereichen konstruierte Vorstellungen zur Auswertung herangezogen. Tabelle 1 (siehe Anhang) bietet eine Übersicht über die in diesem Artikel berücksichtigten Fragestellungen dieser Themenbereiche.

Stichprobe und Durchführung

Im bayerischen Gymnasium werden in Klasse 7 Erdbeben und Vulkanismus thematisiert, eine ausführliche und explizite Behandlung des Systems Plattentektonik erfolgt allerdings erst in der zehnten Jahrgangsstufe. Daher wurden 15 Schülerinnen

und Schüler für das Interview ausgewählt, die sich im zweiten Halbjahr der neunten Jahrgangsstufe befanden. Zur Erfassung einer möglichst großen Bandbreite an Schülervorstellungen wurde bei der Auswahl der Probanden die Strategie der Maximierung von Unterschieden (LAMNEK, 2010) eingesetzt. So wurde darauf geachtet, dass eine ähnlich große Anzahl weiblicher (8) und männlicher (7) Jugendlicher befragt wird. Die Interviews wurden zudem an vier bayerischen Gymnasien mit divergierenden Ausbildungsrichtungen (naturwissenschaftlich, sprachlich) geführt, die sich in unterschiedlichen Regionen Bayerns befinden (Alpennähe, unmittelbare Nachbarschaft zum Egergraben, Bayreuth) und in denen jeweils andere in Bayern zugelassene Schulbücher zum Einsatz kamen. Auf diese Weise sollten möglichst unterschiedliche Erfahrungen bezüglich plattentektonischer Erscheinungen sowie eine ungleiche naturwissenschaftliche Vorbildung der Jugendlichen berücksichtigt werden. Es wurde darauf geachtet, dass maximal zwei Probanden aus der gleichen Klasse interviewt werden und dass die Schülerinnen und Schüler der gleichen Schule, wenn sie aus verschiedenen Klassen stammten, zuletzt auch von unterschiedlichen Lehrkräften im Fach Geographie unterrichtet wurden. Die Probanden selbst wurden von den Lehrerinnen und Lehrern über das Merkmal mittleres Leistungsniveau (Geographienote [Klasse 8] zwischen 2 und 4) und gute kommunikative Fähigkeiten ausgewählt. Um eine Analyse der Gestik zu ermöglichen, wurden alle Interviews videografiert. Eine explizite Aufforderung, das Gesagte mit Gestik zu begleiten, erfolgte nicht. Die Interviews dauerten zwischen 57 und 128 Minuten und fanden am Nachmittag statt, damit kein Unterricht ausfallen musste. Die Probanden erhielten eine angemessene Aufwandsentschädigung. Innerhalb von sieben Tagen nach

dem Interview wurde eine kommunikative Validierung (Dauer ca. 90 Minuten) mittels einer dem Niveau der Altersgruppe angepassten Form der Struktur-Lege-Technik (SCHEELE, GROEBEN & CHRISTMAN, 1992) durchgeführt. Dieses Verfahren erschien zu diesem Zweck besonders geeignet, da es als Dialog-Konsens Methode zur Erfassung subjektiver Theorien entwickelt wurde. Aus Zeitgründen konnten mit den Themen Erdbeben, Vulkanismus und Gebirgsbildung nur Teilbereiche des Interviews in die Validierung einbezogen werden. Die Auswahl dieser Bereiche erfolgte, da davon ausgegangen wurde, dass Jugendliche zu diesen Themen sogenannte stärker verankerte Vorstellungen besitzen, von denen man allgemein annimmt, dass sie besonders schwer zu verändern sind (vgl. HÄUSSLER, BÜNDER, DUIT, GRÄBER & MAYER, 1998). Zumeist beinhalteten die validierten Äußerungen in der Pilotstudie auch Schülerkonzepte zu Plattenbewegungen sowie zu Interaktionen an Plattengrenzen.

Auswertungsmethodik

Nach der Transkription der Interviews erfolgte deren Auswertung durch eine Kombination der von GROPENGIESSER (2005) für die fachdidaktische Forschung adaptierten Form der qualitativen Inhaltsanalyse, der von NIEBERT (2010) für Zwecke der Vorstellungsforschung abgewandelten Form der systematischen Metaphernanalyse (SCHMITT, 2003) und einer systematischen Analyse der Gestik (MÜLLER, 1998; HERRERA & RIGGS, 2013).

Die Explikation der Schülervorstellungen im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse erfolgte auf der Ebene der verallgemeinerten Vorstellungen (vgl. BASTEN, 2013; FELZMANN, 2013). Bei der Explikation wurden neben den verbalen Äußerungen der Probanden auch die Zeichnungen als Informationsquelle genutzt (vgl. MARSCH

et al., 2007; SCHUBERT, 2012; BASTEN, 2013; DRIELING, 2015). Eine eigenständige Auswertung der Zeichnungen erschien nicht zweckmäßig, da die verbalen und zeichnerischen Äußerungen der Befragten sich in den Interviewsituationen ergänzten und somit die gemeinsame Auswertung weniger Anfälligkeit hinsichtlich einer möglichen Über- oder Unterinterpretation versprach (vgl. GROSS, 2007, 49). Die systematische Metaphernanalyse sowie die Analyse der Gestik erfolgten ebenfalls im Rahmen der Explikation auf der Ebene der verallgemeinerten Vorstellungen. Hierbei wurden die Schülerzeichnungen auch in die Analyse möglicher Quellbereiche einbezogen (vgl. MARSCH et al., 2007; MARSCH, 2012). Die Kombination der verwendeten Analyseverfahren erschien geeignet, um gemäß der Forschungsfrage sowohl die Vorstellungen auf einer unterrichtsrelevanten Ebene zu rekonstruieren als auch die hinter den Vorstellungen liegenden Quellbereiche aufzudecken.

Das Vorgehen bei der systematischen Metaphernanalyse umfasste folgende Schritte:

1. Festlegung des Zielbereichs, der untersucht werden soll;
2. Herausarbeitung aller Metaphern, die zum Verständnis des Zielbereichs von dem/der jeweiligen Befragten genutzt wurden;
3. Ordnen der Metaphern nach Quellbereichen; Metaphern mit gemeinsamen Quell- und Zielbereich bilden ein metaphorisches Konzept.

Die Analyse der Gestik erfolgte in Anlehnung an die Vorgehensweisen bei MÜLLER (1998) sowie HERRERA und RIGGS (2013), allerdings wurden die Daten gemäß dem Forschungsinteresse ausschließlich qualitativ ausgewertet. In einem ersten Schritt wurden Gesten, die Äußerungen der Pro-

banden zu einer bestimmten Vorstellung begleiteten, gesichtet, ihr zeitliches Auftreten notiert und zentrale Elemente der Geste mittels Screenshot festgehalten. Zusätzlich wurden die zu der Gestik getätigten Äußerungen der Befragten notiert und eine erste Beschreibung des Verlaufs der Geste angefertigt. Erste Arbeitshypothesen zur Bedeutung der Gestik wurden festgehalten. In einem zweiten Schritt wurden dann typische Gesten der Probanden zu einer Vorstellung ausgewählt und in der Gestik erkennbare kinästhetische Schemata identifiziert. Die ausgewählten Gesten wurden dann einem zweiten Codierer vorgelegt, welchem die Interpretationen des Erstcodierers unbekannt waren. Bei abweichender Codierung erfolgten eine Diskussion der Interpretationen und gegebenenfalls eine Neucodierung.

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Als Maßnahme zur Qualitätssicherung wurden wesentliche Gütekriterien qualitativer Forschung (MAYRING, 2002) beachtet. Verfahrensdokumentation (MAYRING, 2002) wurde durch die Dokumentation des Forschungsprozesses hergestellt, argumentative Interpretationsabsicherung (MAYRING, 2002) durch eine theoriegeleitete Explikation der Schüleraussagen. Die Datenanalyse erfolgte regelgeleitet (MAYRING, 2002) durch den Einsatz vereinheitlichter Analyseinstrumente (qualitative Inhaltsanalyse, systematische Metaphernanalyse, Analyse der Gestik). Die Nähe zum Gegenstand (MAYRING, 2002) wurde hergestellt, indem eine angstfreie Atmosphäre geschaffen und die Probanden darüber informiert wurden, dass die Ergebnisse der Untersuchung der Verbesserung des Geographieunterrichts dienen und sie mit dazu beitragen können, dass Jugendliche Themen besser verstehen können. Eine kommunikative Validierung (MAYRING, 2002) wurde mittels Struktur-lege-Technik

(SCHEELE et al., 1992) durchgeführt. Eine Triangulation (MAYRING, 2002) erfolgte durch Interpretation der Daten in Gruppen (Arbeitskreis Schülervorstellungsforschung im HGD Nachwuchs; vgl. STEINKE, 2008) sowie den Einsatz unterschiedlicher Analysemethoden.

5 Zentrale Ergebnisse der Interviewstudie

Bei der Darstellung der Ergebnisse werden zunächst die Vorstellungen der Jugendlichen zu Lithosphärenplatten beschrieben, so dass ersichtlich wird, was die Probanden meinen, wenn sie von Platten sprechen. Aus Platzgründen wird auf eine Explikation der Vorstellungen zu Umrissen der Lithosphärenplatten (5.1) verzichtet. Bei den Vorstellungen zur Einordnung der Lithosphärenplatten in den Aufbau der Erde (5.2) erfolgen Kurzexplikationen. Hierbei werden gemäß der zweiten Forschungsfrage auch die genutzten kinästhetischen Schemata beschrieben. Es folgt eine Beschreibung der Schülervorstellungen zu Plattenbewegungen (5.3). Da aus fachwissenschaftlicher Sicht Vorgänge an Plattengrenzen für das Verständnis des Plattenantriebs entscheidend sind, werden daraufhin die Vorstellungen der Jugendlichen zu Interaktionen der Platten an Plattengrenzen dargestellt. Die Explikation der Vorstellungen fokussiert auf die aus der Analyse der verbalen und nonverbalen Schüleräußerungen rekonstruierten Quellbereiche der Vorstellungskonstruktionen (5.4). Analog erfolgt die Explikation der Vorstellungen zu Antriebsmechanismen der Lithosphärenplatten (5.5).

Im Zentrum des Interesses der Explikationen steht ein tieferes Verständnis der Schülervorstellungen und weniger ein Vergleich mit den fachwissenschaftlichen Vorstellungen. Dieser erfolgt erst im Rahmen

der didaktischen Strukturierung (CONRAD, 2014). Bei den beispielhaften Lerner aussagen handelt es sich um die auf Basis der qualitativen Inhaltsanalyse gewonnenen geordneten Lerner aussagen. Die Namen der Probanden wurden aus Gründen der Wahrung der Anonymität geändert.

5.1 Vorstellungen zu Umrissen (UP) tektonischer Platten

Auf Basis von Schü leraussagen und -zeichnungen konnten die folgenden vier Vorstellungen zu den Umrissen der Lithosphärenplatten identifiziert werden.

Vorstellung_{up1}:

Kontinente (und Inseln) bilden die Platten.

Vorstellung_{up2}:

Die Platten sitzen unter den Kontinenten und tragen diese.

Vorstellung_{up3}:

Die Platten umrahmen die Kontinente und befinden sich somit auch unter den Ozeanen.

Vorstellung_{up4}:

Es gibt Platten, die sich nur unterhalb der Ozeane befinden.

Bei allen vier Vorstellungen wird eine starke gedankliche Verbindung zwischen den Kontinenten und den tektonischen Platten deutlich. So werden bei Vorstellung_{up1} die Kontinente (und Inseln) mit den Platten gleichgesetzt. Es existieren zwei Varianten. Bei Variante 1 werden Kontinente als in den Ozeanen schwimmende Objekte, bei Variante 2 hingegen als festsitzende Objekte klassifiziert.

Auch Vorstellung_{up2} lässt eine enge Verbindung der Platten mit den Kontinenten erkennen, allerdings sitzen gemäß dieser Vorstellung die Kontinente unter den Plat-

ten und tragen diese.

Vorstellung_{up3} bezieht im Gegensatz zu den beiden vorherigen auch die Ozeanböden in die Überlegungen zu den Umrissen der Lithosphärenplatten mit ein. Jugendliche mit dieser Vorstellung zeichneten die Platten in die Satellitenbilder, indem sie sich an den Kontinenten orientierten. Die Platten überlappen diese aber und nehmen einen Teil des Ozeanbodens ein (Abb. 1). Die meisten Jugendlichen mit Vorstellung_{up3} gehen davon aus, dass die Platten unterhalb der Kontinente sitzen.

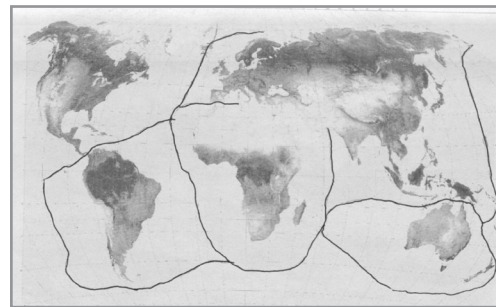


Abb. 1: Platten umranden die Kontinente (Vorstellung_{up3}; Zeichnung Bernd)

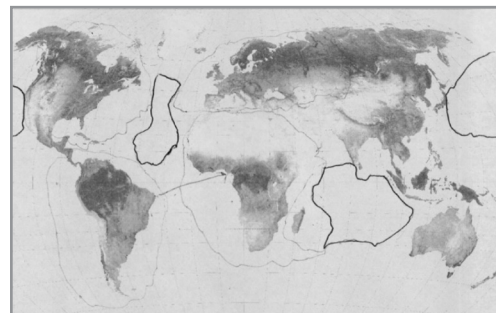


Abb. 2: Platten ohne Anteil an den Kontinenten (Vorstellung_{up4}; Zeichnung Bernd)

Jugendliche mit der Vorstellung_{up4} sind der Auffassung, dass es Platten gibt, die sich ausschließlich unterhalb der Ozeane befinden (Abb. 2). Diesen Platten kommt häufig allerdings nur die Funktion eines Lückenfüllers zwischen den die Kontinen-

te umrahmenden Platten zu. So äußert beispielsweise Bernd: „Auf jeden Fall muss dann da noch eine kleine Platte sein, die nur im Meer liegt. Es kann keinen Abstand zwischen den Platten geben, sonst würde das Wasser in den Erdmantel fließen.“ (Bernd, 88-97) Nur bei einer Schülerin erhalten diese Platten mit dem Terminus „Wasserplatten“ eine gesonderte Bezeichnung. Ansonsten sprechen die Probanden allgemein von Platten oder Erdplatten.

5.2 Vorstellungen zur Einordnung der Platten in den Aufbau der Erde (AE)

Vorstellung _{AE1}:

Platten sind die Kontinente und schwimmen in den Ozeanen.

Vorstellung _{AE2}:

Die Platten bilden die in Stücke geteilte äußerste Schicht der Erde.

Vorstellung _{AE3}:

Die Platten bilden eine in Stücke geteilte Schicht, aber nicht die äußerste.

Die Probanden hatten die Aufgabe, die Lithosphärenplatten in eine zuvor eigens angefertigte Zeichnung zum Aufbau des Erdinneren einzutragen. Jugendliche mit Vorstellung _{AE1} zeichneten die Platten als im Ozean schwimmende Kontinente. Daneben zeigten sich zwei weitere Vorstellungen zur Lage der Platten in Bezug auf das Erdinnere.

Bei Vorstellung _{AE2} bilden die Platten die äußerste Schicht der Erde. Mit Schichten werden die Schalen der Erde bezeichnet. Einige Probanden benennen die äußerste „Schicht“ mit dem Terminus Erdkruste. Vorstellung _{AE2} ist im Gegensatz zu den Vorstellungen _{AE1} und _{AE3} stark kontextabhängig. Mit einer Ausnahme konstruieren die Jugendlichen diese Vorstellung nur bei den abstrakten Aufgaben des Einzeichnens

der Platten in den Aufbau der Erde und der Definition einer Lithosphärenplatte. Bei Aufgabenstellungen mit einem stärkeren Bezug zur Lebenswelt verorten sie Platten aber unterhalb der Erdoberfläche. Eine Schwierigkeit besteht wohl darin, eine Verbindung zwischen dem in einem wissenschaftlichen Kontext stehenden Konzept Platte und ihren lebensweltlichen Erfahrungen zu ziehen.

Der Zielbereich Lithosphärenplatten wird über ein Teil-Ganzes-Schema (LAKOFF, 1987) verstanden, erkennbar an Schüleräußerungen wie: „Die Erdkruste ist in Teile unterteilt“; „Die Erde ist kein Ganzes, sondern Stücke bilden im Prinzip die Oberfläche“. Während Fachwissenschaftler Platten als einen aus zwei unterschiedlichen Körpern zusammengesetzten Körper strukturieren – der obere Körper wird von der Kruste, der darunterliegende Körper von dem lithosphärischen Mantel gebildet (vgl. FRISCH & MESCHÉDE, 2011) – begreifen Schüler und Schülerinnen Platten als Einfachkörper (Abb. 3).

Die Vorstellung _{AE3} unterscheidet sich lediglich hinsichtlich der Lage der „Schicht“, die von den Platten gebildet wird, von Vorstellung _{AE2} (Abb. 4). Mit Schichten werden neben Schalen der Erde auch geologische Schichten bezeichnet. Häufig bereitet es den Jugendlichen Schwierigkeiten, diese voneinander zu unterscheiden. Ein ähnliches Problem ergibt sich auch bei der Trennung geologischer Schichten von als „Erdschicht“ bezeichneten Bodenhorizonten (vgl. auch DRIELING, 2015). Bei einem Schüler ist Vorstellung _{AE3} Bestandteil eines fixistischen Weltbilds: „Die Schicht über den Platten bewegt sich nicht mit“ (Daniel, 192-203).

Bei Vorstellung _{AE3} verstehen die Probanden den Zielbereich Lithosphärenplatte ebenfalls als Einfachkörper, der im Verbund mit anderen Platten Teile eines Ganzen bildet.

Vorstellung AE2:

Die Platten bilden die in Stücke geteilte äußerste Schicht der Erde.

Beispielhafte Lernaussage:

„Unter einer Erdplatte stelle ich mir die äußerste Schicht der Erde vor. Die befinden sich am Rand ganz außen. Die gibt es überall, aber nicht als Ganzes. Die Erde ist kein Ganzes, sondern Stücke bilden im Prinzip die Oberfläche“. (Olaf, 19-26,79-92)

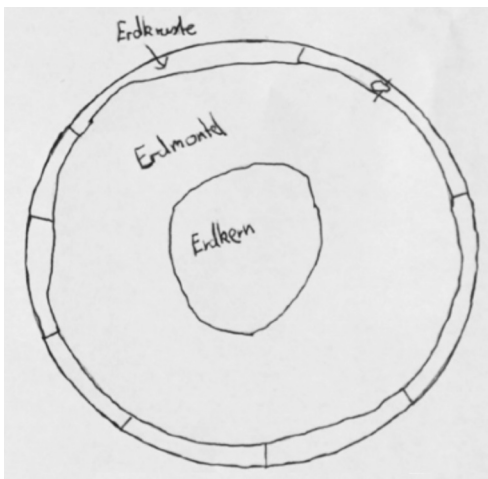


Abb. 3: Die Platten bilden die äußerste in Stücke geteilte "Schicht" der Erde (Vorstellung AE2; Zeichnung Bernd)

Vorstellung AE3:

Die Platten bilden eine in Stücke geteilte Schicht, aber nicht die äußerste.

Beispielhafte Lernaussage:

„Die Platten sind nur eine Schicht von vielen. Ich glaube, ziemlich weit oben, aber nicht ganz oben. Ich glaube, dass es keine geschlossene Schicht ist, sondern dass es mehrere solcher Platten sind“.

(Daniel, 64-67,90-119,124-131)

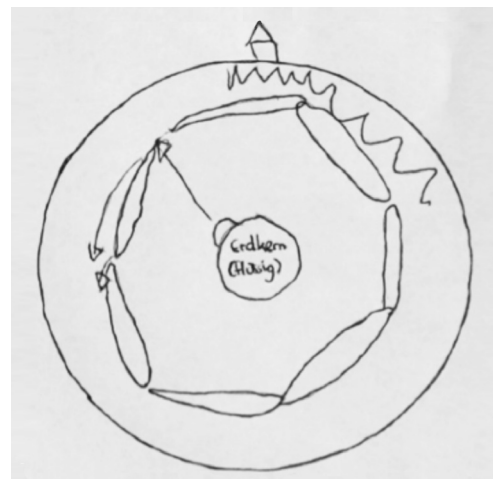


Abb. 4: Platten bilden eine in Stücke geteilte „Schicht“, aber nicht die äußerste (Vorstellung AE3; Zeichnung Mirja)

5.3 Beschreibung der Plattenbewegung

Plattenbewegungen werden zu großen Teilen mit „sich bewegen“, aber auch mit „sich verschieben“ beschrieben. „Sich verschieben“ beinhaltet eine Bewegung von einem Standort zu einem anderen auf einer Oberfläche, „sich bewegen“ liefert wenig Einblicke in die Art der Bewegung. Die Probanden sprechen zudem, wenn auch weit weniger häufig, von „rutschenden“, „schwimmenden“, „treibenden“, „driftenden“, „sich hin und her bewegend“, „gleitenden“ oder

auch „verrutschenden“ Platten.

Sieht man von der Bezeichnung als „Rutschen“ ab, beschreiben die Jugendlichen Plattenbewegungen in der Regel als eine Bewegung, die nur eine horizontale Komponente aufweist. Ein Einbezug in einen Materialkreislauf mit dem Mantel erfolgt nicht. Dies äußert sich auch in den von den Probanden herangezogenen Vergleichen, z.B. einem Vergleich mit einem Schiebepuzzle, dem Transport von Granitblöcken auf Baumstämmen beim Pyramidenbau der Ägypter oder den Pflastersteinen eines Weges, die man verschieben kann. Bei-

spielhafte Lerneraussage: „Wenn man einen Weg mit Platten macht, dann hat man auch unten so eine Steinschicht. Darauf kann man die Platten verschieben“ (Daniel, 266-276).

5.4 Vorstellungen zu Interaktionen der Platten an Plattengrenzen

Schülerinnen und Schüler charakterisieren Plattengrenzen in der Regel nicht durch eine bestimmte Bewegungsrichtung der Platten, vielmehr sind zwischen verschiedenen tektonischen Platten an der gleichen Stelle unterschiedliche Interaktionen je nach auftretender Plattenbewegung möglich. Die vielen Probanden präsentesten Interaktionen von Lithosphärenplatten resultieren aus dem Aufeinanderzubewegen selbiger. Im Folgenden werden die Vorstellungen zu konvergierenden (5.4.1) und divergierenden (5.4.2) Platten näher erläutert.

5.4.1 Vorstellungen zu konvergierenden Platten (konv)

Vorstellung konv1:

Dicht beieinander liegende, sich bewegende Platten stoßen zusammen.

Vorstellung konv2:

Platten driften aufeinander zu und stoßen zusammen.

Vorstellung konv3:

Platten schieben sich dreiecksförmig nach oben.

Vorstellung konv4:

Eine Platte schiebt sich über die andere.

Kontext der Vorstellungen konv1 und konv2 ist zumeist die Erklärung der Entstehung von Erdbeben, die Vorstellung konv3 tritt bei Erklärungen zur Gebirgsbildung und zur Vulkanentstehung auf, Vorstellung konv4 bei

Erklärungen zur Gebirgsbildung und zur Erdbebenentstehung.

Bei Vorstellung konv1 resultiert ein Zusammenstoßen von Platten daraus, dass Platten sehr dicht aneinander liegen und in Bewegung sind (Abbildungen 5). Hierbei können sie aneinanderstoßen.

Der Zielbereich konvergierende Platten wird durch Rückgriff auf die Vorstellung zweier Körper verstanden, die eng beieinander liegen. In Bewegung kann es dazu kommen, dass einer der Körper gegen den anderen stößt. Die Interaktion der Platten wird über ein Gegenkraft-Schema (JOHNSON, 1987, 46) verstanden. Es ist die Rede von Platten, die „aneinandergehen“, davon, dass Platten „arbeiten“ (hier im Sinne von sich gegenseitig bearbeiten, aneinander arbeiten) oder an andere „dranstoßen“ und daher anfangen zu „wackeln“. Auch in der Gestik wird das Gegenkraft-Schema

Vorstellung konv1:

Dicht beieinander liegende, sich bewegende Platten stoßen zusammen.

Beispielhafte Lerneraussage:

„Ich glaube, die Platten bewegen sich immer so ein bisschen, aber nicht so, dass man es merkt. Nur so ganz leicht. Oder dass sie nicht an die anderen dranstoßen. Wenn sich die Platten auseinanderbewegen, dann stoßen die auch irgendwie wieder an eine andere Platte dran“ (Mirja, 103-106, 378-391,392-407).



Abb. 5: Platten „gehen aneinander“ (Vorstellung konv1; Zeichnung Mirja)

deutlich (Abb. 6). „Arbeitende“ Platten werden als zwei aneinanderdrückende Körper dargestellt.

Vorstellung_{konv2} meint einen gewaltvollen Zusammenstoß zwischen zwei zuvor auseinanderliegenden Platten, die mit großer Kraft gegeneinanderprallen (Abb. 7).



Abb. 6: „Es muss ja was arbeiten“ (Daniel, V1, 27:07)

Vorstellung_{konv2}:

Platten driften aufeinander zu und stoßen aneinander.

Beispielhafte Lerneraussage:

„Ein Erdbeben ist vielleicht, dass die Erdplatten aneinanderkrachen und dann erschüttert davon so die Erde [zeichnet]“ (Maria, 6-9,10-17, 188-189,200-205).



Abb. 7: Platten „prallen aneinander“ (Vorstellung_{konv2}; Zeichnung Mirja)

Diese Vorstellung wird von allen Jugendlichen geäußert, die die Platten für die Kontinente halten (Vorstellung_{up1}). Allerdings äußern sie auch viele Probanden, die von einer lückenlos mit Platten bedeckten Oberfläche ausgehen.

Der Zielbereich konvergierende Platten wird über den Rückgriff auf die Vorstellung zweier Körper verstanden, die sich aufeinander zu bewegen (Start-Weg-Ziel-Schema; LAKOFF, 1987, 275) und gegeneinanderprallen (Gegenkraft-Schema). Dies kommt sowohl in der Sprache („krachen aneinander“; „krachen zusammen“; „rum-peln aneinander“) als auch durch Vergleiche von Plattenkollisionen mit Autounfällen seitens einiger Befragter zum Ausdruck. Das wahrscheinlich unbewusste Inkaufnehmen einer Lücke zwischen den Platten hat seine Ursache vermutlich darin, dass die Jugendlichen bei ihren Vorstellungskonstruktionen von Alltagserfahrungen mit schweren Erschütterungen geleitet werden.

In der Gestik zeigt sich auch bei dieser Vorstellung ein Gegenkraft-Schema. Sie unterscheidet sich in der Regel dahingehend von der Gestik bei Vorstellung_{konv1}, dass Platten zunächst als zwei auseinanderliegende Körper gezeigt werden, die sich dann aufeinander zu bewegen (Start-Weg-Ziel-Schema; Abb. 8).

Vorstellung_{konv3} ist dadurch gekennzeichnet, dass zwei Platten sich zunächst gegeneinander und dann dreiecksförmig



Abb. 8: „Wenn man beobachtet, dass da ein Erdbeben ist, müssen da halt Platten zusammenstoßen“ (Bernd, V3, 16:55)

Vorstellung_{konv3}:

Platten schieben sich dreiecksförmig nach oben.

Beispielhafte Lerneraussage:

„Wenn zwei Platten mit ziemlich derselben Kraft aneinanderdrücken, können die sich auftürmen und Faltengebirge formen (Bernd, 4-9,80-83,244-245).

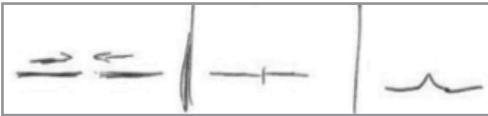


Abb. 9: Platten schieben sich dreiecksförmig nach oben (Vorstellung_{konv3}; Zeichnung Olaf)

nach oben bewegen (Abb. 9).

Konvergierende Platten werden als zwei Körper verstanden, die sich aufeinander zu bewegen (Start-Weg-Ziel-Schema) und dann gegeneinander drücken und in ihrer Bewegung abgelenkt werden (Ablenkungs-Schema; JOHNSON 1987, 46). Dies zeigt sich darin, dass Jugendliche zum Beispiel davon sprechen, dass Platten mit „ziemlich derselben Kraft aneinanderdrücken (gegeneinanderdrücken)“ und im weiteren Verlauf zu einer Richtungsänderung gezwungen werden: „Durch die weitere Druckzufuhr muss das irgendwo hin“; „Dann gehen sie so langsam nach oben, weil jedes weiter möchte.“ Diese Ablenkung wird auch als Biegen verstanden: „Wenn die aufeinandertreffen, die Erdplatten, dass die sich

dann hochbiegen.“ Auch in der diese Vorstellung begleitenden Gestik wird in der Regel deutlich, dass zwei Körper gegeneinanderdrücken und in der Folge in ihrer Bewegung nach oben hin abgelenkt werden (Ablenkungs-Schema, vgl. Abb. 10).

Bei Vorstellung_{konv4} schiebt sich eine Platte über die andere.

Die Platten werden dabei metaphorisch als Körper strukturiert, die sich aufeinander schieben und dann übereinanderliegen. Häufig wird davon ausgegangen, dass zwei Körper zunächst gegeneinander prallen („gegeneinanderschieben“, „stoßen die erstmal aneinander“, „Kollision“) und es erst in der Folge dazu kommt, dass sich ein Körper über den anderen schiebt („Dann müssen sie sich ja irgendwohin bewegen. Also bewegt sich die eine über die andere“, „dann schiebt sich die eine drunter oder die andere schiebt sich drüber“). Die Vorstellung ist wie Vorstellung_{konv3} über ein Ablenkungs-Schema strukturiert mit dem Unterschied, dass entweder nur eine Platte abgelenkt wird bzw. die Ablenkungsrichtung der Platten entgegengesetzt ist. Die Jugendlichen verstehen die resultierende Bewegung der Platten über den Quellbereich `Übereinanderschieben`. Ein Übereinanderschieben der Platten bedeutet nicht, dass die untere Platte absinkt und in den Erdmantel aufgenommen wird.

Vorstellung_{konv4} wird zumeist begleitet von einer Geste, bei der eine Hand über die andere geschoben wird. Auch diese metaphorische Geste lässt den Quellbereich



Abb. 10: „Wenn die aufeinandertreffen, die Erdplatten, dass die sich dann hochbiegen, die Platten“ (Tina, V2, 28:15)

Vorstellung konv4:
Eine Platte schiebt sich über die andere.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Wenn zwei Platten aneinandergo-
hen [schiebt Hände übereinander] und sich
die eine dann leicht über der anderen
befindet, dann schiebt sich die eine auf
die andere drauf“ (Christoph, 471-488).

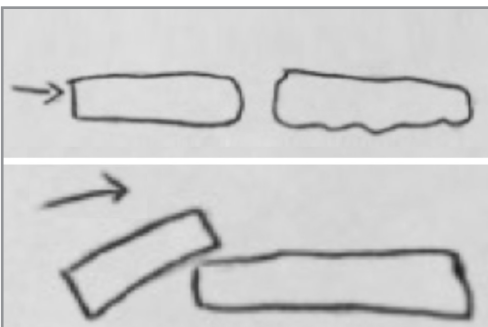


Abb. 11: Eine Platte schiebt sich auf die andere (Vorstellung konv4; Zeichnung Bernd)

zweier sich übereinanderschiebender Körper sichtbar werden (vgl. Abb. 12). Bei einigen Probanden wird zudem in der Gestik auch das Ablenkungs-Schema ersichtlich.



Abb. 12: „Dann schiebt sich die andere [...] auf die andere drauf“ (Christoph, V2, 6:13).

Von Interesse erscheint auch die Fragestellung, unter welchen Bedingungen sich aus Schülersicht eine Platte unter die andere bewegt (Vorstellung BKonv4). Hier lassen sich drei unterschiedliche Vorstellungen beobachten.

Vorstellung BKonv41:

Die leichtere Platte bewegt sich über die schwerere.

Vorstellung BKonv42:

Die höher gelegene Platte schiebt sich auf die tiefer gelegene.

Vorstellung BKonv43:

Die Platte mit mehr Kraft schiebt sich unter die andere Platte.

Die Jugendlichen scheinen bei ihren Begründungen auf Erfahrungen mit gegen-einanderstoßenden Objekten zurückzugreifen. Derartige Interaktionen im Alltag geschehen häufig auf festem Untergrund. Die Probanden betrachten Platten in diesem Kontext nicht als schwimmende Objekte. Auch daher spielt die Dichte in ihren Überlegungen keine Rolle.

5.4.2 Vorstellungen zu divergierenden Platten (div)

Vorstellung div1:

Zwei Platten entfernen sich voneinander und es entsteht ein Spalt.

Vorstellung div2:

Es entsteht eine neue Platte zwischen zwei divergierenden Platten.

Vorstellung div3:

Platten, die aufeinanderlagen, bewegen sich voneinander weg.

Vorstellung div4:

Platten, die sich gegenseitig nach oben gedrückt haben, gehen wieder auseinander.

Vorstellung div 1:

Zwei Platten entfernen sich voneinander.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Die Platten haben sich vorherhin bisschen auseinanderbewegt. Ich denke, da entsteht dann so ein Spalt“ (Maria, 278-289, 678-685).

Vorstellung_{div} 1 ist die unter den Probanden am stärksten vertretene Vorstellung. Sie besagt, dass zwei Platten, die vorher dicht beieinander waren, sich voneinander entfernen, und wird häufig zur Erklärung der Entstehung von Tiefseegräben herangezogen. Jugendliche mit der Vorstellung_{up} 1 (Kontinente [und Inseln] bilden die Platten) sind der Auffassung, dass sich beim Auseinanderbewegen der Kontinente ein Meer zwischen den Kontinenten bildet.

Der Zielbereich „divergierende Platten“ wird über zwei zunächst beieinander liegende Körper verstanden, die sich auseinanderbewegen. Häufig sprechen Probanden davon, dass hierbei ein „Spalt“ zwischen den Platten entsteht. Auch diese Vorstellung wird oft von einer Geste (Abb. 13) begleitet. Die Probanden legen zunächst ihre Hände aneinander. Dies kann als metaphorische Geste für dicht beieinander liegende Lithosphärenplatten gedeutet werden. Darauf erfolgt ein Auseinanderbewegen der Hände (Start-Weg-Ziel-Schema). Einige Probanden zeigen den entstehenden Spalt mit einer ikonischen Geste an.

Jugendliche mit Vorstellung_{div} 1 vertreten die Auffassung, dass der „Spalt“ zwischen den Platten nicht unendlich groß werden kann. Die Begründungen erfolgen häufig im Zusammenhang mit ihren Vorstellungen zu Platten als dicht beieinander liegenden Körpern. So würden Platten wieder an ihrem anderen Rand auf andere Platten stoßen und dadurch an einem weiteren Auseinandergehen gehindert werden.

Beispielhafte Lerner aussage: „Ich glau-



Abb. 13: „Wenn da jetzt eine Plattengrenze ist und die halt anfängt, auseinanderzugehen“ (Bernd, V2, 15:30)

be, wenn die Platten immer weiter auseinandergehen und die Platten sich konstant bewegen, wird der Graben immer größer. Aber die Platte, die bewegt sich nicht nur von der einen weg, sondern geht dann auf eine andere wieder drauf. Dadurch wird sie wieder abgebremst. So eine Art Billard“ (Christoph, 459-469).

Vorstellung div2:

Es entsteht eine neue Platte zwischen zwei divergierenden Platten.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Es kann keinen Abstand zwischen den Platten geben, sonst würde das Wasser in den Erdmantel fließen, dann würde sich wieder eine neue Platte durch das Erkalten der Gesteine bilden. Aber da unten ist flüssiges, heißes Gestein. Entweder wird das Gestein abgekühlt und dadurch bildet sich eine neue tiefere Platte oder das Wasser, das reinfließt, verdampft restlos durch die Hitze vom Erdmantel. Ich denke, dass sie [die Platte im Atlantik] sich nicht so durch die Wassereinströmung gebildet hat, sondern wie die anderen Erdplatten auch entstanden ist“ (Bernd, 88-93,94-99).

Ein Schüler (Bernd) entwickelt die Idee, dass sich bei der Divergenz von Platten eine neue Platte durch die Abkühlung von Magma bilden könnte, verwirft diese aber im Verlaufe des Gespräches wieder. Die Vor-

stellung findet hier dennoch Erwähnung, da sie Einblicke in mögliche Schwierigkeiten beim Verständnis der fachwissenschaftlichen Sichtweise aufzeigt. Die Bildung einer neuen Platte wurde nicht über eine redebegleitende Geste dargestellt.

Vorstellung div3:

Platten, die aufeinanderlagen, bewegen sich voneinander weg.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Wenn sie aufeinanderlagen und dann wieder auseinandergehen, entsteht da irgendwie ein Erdbeben“ (Viola, 684-689).

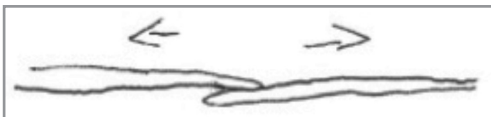


Abb. 14: Aufeinander liegende Platten bewegen sich auseinander (Vorstellung div3; Zeichnung Marcel)

Diese Vorstellung kann, muss aber keine Umkehrbewegung der Platten beinhalten. Eine Schülerin äußert sie zur Erklärung des Kleinerwerdens von Gebirgen, ein anderer Schüler (Marcel; Abb. 14) bei der Erklärung der Entstehung von Erdbeben und Viola (obiges Zitat) auf die Fragestellung, ob Platten sich auch wieder auseinanderbewegen können. Zwei Varianten treten auf: Zwei Platten, die aufeinanderliegen, bewegen sich voneinander oder eine Platte bewegt sich von einer anderen herunter.

Der Zielbereich divergierende Platten wird über zwei aufeinander liegende Körper verstanden, die sich wieder voneinander bewegen. Das Aufeinanderliegen zweier Körper und das Herunterbewegen eines Körpers, das über ein Start-Weg-Ziel-Schema strukturiert wird, ist auch in der Gestik ersichtlich (vgl. Abb. 15).

Vorstellung div 4 wird auf die Frage geäußert, ob Gebirge wieder kleiner werden können. Sie beinhaltet eine Umkehrbewe-

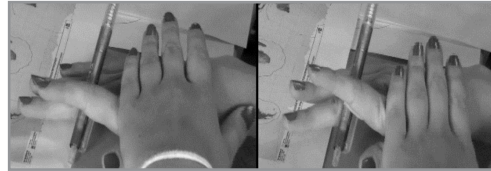


Abb. 15: „Wenn die jetzt aufeinanderlagen und dann auseinandergehen“ (Viola, V2, 26:26)

Vorstellung div4:

Platten, die sich gegenseitig nach oben gedrückt haben, gehen wieder auseinander.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Ich glaube, dass ein Gebirge auch wieder kleiner werden kann. Es könnten sich irgendwie diese Spannungen lösen und dass es dann anstatt so [deutet auf linke Zeichnung in Abb. 162 nur noch [zeichnet rechtes Bild in Abb. 16] so ist“ (Hanna, 488-491).

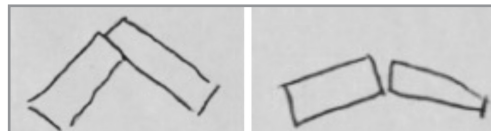


Abb. 16: Gegeneinander geschobene Platten schieben sich auseinander (Vorstellung div4; Zeichnung Hanna)

gung von Platten, die sich zuvor dreiecksförmig nach oben gebogen haben (Vorstellung konv 3). Nur zwei Probanden äußern diese Vorstellung.

Bei Hanna (beispielhafte Lerner aussage) ist sie dadurch gekennzeichnet, dass der Druck auf die Platten nachlässt und diese dadurch wieder auseinandergehen. Guido strukturiert die Vorstellung über ein Ziehen-Schema. Er versteht die Gebirgsbildung über eine Art „Gelenk“ zwischen zwei Platten (Abb. 17, links). Wenn die Platten auseinandergehen, „ziehen“ sie an dem Gelenk und es wird gestreckt. Dieses Ziehen wird auch in der Gestik deutlich (Abb. 17, rechts).



Abb. 17: links: Variante mit "Gelenk" zwischen den Platten (Vorstellung div1; Zeichnung Guido); rechts: Ziehen-Schema: "Wenn jetzt die Platten dran ziehen" (Guido, V2, 30:48)

5.5 Vorstellungen zu Antriebsmechanismen der Platten (AP)

Vorstellung AP1:

Erdrotation verursacht Plattenbewegung.

Vorstellung AP2:

Magmaströme verursachen Plattenbewegung.

Vorstellung AP3:

Erdanziehungskraft verursacht Plattenbewegung.

Vorstellung AP4:

Erdkern verursacht Plattenbewegung.

Vorstellung AP5:

Wasserdruck verursacht Plattenbewegung.

Vorstellung AP6:

Erdbeben verursachen Plattenbewegung.

Vorstellung AP7:

Urknall hat Plattenbewegung ausgelöst.

Einige Jugendliche haben die Vorstellung, dass die Erdrotation die Plattenbewegung verursacht. Bei der ersten Variante gehen die Probanden davon aus, dass durch die Erdrotation Kräfte auf die Platten einwirken und die Platten in Bewegung versetzen.

Die Vorstellung ist durch ein Drücken-Schema strukturiert. Dieses zeigt sich sowohl in der Sprache („eine hohe Kraft drückt“, „drückt nach außen“) als auch bei

einigen Probanden in der Gestik (Abb.18). Es handelt sich um kontinuierlich drückende Kräfte, die von den Schülerinnen und Schülern manchmal als „Fliehkraft“ oder

Vorstellung AP1:

Erdrotation verursacht Plattenbewegung.

Variante 1: Erdrotation erzeugt Druck auf die Platten.

Beispielhafte Lernaussage:

„Es bewegt die Platten einfach durch die Rotation der Erde aufgrund der Fliehkraft. Dadurch drückt es die Platten nach außen und es verschiebt die Platten. Ich würde die Bewegung der Erdplatten mit einem Karussell vergleichen, wo es einen mit der Fliehkraft so nach außen drückt“ (Olaf, 131-140, 145-148, 217-220).

Variante 2: Erdrotation verursacht Magmaströme.

Beispielhafte Lernaussage:

„Weil flüssiges Zeug bewegt sich ja irgendwie immer mit jeder Bewegung, und wenn die Erde sich dreht, bewegt sich das flüssige Zeug auch. Und dann wäre es ja ständig in irgendeiner Bewegung. Wenn das halt so ein ganz zähflüssiges flüssig ist, kann sein, dass die Platten da draufliegen, dass sie sich deswegen so ein bisschen bewegen“ (Elisabeth, 235-245).



Abb. 18: Drücken-Schema: „Alleine die Kraft“ (Elisabeth, V1, 17:21)

„Zentrifugalkräfte“ bezeichnet werden. Zwei Probanden greifen bei der Erklärung explizit auf Erfahrungen beim Karussellfahren zurück.

Bei der zweiten Variante gehen die Probanden davon aus, dass die Erdrotation Magmaströme im Erdinneren auslöse und diese die Plattenbewegung verursachen. Die Erde wird als mit Magma gefüllter Behälter gedacht. Bewegt sich der Behälter, so bewegt sich die flüssige Substanz, die sich im Behälter befindet (vgl. beispielhafte Lerneraussage oben). Weitere Erläuterungen finden sich unter den Erklärungen zu Vorstellung_{AP2}.

Vorstellung AP2:

Magmaströme verursachen Plattenbewegung.

Beispielhafte Lerneraussage:

„Die Platten werden von der Lava bewegt. Die Lava strömt“ (Viola, 706-718).

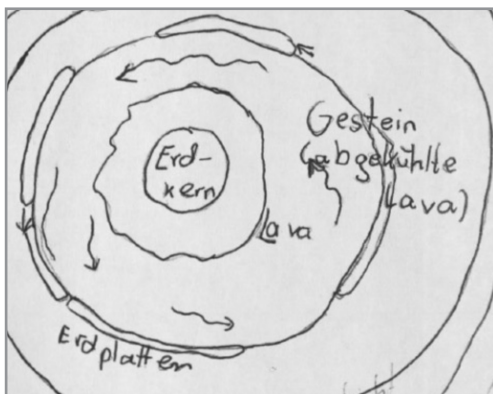


Abb. 19: Magmaströme verursachen Plattenbewegungen (Vorstellung_{AP2}; Zeichnung Viola)

Vorstellung_{AP2} besagt, dass Magmaströme im Erdinneren die Bewegungen der Platten verursachen. Die Jugendlichen gehen in der Regel davon aus, dass das Magma in einer Schicht unterhalb der Platten rotiert. Die geschwängelten Pfeile in Abbildung 23 deuten die Bewegung der Lava an, der gera-

de Pfeil auf der linken Seite der Zeichnung stellt die resultierende Bewegung der Platten dar. Als Ursache der Magmazirkulation werden ein Magma durch die Erde pumpe-der Erdkern, Energie im Erdkern und die Erdrotation genannt.

Die Bewegung der Lava wird über ein Kreislauf-Schema verstanden, das bei einer Schülerin nur in der Gestik in Form einer kreisenden Bewegung der rechten Hand beim Sprechen über Magmaströme erkennbar wird. Bei anderen Probanden zeigt es sich zudem in sprachlichen Ausdrücken wie „Magma zirkuliert“ oder „Magma rotiert“. Der Antrieb der Platten wird in der Regel über ein Transport-Schema (FELZMANN, 2013, 29) verstanden. Ein Schüler strukturiert die Ursache der Bewegung darüber hinaus auch über ein Ziehen-Schema. So spricht er davon, dass die Zirkulation „die Platten auseinanderreißen kann“.

Das Transport-Schema findet sich teilweise auch in der Gestik der Probanden wieder, bei Guido sind sowohl Transport-Schema (Abb. 20, links) als auch Ziehen-Schema (Abb. 20, rechts) in Bezug auf Vorstellung_{AP2} erkennbar.

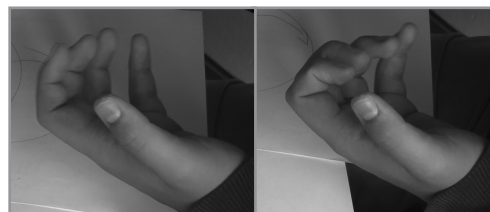


Abb. 20: links: Transport-Schema: „Sie [die Zirkulation] kann die Platte wieder [...] zusammenführen“ (Guido, V2, 3:33); rechts: Ziehen-Schema: „Sie [die Zirkulation] kann natürlich wieder die Platten auseinanderreißen“ (Guido, V2, 3:36)

Drei Jugendliche versuchen die Plattenbewegung durch die Erdanziehungskraft zu erklären. Variante 1 beinhaltet ein Ziehen der Platte in Richtung Erdkern, Variante 2 eine rutschende Bewegung der Platte an

Vorstellung AP3:
 Erdanziehungskraft verursacht Plattenbewegung.

Variante 1: Erdanziehungskraft zieht Platte Richtung Erdkern.
 Beispielhafte Lerneraussage:
 „Ich kann es mir doch nicht so mit der Anziehungskraft vorstellen. Weil die Anziehungskraft normalerweise nur Richtung Erdkern zieht und nicht in verschiedene Richtungen. Also dürfte das eigentlich nicht so richtig sein“ (Daniel, 174-181).

Variante 2: Platten rutschen nach unten.
 Beispielhafte Lerneraussage:
 „An der Erdanziehungskraft kann es ja nicht liegen. Oder doch? Also wenn jetzt ein Tisch schief ist, rutscht das Glas ja auch runter. Und wenn das die Erde ist [zeichnet] und die ist da ein bisschen schief, dann rutscht die Platte ja auch so ein bisschen nach da runter“ (Elisabeth, 142-153).

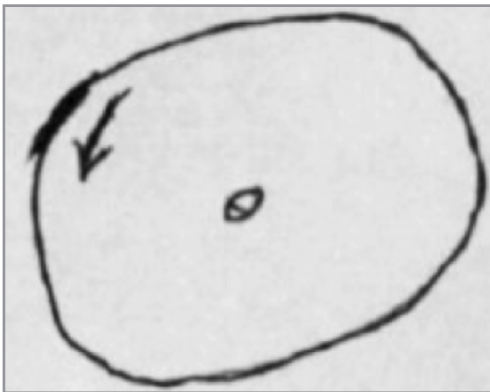


Abb. 21: Platten „rutschen nach unten“ (Vorstellung AP3, Variante 2; Zeichnung Elisabeth)

vom Schüler angenommenen Schrägen der Erdkugel (Abb. 21).

Bei Variante 1 greifen die Probanden bei ihrer Erklärung auf ein Ziehen-Schema zu-



Abb. 22: Ziehen-Schema: „und nicht in verschiedene Richtungen“ (Daniel, V1, 12:30)
 rückt. Allerdings erscheint die Vorstellung ihnen selbst problematisch, da die Erdanziehungskraft eine horizontale Plattenbewegung nicht erklären kann, und wird von den Probanden wieder verworfen. Das Ziehen-Schema wird auch in der Gestik ersichtlich (Abb. 22).

Bei Variante zwei wird die Plattenbewegung nicht über ein Ziehen-Schema, sondern über die Basiskategorie Rutschen als Abwärtsbewegung auf einer geneigten Fläche verstanden. Die Schülerin erklärt sich die Bewegung der Erdplatten durch einen Vergleich mit der Bewegung von Objekten auf einem Tisch, der auf einer Seite angehoben wird. Bei diesem Vergleich wird Rutschen als schräge Abwärtsbewegung auch in der Gestik der Schülerin ersichtlich.

Vorstellung AP4:
 Erdkern verursacht Plattenbewegung

Variante: Brodelnde Stellen des Erdkerns verursachen Plattenbewegung.

Beispielhafte Lerneraussage:
 „Ich glaube, dass das flüssige Gestein im Erdkern brodelt und kocht, weil das ganz heiß ist. Und dann brodelt der irgendwo mal ein bisschen mehr und dann drückt das Brodeln die Erde hoch und dann rutscht die eine Platte darüber“ (Mirja, 5-62, 71-102).

Der Erdkern tritt in den Vorstellungen der Jugendlichen auf unterschiedliche Art und

Weise in Erscheinung. Er wird für Magmaströme im Erdinneren, die Erdrotation und auch die Erdanziehungskraft verantwortlich gemacht. Dabei bleibt die genaue Rolle des Erdkerns meist etwas nebulös: „Vielleicht ist da drinnen Energie, die wir noch nicht kennen können“ (Viola, 325-332). Daniel spricht von „Kräfte(n), die aus dem Kern kommen“, die er allerdings nicht näher bestimmen kann und die er allgemein „Bewegungskräfte“ nennt. Hierbei scheint die Hitze im Erdkern bei manchen Jugendlichen eine wichtige Rolle zu spielen. So bringt Daniel Eruptionen im Erdkern ins Spiel, durch die eine Kraft an die Platten abgegeben werde, ohne dies allerdings näher zu erläutern zu können. Mirja, die von brodelnden Stellen im Erdkern ausgeht (beispielhafte Lerner aussage), kann ihre Vorstellung hingegen genau erklären. Die brodelnden Stellen des Erdkerns sorgen dafür, dass die „Schichten“ über dem Erdkern samt der Lithosphärenplatte nach oben gehoben werden. In der Folge rutscht die Platte nach unten.

Bei der Variante `Brodelnde Stellen des Erdkerns verursachen Plattenbewegung' steht weniger eine lebensweltlich spürbare Kraft, die auf ein Objekt einwirkt, wie beispielsweise Ziehen oder Drücken, im Zentrum des metaphorischen Verstehens, sondern vielmehr die Erfahrung, dass Dinge, die nach oben gehoben werden, sich wieder abwärtsbewegen. Mirja überträgt diese Erfahrung auf Plattenbewegungen. Der Erdkern wird als Kochtopf mit einer heißen Flüssigkeit aufgefasst. Bei einem Topf mit kochendem Wasser kann es passieren, dass der Deckel sich hochhebt und dann seitlich herunterrutscht. Diese Erfahrung wird genutzt, um die Hebung der Erdoberfläche und in der Folge die Bewegung der Platte, die von der Schülerin als „Rutschen“ bezeichnet wird, zu erklären.

Die Vorstellungen_{AP} 5-7 werden hier zusammenfassend dargestellt, da der Antrieb

Vorstellung AP5:

Wasserdruck verursacht Plattenbewegung.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Ich glaube, dass vielleicht das Wasser die Kontinente antreibt. Es ist eher unwahrscheinlich, dass es die Wellen oder so machen, weil das viel zu schwach ist. Aber das Wasser verdrängt die Kontinente und dann werden sie geschoben. Also driften sie dann“ (Silke, 197-202; Silke geht davon aus, dass die Kontinente und Inseln die Platten bilden [= Vorstellung_{UP}1]).

Vorstellung AP6:

Erdbeben verursachen Plattenbewegung.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Die Inseln [Hawaii] sind mal wieder durch Druck, durch ein Erdbeben oder so etwas von Nordamerika abgespalten und durch den Druck dann ein Stück weit getrieben“ (Janine, 265-286; Janine geht davon aus, dass die Kontinente und Inseln die Platten bilden [= Vorstellung_{UP}1]).

Vorstellung AP7:

Urknall hat Plattenbewegung ausgelöst.

Beispielhafte Lerner aussage:

„Ich kann mir vorstellen, dass die Platten mit dem Urknall in Bewegung gesetzt wurden. Da war diese große Explosion und durch die Druckwelle, also die Explosionsenergie, die Kraft, die in einer Explosion steckt, die bewegt durch die Druckwelle alles Mögliche. Mit ihrer Kraft wurden diese Platten vielleicht angeschubst, dass die sich so ganz langsam auf diesem flüssigen Kern bewegen“ (Christoph, 373-394,469-470).

der Plattenbewegungen jeweils über den Quellbereich 'Bewegung durch Druck' verstanden wird. Mit Ausnahme einer Schülerin gehen alle Probanden von einem einmaligen Druck aus. Dieser wird in den Vorstellungen der Jugendlichen oft durch Naturereignisse ausgelöst, bei denen ungeheure Kräfte wirken, wie bspw. Erdbeben, Vulkanausbrüche unter Wasser oder der Urknall. Das Drücken-Schema findet sich zumeist auch in der Gestik der Probanden wieder (Abb. 23: Der Schüler führt die zur Faust geballte rechte Hand nach vorne).

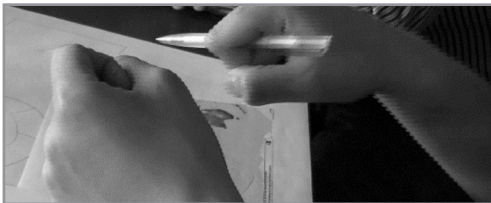


Abb. 23: „Dadurch werden die angeschubst“ (Christoph, V1, 35:53).

6 Fazit

Der mit der Theorie des erfahrungsbaasierten Verstehens gewählte theoretische Rahmen erwies sich bei der Analyse der Schüleraussagen als äußerst fruchtbar und ließ die Bedeutung von Vorstellungskonstruktionen deutlich hervortreten. Es konnte beispielsweise gezeigt werden, dass aus diesem Blickwinkel heraus betrachtet die Vorstellungen zu den Antriebsmechanismen der Platten allesamt auf basalen körperlichen Erfahrungen mit Bewegungen gründen.

Die zur Offenlegung der Quellbereiche verwendeten Analyseinstrumente (systematische Metaphernanalyse, Analyse der Gestik) stützten sich zumeist gegenseitig. In seltenen Fällen wurden in der Gestik aber auch Schemata ersichtlich, die in der Sprache nicht zum Ausdruck kamen. Ins-

besondere die Erklärungen der Probanden zu Vorgängen an den Plattengrenzen wurden fast ausnahmslos durch metaphorische Gesten begleitet, teilweise derart, dass sie mit ihren Händen zunächst eine Situation ausprobierten, bevor sie diese in sprachliche Ausdrücke kleideten. ROTH (2007) zeigt auf, dass Lernende häufig Gesten als Denkhilfen nutzen, wenn sie mit neuartigen Phänomenen konfrontiert werden. Es erscheint somit nutzbringend, in zukünftigen Forschungsarbeiten zu Schülervorstellungen, gerade bei abstrakten räumlichen Sachverhalten, verstärkt auch die Gestik der Probanden in die Analyse der Vorstellungen einzubeziehen, zumal dieser im Verständnis- aber auch im Vermittlungsprozess eine wichtige, bislang wenig beachtete Rolle innewohnt (vgl. ROTH, 2001).

Neben dem Einbezug der Gestik erwies sich die Analyse der Schülerzeichnungen als Verständnis fördernd, da unter zusätzlicher Berücksichtigung dieser beiden Ausdrucksformen ein wesentlich exakteres Bild der Schülervorstellungen rekonstruiert werden konnte. So erschloss sich aufgrund ihrer räumlichen Struktur beispielsweise Vorstellung_{konv}3 (Platten schieben sich dreiecksförmig nach oben) insbesondere durch den Einbezug von Gestik und Schülerzeichnungen. Diese Vorstellung wurde bislang nur bei SIBLEY (2005) bei einer Untersuchung unter Studierenden erfasst, bei der ebenfalls Zeichnungen als Erhebungsinstrument genutzt wurden. Zudem konnte die Vorstellung, dass Platten zusammenstoßen, noch einmal differenzierter in zwei unterschiedliche Vorstellungen (_{konv}1 und _{konv}2) untergliedert werden und es wurde deutlich, dass ein sich unter eine andere Platte schieben (Vorstellung_{konv}4) keineswegs mit einem Einsinken der subduzierenden Platte in den Erdmantel verbunden ist.

Inhaltlich konnte die vorliegende Studie dazu beitragen, eine aus Sicht der Fachdidaktik bedeutende Forschungslücke zu

Schülervorstellungen in geowissenschaftlichen Kontexten zu schließen. Hierbei sind folgende Aspekte hervorzuheben:

1. Schüler und Schülerinnen beziehen Plattenbewegungen nicht in einen Materialkreislauf mit dem Mantel ein. Sie gehen von einer rein oberflächlichen Plattenbewegung aus, die weder Prozesse der Zerstörung noch der Produktion von Lithosphärenmaterial mit einschließt. Zudem charakterisieren sie Plattengrenzen nicht durch eine bestimmte Bewegungsrichtung der Platten. Aus Schülersicht sind an einer Plattengrenze unterschiedliche Interaktionen je nach auftretender Bewegung möglich.
2. Hinsichtlich der Prozesse an Plattengrenzen zeigte sich, dass Jugendlichen insbesondere Vorgänge an konvergen-ten Plattengrenzen präsent sind. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (z.B. HAPPS, 1982; ROSS & SHUELL, 1993; DAL, 2006). Dennoch konnten in dieser Studie einige Vorstellungen zu divergierenden Platten erfasst werden, die wichtige Hinweise auf mögliche Lernschwierigkeiten liefern können.
3. Die Schülerinnen und Schüler machen die Erdrotation, Magmaströme unterhalb der Platten, den Erdkern, den Urknall, Wasserdruck, Erdbeben oder die Erdanziehungskraft für die Plattenbewegung verantwortlich.
4. Hinsichtlich der Vorstellung zu Lithosphärenplatten zeigte sich eine starke Verbindung von tektonischen Platten und Kontinenten in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler. Neben der auch von MARQUES und THOMPSON (1997) konstatierten Gleichsetzung der Kontinente mit den tektonischen Platten (Vorstellung_{up} 1) ist diese enge Verbindung auch in der Vorstellung, dass die Platten direkt unterhalb der Kontinente sitzen und diese tragen (Vorstellung_{up} 2) sowie der Vorstellung, dass die Platten die Kontinente umrahmen (Vorstellung_h 3), deutlich erkennbar.
5. Schülerinnen und Schüler unterscheiden in der Regel nicht zwischen kontinentaler und ozeanischer Lithosphäre.
6. Auch zeigte sich, dass viele Schülerinnen und Schüler ähnlich den Studierenden in der Untersuchung von LIBARKIN et al. (2005) die Lithosphärenplatten unterhalb der Erdoberfläche verorten. Allerdings geht in der vorliegenden Studie die Mehrheit der Jugendlichen davon aus, dass sich die Erdoberfläche mit den Platten mitbewegt.

Literatur

- BARROW, L. & HASKIN, S. (1993). *Earthquakes Haven't Shaken College Students' Cognitive Structure*. Paper presented at the Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, NY, 1-13.
- BASTEN, T. (2013). *Klimageographische Inhalte des Geographieunterrichts erfahrungsbasiert verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der Passatzirkulation*. Hannover. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter edok01.tib.uni-hannover/edoks/e01dh13/74933620X.pdf
- BASTEN, T., CONRAD, D. & FELZMANN, D. (2013). Erfahrungsbasiertes Verstehen. In D. BÖHN & G. OBERMAIER (Hg.), *Wörterbuch der Geographiedidaktik* (S.66-67). Braunschweig: Westermann.
- BSTMUK, ISB (2004). *Lehrplan des achtjährigen Gymnasiums*. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=1

- CIENKI, A. (2008). Why Study Metaphor and Gesture? In A. CIENKI, & C. MÜLLER, (Hg.), *Metaphor and Gesture. Gesture Studies 3* (S. 5-6). Amsterdam, Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- CLARK, S., LIBARKIN, J. KORTZ, K. & JORDAN, S. (2011). Alternative Conceptions of Plate Tectonics held by Non-Science Undergraduates. *Journal of Geoscience Education*, 59(4), 251-262. doi: 10.5408/1.3651696
- CONRAD, D. (2014): *Erfahrungsbasiertes Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene. Eine didaktische Rekonstruktion des Systems Plattentektonik*. Bayreuth. Universitätsbibliothek. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter <https://epub.uni-bayreuth.de/1716/>
- CONRAD, D., BASTEN, T. & FELZMANN, D. (2014). Verstehen auf der Grundlage von Erfahrungen. Wie mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens typische Lernschwierigkeiten in geowissenschaftlichen Kontexten interpretiert und prognostiziert werden können. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 42(4), 147-178.
- DAHL, J., ANDERSON, S. & LIBARKIN, J.(2005). Digging into Earth Science: Alternative conceptions held by K12-teachers. *Journal of Geoscience Education*, 6(2), 65-68.
- DAL, B. (2006). The Origin and Extent of Student's Understandings.The Effect of Various Kinds of Factors in Conceptual Understanding in Volcanism. *Electronic Journal of Science Education*, 11(1), 38-59.
- DELAUGHTER, J., STEIN, S., STEIN, C. & BAIN, K. (1998). Preconceptions about earth science among students in an introductory course. *EOS*, 79(36), 429-432.
- DGF (2014): *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss*. Bonn.
- DRIELING, K. (2015). *Schülervorstellungen über Boden und Bodengefährdung - Ein Beitrag zur geographiedidaktischen Rekonstruktion*. Geographiedidaktische Forschungen, Band 55. Münster: Hochschulverband für Geographiedidaktik.
- FELZMANN, D. (2013). *Didaktische Rekonstruktion des Themas „Gletscher und Eiszeiten“ für den Geographieunterricht*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 41. Oldenburg: BIS-Verlag.
- FRIEBERTSHÄUSER, B. & LANGER, A. (2010). Interviewformen und Interviewpraxis. In B. FRIEBERTSHÄUSER, A. LANGER & A. PRENGEL (Hg.), *Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft* (S. 437-455). Weinheim, München: Beltz/Juventa
- FRISCH, W. & MESCHEDE, M. (2011). *Plattentektonik. Kontinentalverschiebung und Gebirgsbildung*. Darmstadt: WBG.
- GOBERT, J. (2000). A Typology of Casual Models For Plate Tectonics: Inferential Power and Barriers To Understanding. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 937-978.
- GOBERT, J. (2005). The Effects of different learning Tasks on Model-building in Plate Tectonics: Diagramming versus Explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444-455.
- GOBERT, J. & CLEMENT J. (1999). Effects of Student-Generated Diagrams versus Student-Generated Summaries on Conceptual Understanding of Causal and Dynamic Knowledge in Plate Tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 39-54.
- GROPENGIESSER, H. (2001). *Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 1. Oldenburg: BIS-Verlag.
- GROPENGIESSER, H. (2005). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen

- Lehr-Lernforschung. In P. MAYRING & M. GLAESER-ZIKUDA (Hg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172-189). Weinheim, Basel: Beltz
- GROPENGIESSER, H. (2006). *Lebenswelten. Denkwelten. Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 4. Oldenburg: BIS-Verlag.
- GROPENGIESSER, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. KRÜGER & H. VOGT (Hg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 105-116). Berlin: Springer.
- GROTZINGER, J., JORDAN, T.H., PRESS, F. & SIEVER R. (2008). *Press/Siever. Allgemeine Geologie*. Berlin, Heidelberg: Spektrum.
- GROSS, J. (2007). *Biologie verstehen: Wirkungen außerschulischer Lernangebote*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 16. Oldenburg: BIS-Verlag.
- HÄUSSLER, P., BÜNDER, W., DUIT, R., GRÄBER, W. & MAYER, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. IPN-Schriftenreihe 155. Kiel: IPN.
- HAPPS, J.C. (1982): *Mountains*. Working Paper of the Science Education Research Unit, University of Waikato, NZ.
- HEMMER, M., RAHNER, M. & SCHULER S. (2011). Naturrisiken im Geographieunterricht – ausgewählte Ergebnisse empirischer Studien zu Schülerperspektiven, didaktische Konsequenzen und Forschungsperspektive. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 39(1), 1-24.
- HEMMERICH, J. & WILEY, J. (2002). Do argumentation tasks promote conceptual change about volcanoes? In W.D. GRAY & C. SCHUNN (Hg.), *Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (S. 453-458) Hillsdale: Erlbaum.
- HERRERA, J. & RIGGS, E. (2013). Relating Gestures and Speech: An Analysis Of Students' Conceptions About Geological Sedimentary Processes. *International Journal of Science Education*, 35(12), 1979-2003. doi 10.1080/09500693.2013.775609
- JOHNSON, M. (1987). *The Body in the Mind*. Chicago: Chicago University Press.
- KASTENS, K., AGRAWAL, S. & LIBBEN, L. (2008). Research Methodologies in Science Education: The Role of Gesture in Geoscience Teaching and Learning. *Journal of Geoscience Education*, 56(4), 362-368.
- KING, C. (2000). The Earth's Mantle Is Solid: Teachers' Misconceptions About The Earth and Plate Tectonics. *School Science Review*, 82(298), 57-64.
- KORTZ, K., SMAY, J. (2010). *Lecture Tutorials for Introductory Geoscience*. New York: Freeman and Company.
- LAKOFF, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAKOFF, G. (2008). The Neuroscience Of Metaphoric Gesture: Why They Exist. In A. CIENKI & C. MÜLLER (Hg.), *Metaphor and Gesture. Gesture Studies 3* (S. 291-302). Amsterdam, Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- LAKOFF, G. & JOHNSON M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAKOFF G. & JOHNSON M. (1999). *Philosophy in the Flesh*. New York: Basic Books
- LAMNEK, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim, Basel: Beltz.
- LIBARKIN, J., ANDERSON, S., DAHL, J., BEILFUSS, M. & BOONE, W. (2005). Qualitative Analysis of College Students' Ideas about the Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 17-26.
- MARQUES, L. & THOMPSON, D. (1997). Mis-

- conceptions and Conceptual Changes Concerning Continental Drift and Plate Tectonics Among Portuguese Students Aged 16-17. *Research in Science & Technological Education*, 15(2), 195-222. doi 10.1080/0263514970150206
- MARSCH, S. (2012). "Die weißen Blutzellen schießen Antikörper auf den Virus". *Unterricht Biologie*, 36(372), 27-31.
- MARSCH, S., ELSTER, M. & KRÜGER, D. (2007). "Mein Gehirn nimmt auf, was mir wichtig ist." - Eine Untersuchung zu Schülervorstellungen und Metaphern über das Lernen. In H. VOGT, D. KRÜGER, A. UPMEIER ZU BELZEN, M. WILDE & K. BÄTZ (Hg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 6* (S. 21-35). Kassel, Bielefeld.
- MAYRING, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- MCNEILL, D. (1992). *Hand and Mind. What Gestures Reveal about Thought*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- MÜLLER, C. (1998). *Redebegleitende Gesten. Kulturgeschichte - Theorie- Sprachvergleich*. Berlin: Berlin Verlag.
- NIEBERT, K. (2010). *Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion*, Band 31. Oldenburg: BIS-Verlag Oldenburg.
- NIEBERT, K., GROPENGIESSER, H. & RIEMEIER, T. (2013). The Hidden Hand That Shapes Conceptual Understanding. Choosing Effective Representations for Teaching Cell Division and Climate Change. In C.Y. TSUI & D. TREAGUST (Hg.), *Multiple Representations in Biological Education* (S. 293-310). New York: Springer.
- REINFRIED, S. (2006). Alltagsvorstellungen - und wie man sie verändern kann. Das Beispiel Grundwasser. *Geographie heute*, 27(243), 38-42.
- REINFRIED, S. (2010). Lernen als Vorstellungsänderung: Aspekte der Vorstellungsforschung mit Bezügen zur Geographiedidaktik. In S. REINFRIED (Hg.), *Schülervorstellungen und geographisches Lernen. Aktuelle Conceptual-Change-Forschung und Stand der theoretischen Diskussion* (S. 1-31). Berlin: Logos Verlag.
- REINFRIED, S. & SCHULER, S. (2011). *LLBG - Ludwigsburg-Luzerner Bibliographie zur Forschung über Alltagsvorstellungen in den Geowissenschaften*. Stand/Volume 04.08.2011. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter www.ph-ludwigsburg.de/llbg
- ROSS, K.E. & SHUELL, T. J. (1993). Children's Beliefs About Earthquakes. *Science Education*, 77(2), 191-205.
- ROTH, W.-M. (2001). Gestures: Their Role in Teaching and Learning. *Review of Educational Research*, 71(3), 365-392. doi 10.3102/00346543071003365
- ROTH, W.-M. (2007). *Making Use of Gestures, the Leading Edge in Literacy Development*. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/PREPRINTS/Literacy1.pdf
- SCHEELE, B., GROEBEN N. & CHRISTMANN, U. (1992). Ein alltagssprachliches Struktur-Lege-Spiel als Flexibilisierungsversion der Dialog-Konsens-Methodik. In B. SCHEELE (Hg.), *Struktur-Lege-Verfahren als Dialog-Konsens-Methodik* (S. 152-197). Heidelberg: Aschendorff.
- SCHNOTZ, W. (2006). Conceptual Change. In D. H. ROST (Hg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 77-82). Weinheim: Beltz.
- SCHMITT, R. (2003). Methode und Subjektivität in der Systematischen Metaphernanalyse. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 4(2). Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/2-03/2-03schmitt-d.htm>

- SCHUBERT, J.C. (2012). *Schülervorstellungen zu Wüsten und Desertifikation - Eine empirische Untersuchung zu einem zentralen Thema des Geographieunterrichts*. Münster. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:hbz:6-48319559913>
- SIBLEY, D. (2005). Visual Abilities and Misconceptions About Plate Tectonics. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 471-477.
- STEINKE, I. (2008). Gütekriterien qualitativer Forschung. In U. FLICK, E. VON KARDOFF & I. STEINKE (Hg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S. 319-331). Reinbek: Rowohlt.
- TARBUCK, E. & LUTGENS, F. (2009). *Allgemeine Geologie*. München: Pearson Studium.
- VOLLMER, G. (1986). *Was können wir wissen? Band 2: Die Erkenntnisse der Natur*. Stuttgart: Hirzel.
- WITZEL, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 1 (2), Art. 22. Aufgerufen am 9. Juli 2015 unter <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1132/2519>