

Interessensgeleitete Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Modellen zu geo- und umweltphysikalischen Themen im Schülerlabor der Universität Siegen

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Pädagogik

vorgelegt von
Ina Militschenko

eingereicht bei der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
der Universität Siegen
Siegen 2015

Gutachter der Dissertation: Prof. Dr. Oliver Schwarz
Prof. Dr. Wolfram Winnenburg

Tag der mündlichen Prüfung: 01.07.2015

Gedruckt auf alterungsbeständigem holz- und säurefreiem Papier.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Überblick	7
Abstract	9
1 Einleitung	11
1.1 Motivation und zugrundeliegende Idee	11
1.2 Ziele der Arbeit	12
1.3 Forschungskonzept	14
1.4 Forschungsfragen	15
1.5 Aufbau der Arbeit	16
2 Schülerlabore als außerschulische Lern- und Untersuchungsorte	19
2.1 Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren	19
2.2 Konzept des Schülerlabors der Universität Siegen	27
2.3 Zusammenfassung und Formulierung der Thesen	32
3 Interesse als psychologisch-pädagogisches Konstrukt	34
3.1 Was versteht man unter Interesse?	34
3.2 Entwicklung von Interesse	38
3.3 Erklärungsansätze für die Abnahme von schulischen Interessen	40
3.4 Der gegenwärtige Forschungsstand zum Interesse an physikalisch-technischen Themen in der Primarstufe	42
3.5 Der gegenwärtige Forschungsstand zum Interesse an physikalisch-technischen Themen in der Sekundarstufe I	47
3.6 Zusammenfassung und Bildung der Thesen	55
4 Interessensbefragung im Schülerlabor der Universität Siegen	58
4.1 Darstellung der zugrundeliegenden Idee und Bildung der Arbeitshypothesen	58
4.2 Untersuchungsdesign und Stichprobe	61
4.3 Erhebungsinstrument	63
4.4 Ergebnisse	68
4.4.1 Ergebnisse der Schülerbefragung	68
4.4.2 Ergebnisse der Lehrerbefragung	79
4.5 Wahl des Themenschwerpunktes für das Schülerlabor der Universität Siegen	81

4.6	Zusammenfassung und Diskussion -----	82
5	Vorunterrichtliche Vorstellungen - Ausgangslage der Lernprozesse -----	85
5.1	Warum vorunterrichtliche Vorstellungen berücksichtigt werden sollen -----	85
5.2	Ergebnisse der Studien zum Thema Umweltwissen und Umweltbewusstsein der Kinder und Jugendlichen -----	88
5.3	Ergebnisse der Studien zu Kindervorstellungen von der Erde als einem kosmischen Körper -----	91
5.4	Zusammenfassung und Thesen -----	103
6	Vorunterrichtliche Vorstellungen der Kinder zu geo- und umweltphysikalischen Themen – eine Befragung im Schülerlabor der Universität Siegen -----	106
6.1	Untersuchungsvorhaben und Arbeitshypothesen -----	106
6.2	Untersuchungsrahmen -----	107
6.3	Untersuchungsdesign -----	108
6.4	Stichprobe -----	109
6.5	Auswertung von kindlichen Sichtweisen über die Erdform -----	110
6.6	Ergebnisse der Erhebung zu Vorstellungen über die Erdform -----	112
6.7	Auswertung der Vorstellungen über Umweltverschmutzung und Umweltereignisse -----	116
6.8	Ergebnisse der Erhebung zu Vorstellungen über Umweltverschmutzung und Umweltereignisse -----	118
6.9	Zusammenfassung und Diskussion -----	123
7	Entwicklung von Modellen und Schülerversuchen -----	125
7.1	Modelle bzw. Versuche zur Erkundung der Geosphäre -----	125
7.1.1	Schalenentstehung im Erdinneren -----	125
7.1.2	Mantelkonvektion -----	134
7.1.3	Plattentektonik -----	143
7.2	Modelle bzw. Versuche zur Erkundung der Atmosphäre -----	152
7.2.1	Land-See-Wind-Entstehung -----	152
7.2.2	Optische Phänomene in der Atmosphäre -----	159
7.2.3	Atmosphärische Elektrizität -----	166
7.3	Astronomisch bedingte Phänomene auf der Erde -----	178
7.3.1	Jahreszeiten -----	178
7.4	Modelle bzw. Versuche zur Erkundung der Hydrosphäre -----	183
7.4.1	Gezeiten -----	183
7.5	Zusammenfassung -----	196

8	Erprobung und Evaluation der entwickelten Schülerversuche	197
8.1	Erprobung	197
8.2	Evaluation	200
8.3	Wertungskriterium	200
8.4	Stichprobe und Untersuchungsdesign	201
8.5	Erhebungsinstrument	201
8.6	Ergebnisse der Evaluation	203
8.7	Zusammenfassung und Diskussion	210
9	Ergebnisse der Arbeit	212
	Literaturverzeichnis	221
	Abbildungsverzeichnis	228
	Tabellenverzeichnis	232
	Anhang	234

Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Ein ganz besonderer persönlicher Dank geht an meinen Partner Viktor für seine Geduld und an meinen Bruder Dimitri für seine Unterstützung, die er jederzeit als selbstverständlich erachtet hat. Meinen Eltern danke ich für ihre finanzielle Unterstützung und für ihren Glauben in das Gelingen dieser Arbeit.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. Oliver Schwarz für seine Betreuung und für die Zeit, die er in uns Doktoranden investiert hat, sowie für sein Vertrauen in uns. Herrn Prof. Dr. Wolfram Winnenburg bin ich für seine Beratung, für das stets offene Ohr und für den Mut, den er mir immer machte, sehr dankbar. Auch bei den übrigen Institutsangehörigen der Physikdidaktik möchte ich mich für ihre Unterstützung bedanken, insbesondere bei Prof. Dr. Manfred Bodemann, Dr. Eduard Krause, Dr. Henrik Bernshausen, Dr. Volker Heck, den Doktoranden Simon Kraus, Chat Tran Ngoc, Adrian Weber und Christian Deitersen. Ein herzliches Dankeschön geht auch an die weiteren Mitglieder unserer Arbeitsgruppe, an Frau Cornelia Schulte für ihre offene und herzliche Art und dafür, dass Sie immer Zeit für die zahlreichen Fragen hatte, an Sabine Schirm-Springob und an Christoph Springob für ihre tollen Anregungen und Ideen und an meine studentische Hilfskraft Larissa Karl für die Geduld und Unterstützung bei der Auswertung der Befragungen.

Ein Dankeschön richtet sich selbstverständlich an alle Lehrer und Schüler, die an den Befragungen und an den Veranstaltungen des Labors teilgenommen haben.

Überblick

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen eines neu eingerichteten Schülerlabors im Bereich der Physikdidaktik der Universität Siegen entstanden. Die Konzipierung eines Arbeitsschwerpunktes für das Labor steht daher im Fokus dieser Arbeit, um eine nachhaltige Entwicklung der neu entstandenen Bildungseinrichtung zu sichern.

Schülerlabore unterscheiden sich von anderen außerschulischen Lernorten insbesondere durch die Art und Weise, in der sich Kinder und Jugendliche mit den Lerninhalten beschäftigen, nämlich durch Schülerversuche. Diese handlungsorientierte Schüleraktivität bildet die Basis einer Laborveranstaltung, die von essentieller Bedeutung ist. Daher wird der Entwicklung und der Konstruktion von Schülerversuchen im Rahmen dieser Arbeit ein besonders hoher Stellenwert beigemessen.

In der vorliegenden Untersuchung werden zahlreiche neuentwickelte und weiterentwickelte Versuchsanordnungen beschrieben. Diese richten sich in erster Linie an die Primarstufenschüler¹ und dienen hauptsächlich dem Zweck, physikalische Grundzusammenhänge durch Analogieexperimente, zu vermitteln.

Schülerlabore sind außerschulische Lernorte, die das Interesse der Kinder und Jugendlichen an den mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Fächern wecken und entfalten sollen. Demnach ist das Interesse, genau genommen das Interesse an physikalisch-technischen Themen, eines der zentralen Begriffe, um die es in der vorliegenden Untersuchung gehen soll. Was man unter Interesse versteht, wie es sich entwickelt und welche empirischen Befunde bezüglich der physikalisch-technischen Interessensentwicklung der Primar- und Sekundarstufenschüler existieren, wird ausführlich erläutert, um eine validierte Grundlage für das eigene Forschungsvorhaben auf diesem Gebiet zu erschaffen. Die Basis für das eigene Schülerlaborkonzept bilden einige ausgewählte Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren, die daher ausführlich vorgestellt werden.

Als eigenständige Beiträge der vorliegenden Dissertationsschrift sind außerdem folgende Punkte zu nennen: In einer laborinternen Untersuchung zum Interesse wurden die Interessantheit verschiedener geo- und umweltphysikalischer Fragestellungen für Kinder und Jugendli-

¹ In der gesamten Arbeit werden die Bezeichnungen „Schüler“, „Lehrer“, „Studierender“ etc. für beide Geschlechter verwendet.

che untersucht und Schwerpunktthemen ermittelt. Neben den Interessen der Schüler sind auch ihre Vorkenntnisse bzw. ihre Vorstellungen in Bezug auf die genannten Themenbereiche für eine Lernerfolg erzielende Beschäftigung mit diesen Fragestellungen enorm wichtig. Deshalb wurde eine eigene laborinterne Untersuchung konzipiert und durchgeführt, um auf verschiedenen Wegen Erkenntnisse über das Vorwissen von Lernenden auf den Gebieten Umweltphysik und Geophysik zu gewinnen.

Auf der Grundlage der neuentwickelten Analogieexperimente entstand ein neues und empirisch fundiertes experimentelles Angebot für das Labor der Universität Siegen. Das entwickelte Konzept des Schülerlabors wurde vielfach praktisch erprobt und durch umfangreiche Schülerbefragungen evaluiert.

Abstract

This present work was created as a part of a newly established school laboratory in the field of physics didactics at the University of Siegen. The conception of the focus of activity for the laboratory is the primary intention of this work, in order to ensure a sustainable development of the newly created institution.

School laboratories differ from other extracurricular learning centers in particular by the way in which students deal with the learning content, namely, by student experiments. This activity-oriented student activity forms the basis of a laboratory course, which is of vital importance. As a consequence, the development and construction of student experiments within this work hold a very high priority.

In the present investigation numerous newly developed and improved experimental set-ups are being described. These are aimed especially at the primary level school students and serve mainly the purpose to convey the very basic physical fundamentals employing analogy experiments.

School laboratories are extracurricular learning centers, which are intended to arouse and develop the interest of children and adolescents in mathematic, scientific and technical subjects. Accordingly, the interest, strictly speaking, the interest in physical-technical topics, is one of the central concepts which will be addressed in this present work. A definition of the term interest, how interest is developed and which empirical findings regarding the physical-technical interest-development of primary and secondary level school students exist, will be explained in detail in order to create a validated basis for the own research project in this scientific field. Several selected effectiveness analyses of school laboratories serve as a basis for the present conception, which are therefore presented in detail at the beginning.

The following aspects represent discrete and independent contributions of the present doctoral dissertation: In a internal laboratory study on the interest the interestingness of the geo- and environmental physical issues for children and adolescents have been examined and key issues identified. In addition to the interests of the students their previous knowledge, respec-

tively their concepts and notions in relation to the above mentioned subject areas are extremely important for a successful learning-achieved engagement with these issues.

Therefore an own internal laboratory study have been designed and performed in order to attain in a number of ways insights about the previous knowledge of the learners in the fields of geo- and environmental physics.

In accordance with the newly developed analogy experiments a new and also empirically established experimental range for the laboratory of the University of Siegen arose.

The developed conception of the school laboratory has been manifoldly practically put to test and evaluated through various student surveys.

1 Einleitung

Im Folgenden werden die Motivation, die Ziele, die Forschungsfragen, das Konzept und der Aufbau der vorliegenden Arbeit umrissen. Ausgehend von der aktuellen Lage des Physikunterrichtes werden das zentrale Forschungsziel und die Teilziele dieser Untersuchung formuliert. Diese Ziele führen unmittelbar zu Forschungsfragen, die schon eingangs klar gestellt werden sollen. Der Weg, auf dem wissenschaftliche Fragestellungen beantwortet werden können, ist natürlich niemals von der eingesetzten Forschungsmethodik und dem Arbeitskonzept unabhängig. Deshalb wird der Erläuterung des Forschungskonzepts bereits im Einleitungsteil ein hoher Stellenwert beigemessen. Schließlich soll in diesem Abschnitt auch der Aufbau der vorliegenden Arbeit ausführlich vorgestellt werden.

1.1 Motivation und zugrundeliegende Idee

Zahlreiche didaktische Arbeiten im naturwissenschaftlich-technischen Bereich referieren über einen altersbezogenen negativen Entwicklungstrend bezüglich der naturwissenschaftlichen Schülerinteressen, besonders ausgeprägt ist der Interessensrückgang im Bereich des Physikunterrichtes [z.B. *Gardner*, 1987; *Todt*, 1987]. In der Primarstufe bekunden Schüler noch ein vergleichsweise hohes Interesse an physikalischen Themen des Sachunterrichtes, jedoch geht das Interesse in der Sekundarstufe I stark zurück [z.B. *Hoffmann et al.*, 1998]. Darüber hinaus ist im MINT-Bereich eine negative Entwicklung in Bezug auf Berufswahlverhalten der Schüler, bezüglich der Wahl der Leistungskurse und dementsprechend auch hinsichtlich der Studienwahl zu beobachten, der Fachkräftemangel im MINT-Bereich ist eine Folge davon [*BMBF*, 2001].

Um das Interesse der Sekundarstufenschüler an MINT-Fächern zu festigen und somit dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken, werden in Deutschland viele Anstrengungen unternommen. Es wurden z.B. zahlreiche Schülerlabore eingerichtet. Sie bilden gegenwärtig ein wesentliches Element der außerschulischen Lernorte. [*Euler*, 2009] Mit der Zeit entwickelten sich Schülerlabore zu Orten der fachdidaktischen Forschung. Sehr häufig besteht das Untersuchungsvorhaben solcher Forschungen darin, die Wirksamkeit der Schülerlabore zu evaluieren. Es wird also der Frage nachgegangen, in welchem Maße Labore mit allen möglichen thematischen Schwerpunkten das Interesse der Schüler wecken und fördern. [*Euler*, 2009; *Engeln*, 2004, *Streller*, 2009] Mittlerweile herrscht unter den Forschern auf diesem Gebiet

Konsens darüber, dass Schülerlabore über das Potenzial verfügen das aktuelle Interesse der Kinder und Jugendlichen zu wecken - zumindest für eine kurze Zeit [Engeln, 2004; Guderian, 2006; Pawek, 2009; Streller, 2009]. Die langfristige Wirkung der Laborbesuche lässt sich allerdings nur schwer ermitteln.

Die Idee, die dieser Forschungsarbeit zugrunde liegt, lässt sich wie folgt formulieren: Die Labore, die von Arbeitsgruppen mit dem Schwerpunkt „Fachdidaktik“ betreut werden, haben den Vorteil, dass sie ihre Veranstaltungen nicht nur an fachwissenschaftlichen Schwerpunkten des Instituts ausrichten können. Solche Labore haben die Möglichkeit direkt an die vorhandenen oder gerade entstehenden thematischen Interessen der Kinder und Jugendlichen anzuknüpfen. Es können also experimentelle Laborangebote entwickelt werden, die die Interessen bestimmter Schülergruppen durch die Themenauswahl berücksichtigen. Bei dieser Vorgehensweise geht man also von einem bereits latent vorhandenen Interesse aus, man ruft dieses in besonderer Weise in das Bewusstsein der Kinder und Jugendlichen und entwickelt es im Schülerlabor weiter. Um eine langfristige Wirkung auf die Entwicklung des individuellen naturwissenschaftlichen Interesses zu erreichen, sollte ein Schülerlabor also einen oder mehrere thematisch interessante Arbeitsschwerpunkte aufweisen. Die aufeinander aufbauenden Veranstaltungen zu diesen Themenschwerpunkten sollten mindestens einmal pro Jahr während der ganzen Schullaufbahn wahrgenommen werden, um das Interesse für Physik nachhaltig zu fördern.

1.2 Ziele der Arbeit

Aus dem oben erläuterten Grundgedanken kann nun das zentrale Ziel bzw. das Hauptziel (HZ) für die vorliegende Arbeit abgeleitet werden:²

HZ: Ausgehend vom Interesse der Kinder und Jugendlichen soll ein thematischer Schwerpunkt für das Schülerlabor der Universität Siegen etabliert werden.

Aus dem Hauptziel folgen die Teilziele. Sie stellen den „roten Faden“ auf dem Weg zum Erreichen des Hauptziels dar. Die Teilziele lassen sich zu insgesamt vier nachfolgend kursiv hervorgehobenen Arbeits- und Forschungsaufgaben (TZ1 bis TZ4) zusammenfassen.

Der thematische Schwerpunkt des Labors soll aus den Interessen der Schüler abgeleitet werden. Der Rückgang des Interesses im Sekundarstufenbereich I soll dabei in besonderer Weise

² Die Erörterungen zu den Teilzielen und den konzeptionellen Schritten beziehen sich auf Kinder/Schüler der Primarstufe, gleichwohl betreffen die Aussagen im Wesentlichen auch Schüler der Sekundarstufe. Dies wird in den einzelnen Kapiteln genauer erläutert.

berücksichtigt werden. Die Erfahrung zeigt, dass sich Grundschul Kinder für die verschiedensten Themen begeistern lassen. Im Gegensatz dazu interessieren sich Jugendliche nur für einige ausgewählte Fragestellungen. Daher sollen Interessen der Primarstufen- und der Sekundarstufenschüler gleichermaßen berücksichtigt werden. Das erste Teilziel lautet demnach:

TZ1: Es sollen physikalische Themen bzw. Themenbereiche ermittelt werden, die Kinder und Jugendliche als interessant bezeichnen.

Die Förderung des Interesses sollte laut psychologischen und fachdidaktischen Untersuchungen bereits im Kindesalter beginnen [z.B. Hartinger und Fölling-Albers, 2002]. Daher wird sich das erste entwickelte experimentelle Angebot des Labors an Primarstufenschüler richten. Eine erfolgreiche Beschäftigung mit physikalischen Inhalten wird jedoch nicht nur durch die Interessantheit eines Themas bestimmt. Schülervoraussetzungen wie Vorwissen und vorunterrichtliche Vorstellungen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Diese sind eng mit dem Alter der Schüler verknüpft. Das zweite Teilziel lässt sich daher folgendermaßen formulieren:

TZ2: Ausgehend von vorunterrichtlichen Vorstellungen der Primarstufenschüler soll das frühestmögliche durchschnittliche Alter bestimmt werden, ab dem die Beschäftigung mit den Themen des Arbeitsschwerpunktes einen maximalen Erfolg verspricht.

Um interessante Themen im Schülerlabor umzusetzen, müssen experimentelle Veranstaltungen für das Labor konzipiert werden. Versuche bzw. Modelle stellen den Grundbaustein der Schülerlaborangebote dar. Wie bereits erläutert, sollen Grundschul Kinder die Zielgruppe der ersten entwickelten Veranstaltung bilden. Daher lautet das dritte Teilziel im Rahmen der vorliegenden Arbeit:

TZ3: Es sollen Modelle bzw. Schülerversuche zum festgelegten thematischen Schwerpunkt des Labors entwickelt werden, die sich in erster Linie an die Primarstufenschüler richten.

Die theoretischen Überlegungen zur Entwicklung des thematischen Schwerpunktes erfordern eine praktische Überprüfung im Labor. Die Wirkung der neu entwickelten Veranstaltung auf die Schüler soll evaluiert werden. Das vierte Teilziel lässt sich somit durch die folgende Aussage festhalten:

TZ4: Die Wirkung der konzipierten Veranstaltung, die auf den entwickelten Modellen bzw. Versuchen basiert, soll festgestellt werden.

Durch das Verwirklichen der einzelnen Teilziele kann das Erreichen der Hauptintention gewährleistet werden. Auf dem Weg zum zentralen Anliegen, dem Etablieren eines Themenschwerpunktes, spielt eines der Teilziele eine besondere Rolle, nämlich das Teilziel 3 (TZ3). Würde dieses Teilziel nicht erreicht werden, könnten die hierauf aufbauenden Arbeitsschritte nicht verwirklicht werden. Unterbliebe die Entwicklung und Konstruktion von Versuchen bzw. Modellen, könnte hier nur ein theoretischer Entwurf für den Arbeitsschwerpunkt des Schülerlabors vorgelegt werden. *Daher wird dem TZ3 im Rahmen dieser Arbeit eine herausragende Bedeutung beigemessen.* Darüber hinaus realisiert sich über das TZ3 eine originär fachdidaktische-physikalische Tätigkeit – das praktische Umsetzen von grundlegender Entwicklungsarbeit.

1.3 Forschungskonzept

Um die genannten Teilziele systematisch zu verfolgen, wurde eine Forschungskonzeption entwickelt, durch die insbesondere der inhaltliche Zusammenhang der einzelnen Arbeitsschritte sichergestellt werden soll.

Die vier konzeptionellen Schritte (KS1 bis KS4), die die Verwirklichung der einzelnen Teilziele sicherstellen sollen, sind in der Abb. 1.1 schematisch dargestellt und werden nachfolgend ausführlich erläutert.

KS1: Zur Erreichung des Teilziels TZ1 soll eine laborinterne Interessensbefragung geplant und durchgeführt werden. Diese Untersuchung basiert auf den Ergebnissen von zahlreichen validierten Interessensstudien. Es sollte sich um eine neu konzipierte Befragung handeln, die auf die Zwecke der vorliegenden Arbeit ausgerichtet ist.

KS2: Um die zweite Intention TZ2 zu verwirklichen, soll eine Befragung entworfen und durchgeführt werden, durch die vorunterrichtliche Schülervorstellungen bezüglich des Themenschwerpunktes ermittelt werden sollen. Aus kategorisierten Vorstellungsniveaus der Schüler kann das durchschnittliche Alter abgeleitet werden, das einen erfolgreichen Einstieg in die Beschäftigung mit den Themen des Arbeitsschwerpunktes sicherstellt.

KS3: Das Teilziel TZ3 soll durch klassisches Vorgehen der fachdidaktischen Reduktion, Elementarisierung und Rekonstruktion erreicht werden, indem aus den fachphysikalischen Grundlagen die wesentlichen Aspekte für das Verständnis der jeweiligen Sachverhalte abgeleitet werden. Auf diesen Aspekten aufbauend erfolgt die Entwicklung und Konstruktion von Schülerversuchen bzw. Modellen. Bei der Konstruktion/dem Bau der Versuche bzw. Modelle

soll insbesondere darauf geachtet werden, dass sie die zentralen Sachverhalte anschaulich darstellen und einen hohen Grad der Eigenaktivität bei Schülern ermöglichen.

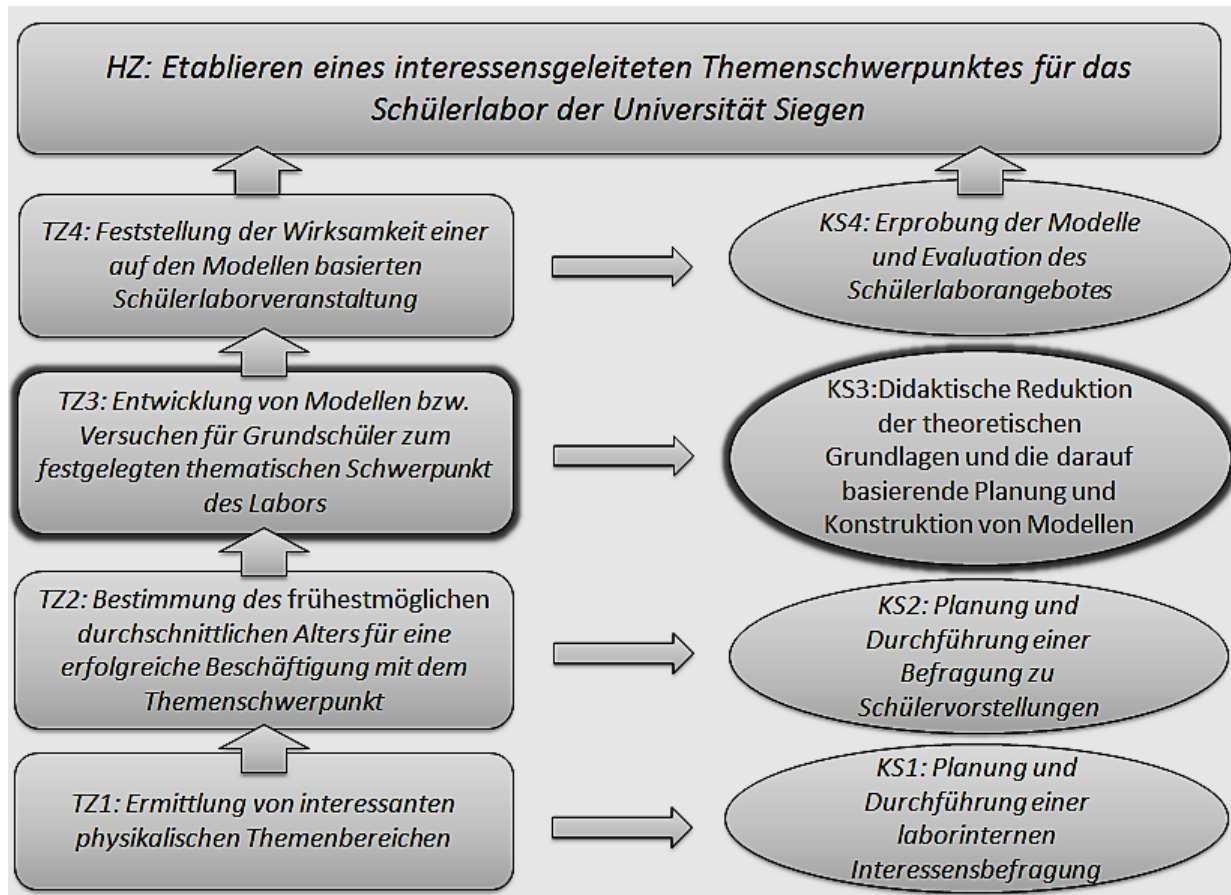


Abb. 1.1: Hauptziel (HZ) und Teilziele (TZ) sowie konzeptionelle Schritte (KS) zur Verwirklichung der Ziele.

KS4: Zur Verwirklichung der letzten Teilintention TZ4 sollen die entwickelten Versuche bzw. Modelle erprobt und das Schülerlaborangebot durch einen Rückmeldungsbogen evaluiert werden. Es soll dabei auf einen validierten Fragebogen zurückgegriffen werden, der bei der Evaluation von Schülerlaboren bereits eingesetzt wurde. Es bietet sich außerdem an, eine bewährte Veranstaltung aus dem Programm des Schülerlabors hinzuzuziehen, damit vergleichende Aussagen möglich sind.

1.4 Forschungsfragen

Im Folgenden werden ausgehend von den soeben formulierten Zielsetzungen Forschungsfragen (FF) benannt. Diese sind richtungsweisend für die Untersuchungen, die im Rahmen der

vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden.³ Auf diese Forschungsfragen sollen Antworten erarbeitet werden.

FF1: Welche Themen oder Themenbereiche sind für die Grundschüler und für die Sekundarstufenschüler gleichermaßen interessant?

FF2: Welche der interessanten Themengebiete sind als Arbeitsschwerpunkt des Labors am besten geeignet? Welche Kriterien außer der „Interessantheit“ sollten bei der Auswahl des Themenschwerpunktes berücksichtigt werden?

FF3: Bringen Grundschüler die nötigen Voraussetzungen mit, um sich mit den Themengebieten, die auch ältere Schüler als interessant bezeichnen, erfolgreich auseinanderzusetzen? Ab welchem durchschnittlichen Alter verspricht die Beschäftigung mit den Schwerpunktthemen den größtmöglichen Erfolg?

FF4: Lassen sich Modelle bzw. Versuche für Grundschul Kinder entwickeln, die dem Arbeitsschwerpunkt des Labors entsprechen?

FF5: Welche Wirkung auf die Schüler erzielt die neu konzipierte Veranstaltung? Insbesondere: Was leisten in diesem Zusammenhang die neu entwickelten Modelle?

FF6: Tragen die Inhalte, die Schüler selbst als interessant bezeichnen, tatsächlich zur Förderung des individuellen physikalisch-technischen Interesses bei? Kann die Beschäftigung mit diesen Inhalten dem Interessensrückgang in der Sekundarstufe entgegen wirken?

FF7: Kann ein Themenschwerpunkt im Schülerlabor der Universität Siegen erfolgreich und dauerhaft etabliert werden?

1.5 Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 stellt die Grundlage für alle weiteren Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit dar. Dort wird das heutige Wissen über die physikalischen Schülerlabore in Deutschland in komprimierter Form vorgestellt. Dazu werden einige ausgewählte Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren betrachtet. Deren Ergebnisse bilden eine Validierungsgrundlage für das eigene Forschungsvorhaben. Darüber hinaus wird im ersten Kapitel das Schülerlabor der

³ Die Forschungsfragen sind nicht mit Arbeitshypothesen zu verwechseln, die bei der Beschreibung der einzelnen Teiluntersuchungen im Rahmen der Methodik eingesetzt werden. Diese werden in den jeweiligen Kapiteln gesondert angeführt.

Universität Siegen vorgestellt. Es wird eine Richtlinie zur nachhaltigen Entwicklung des Labors entworfen.

Die Steigerung des Schülerinteresses an physikalisch-technischen Themen ist das primäre Ziel der Schülerlabore und damit der wichtigste Untersuchungsgegenstand der Wirksamkeitsanalysen. Daher wird im *Kapitel 3* das physikalisch-technische Interesse der Kinder und Jugendlichen detailliert betrachtet. Im Mittelpunkt dieser Analyse stehen das Wesen, die Entstehung und die Entwicklung des Interesses im Allgemeinen. Darüber hinaus wird die Ausprägung des naturwissenschaftlichen Schülerinteresses in unterschiedlichen Altersstufen betrachtet. Hierzu werden theoretische und praktische Arbeiten zum Interesse analysiert. Empirischen Forschungsarbeiten wird hier eine besondere Bedeutung beigemessen, weil auf ihren Ergebnissen die eigene Untersuchung zum Interesse der Schüler basiert.

Die eigene laborinterne Interessensbefragung wird im *Kapitel 4* vorgestellt. Dazu werden Arbeitshypothesen formuliert. Um diese zu prüfen, wurden Fragebögen entwickelt. Es erfolgte eine Schülerbefragung, deren Ergebnisse in diesem Kapitel präsentiert, analysiert, erläutert und mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen werden. Darüber hinaus wird auf dieser Grundlage ein Themenschwerpunkt für das Schülerlabor der Universität Siegen festgelegt. Die Auswahl des Arbeitsschwerpunktes wird begründet.

Das Interesse an Inhalten ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der individuellen Interessen einer Person. Jedoch verspricht diese potenzielle Interessantheit allein noch keine großen Erfolge bei der Auseinandersetzung mit spezifischen Themen. Unabdingbar ist die Berücksichtigung des Entwicklungsstandes eines Schülers. Dabei kann es sich z.B. um die Entwicklung in Bezug auf Vorstellungen und Vorwissen der Kinder und Jugendlichen handeln. Daher werden im *Kapitel 5* ausgewählte internationale sowie deutsche empirische Arbeiten analysiert, die sich mit Vorstellungen und Vorwissen von Kindern und Jugendlichen bezüglich des thematischen Schwerpunktes des Labors beschäftigen.

Wie die Vorstellungen der Kinder aussehen, die das Schülerlabor der Universität Siegen besuchen, wird in der eigenen laborinternen Untersuchung erfasst. Das Design, die Analyse und die Ergebnisse dieser Untersuchung werden im *Kapitel 6* dargelegt. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung wird die Altersstufe abgeleitet, für die eine Beschäftigung mit den evaluierten Themen im besonderen Maße geeignet ist.

Im *Kapitel 7* werden Modelle und Versuche vorgestellt, die Inhalte aus dem Themenschwerpunkt des Labors aufgreifen. Die Modelle bzw. Versuche wurden so konzipiert, dass sie eine aktive Auseinandersetzung mit dem Thema im Rahmen des Schülerlabors ermöglichen.

Im *Kapitel 8* wird die Erprobung der Modelle im Rahmen einer Schülerlaborveranstaltung beschrieben. Um zu erfahren, ob eine positive Wirkung des neu entwickelten experimentellen Angebotes auf Schüler entsteht, werden die Veranstaltungen anhand eines Fragebogens evaluiert.

2 Schülerlabore als außerschulische Lern- und Untersuchungsorte

Seit dem Zeitpunkt der Einrichtung der Schülerlabore in Deutschland werden diese fortlaufend auf ihre Wirksamkeit untersucht. Im Folgenden werden einige Studien vorgestellt, die sich mit der Thematik der Wirksamkeit solcher Labore beschäftigen. Die Auswahl der Studien beschränkt sich dabei auf solche Arbeiten, die reine Physikschülerlabore oder naturwissenschaftliche Schülerlabore - Physik inbegriffen - untersuchen. Dazu zählen die Studien von *Engeln* [2004], *Guderian* [2006], *Pawek* [2009] und *Streller* [2009]. Die Ergebnisse dieser Studien stellen eine wichtige Grundlage für die Konzeption und Evaluation des relativ jungen Schülerlabors der Universität Siegen dar. Die Studien zur Wirksamkeit der Labore werden daher im ersten Teil dieses Kapitels ausführlich vorgestellt. Im zweiten Abschnitt dieses Kapitels wird das Konzept des Schülerlabors der Universität Siegen detailliert beschrieben, wobei die Empfehlungen aus den Arbeiten zur Wirksamkeit der Schülerlabore bei der Konzeption des Schülerlabors Siegen eine große Beachtung finden.

Bevor die einzelnen Studien zur Wirksamkeit der Schülerlabore ausführlich vorgestellt werden, soll kurz auf die Frage eingegangen werden, was Schülerlabore eigentlich sind. Das folgende Zitat beschreibt das Wesen der Schülerlabore:

„Unter Schülerlaboren werden außerschulische Einrichtungen verstanden, die ganzen Schulklassen Begegnungen mit modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften ermöglichen. Dies geschieht im Rahmen geeigneter Lernumgebungen mit Laborcharakter, die Schülerinnen und Schüler zur aktiven Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen und Methoden anregen. Die Authentizität der Arbeitsweisen und Lernerfahrungen steht dabei im Zentrum.“ [*Euler*, 2009, S.799]

2.1 Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren

***Engeln*: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken**

Im Folgenden wird die Studie von *Engeln* anhand ihrer Dissertation [*Engeln*, 2004] beschrieben:

Das zentrale Forschungsziel der genannten Untersuchung besteht in der Ermittlung des Potenzials von Schülerlaboren im Hinblick auf die Förderung des Interesses an Naturwissenschaft-

ten. Zur Beantwortung dieser Frage werden fünf Schülerlabore näher betrachtet:

„DLR_School_Lab“ (DLR, Göttingen), „Quantensprung“ (GKKS, Geesthacht), „Teutolab“ (Universität Bielefeld) sowie die beiden Versuchseinrichtungen „Vakuum“ und „Radioaktivität“ von physikbegreifen@desy.de (DESY, Hamburg). Bei allen fünf Laboren handelt es sich um Schülerlabore, die physikalische Experimente für die Klassenstufen neun und zehn mit einem ähnlichen Tagesablauf und vergleichbaren Veranstaltungsstrukturen anbieten. Schüler führen während des Besuches in diesen Laboren etwa zwei bis fünf Versuche zu den Themen „Fliegen, Strömungen, Messtechnik“, „Brennstoffzelle und Elektrolyse“, „Chemie der Zitrusfrüchte/Regenerative Energieträger“ und „Vakuum und Radioaktivität“ durch. In einigen Laboren sind auch Besichtigungen der Forschungseinrichtungen und der Werkstätten ein Bestandteil des Besuches.

Für die Umsetzung der Untersuchung verwendet *Engeln* ein Design, das auf einer Befragung der Schüler basiert. Diese Befragung findet zu insgesamt zwei verschiedenen Zeitpunkten statt: Die erste Befragung schließt direkt an den Besuch des Labors an; die zweite wird 12 Wochen nach dem Besuch in der Schule durchgeführt und soll die mittelfristige Wirkung des Laborbesuches feststellen. Die Stichprobe umfasst 334 Schüler bei der ersten sowie 265 Schüler bei der zweiten Befragung.

Durch die eingesetzten Fragebögen werden die Persönlichkeitseigenschaften der Schüler und die wahrgenommenen Merkmale von Schülerlaboren als unabhängige Variablen erfasst. Als abhängige Variable versteht man im Rahmen der Befragung das aktuelle Interesse der Schüler. Diese Komponente des Interesses beschreibt einen momentanen Zustand des „Interessiert-Seins“ am Labor und an den Experimenten. *Engeln* geht davon aus, dass das aktuelle Interesse die Entstehung von verfestigtem individuellem Interesse fördert. Die Autorin gliedert das aktuelle Interesse in drei Bestandteile, nämlich in eine emotionale, eine wertbezogene und eine epistemische Komponente. Dabei bezeichnet die letztere den Wunsch der Person mehr über den Interessensgegenstand erfahren zu wollen.

Außer den üblichen Persönlichkeitsmerkmalen wie Alter und Geschlecht, werden in den Fragebögen auch Kriterien wie das Sachinteresse (Interesse an physikalischen Themen), das Fachinteresse (Interesse am Fach Physik) und das Selbstkonzept der Lernenden im Hinblick auf ihre naturwissenschaftliche Begabung berücksichtigt. Darüber hinaus werden im Rahmen der Befragung die Labore sowie die Experimente anhand der folgenden Merkmale bewertet: Größe der (inhaltlich-fachlichen) Herausforderung, Qualität der Zusammenarbeit, Authentizität, Verständlichkeit und Offenheit. Dabei versteht *Engeln* unter dem Begriff Authentizität

den Einblick in den Alltag eines Naturwissenschaftlers. Bei der Offenheit handelt es sich laut der Verfasserin um die Möglichkeit eigene Entscheidungen während des Experimentierens treffen zu dürfen.

Die Ergebnisse der Untersuchung können zu den nachfolgenden Aussagen zusammengefasst werden. Die drei Komponenten des aktuellen Interesses besitzen keine geschlechtsspezifische Ausprägung. Dies deutet laut *Engeln* auf ein hohes Potenzial der Schülerlabore hin (bezüglich der Förderung von Interesse beider Geschlechter). In der Untersuchung ergibt sich eine hohe Korrelation zwischen dem Sachinteresse der Schüler und den drei Komponenten des aktuellen Interesses. Darüber hinaus stellt die Autorin der Studie fest, dass die fünf untersuchten Labore das aktuelle Interesse der Schüler immer dann gleich gut fördern, wenn es sich um Schüler mit einem hohen Sachinteresse handelt. Ist der Ausprägungsgrad des Sachinteresses in der Schülergruppe jedoch gering, so gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Einrichtungen. Für die Schüler mit einem niedrigen Sachinteresse spielt die Variable Verständlichkeit eine entscheidende Rolle bei der Ausprägung des aktuellen Interesses. Hinsichtlich der Laborvariablen ergibt sich in der Untersuchung von *Engeln* das folgende Bild: Die Autorin konnte die Wichtigkeit der Variablen Offenheit und Qualität der Zusammenarbeit für die Förderung des aktuellen Interesses nicht bestätigen. Es hat sich gezeigt, dass die emotionale und die wertbezogene Interessenskomponente stark mit der Laborvariable Verständlichkeit korrelieren. Die Variablen Herausforderung und Authentizität zeigen mit allen drei Komponenten des aktuellen Interesses in etwa einen gleich starken Zusammenhang. *Engeln* betrachtet darüber hinaus die Mittelwerte der Komponenten des aktuellen Interesses. Sie stellt dabei fest, dass die wertbezogene Komponente in der zweiten Befragung einen kleinen Anstieg erfährt. Die Mittelwerte der emotionalen und der epistemischen Komponente fallen in der zweiten Befragung jedoch geringer aus als in der ersten. Trotz der niedrigeren Mittelwerte für die beiden letztgenannten Interessenskomponenten schlussfolgert *Engeln*, dass bereits der einmalige Besuch des Schülerlabors das aktuelle Interesse der Schüler mittelfristig fördert.

***Guderian*: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte: Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik**

Die Methodik sowie die Ergebnisse der Untersuchung von *Guderian* werden nachfolgend anhand seiner Dissertationsschrift [*Guderian*, 2006] wiedergegeben:

Im Rahmen der genannten Studie wird in erster Linie die Interessensentwicklung der Fünft- und Achtklässler bei einem dreimaligen Besuch des Schülerlabors UniLab (Adlershof an der

Humboldt-Universität zu Berlin) in Abständen von fünf bis sechs Wochen erforscht. Für beide Klassenstufen wurde ein Optik-Curriculum ausgewählt, das in den 80er und 90er Jahren von der Gesamthochschule Kassel und der Humboldt-Universität zu Berlin entwickelt wurde. Dieses Curriculum gliedert sich in drei Optik-Module: Licht und Schatten, Spiegelwelt, Farben. Die Veranstaltungen für jüngere Schüler unterscheiden sich von denen der älteren durch eine Ergänzung zum Thema „Basteln einer Lochkamera“. Die Studie von *Guderian* prüft, ob die Interessensentwicklung bei den Achtklässlern durch den direkten Bezug der Laborthemen zu den Unterrichtsthemen positiv beeinflusst wird. Die Einbindung des Laborbesuches in den regulären Unterricht wurde durch die Wiederholung der im Labor gelernten Inhalte realisiert.

In Anlehnung an die Studie von *Engeln* unterscheidet *Guderian* zwischen zwei abhängigen Variablen, dem aktuellen und dem individuellen Interesse. Das aktuelle Interesse wird ebenfalls in eine emotionale, eine wertebezogene und eine epistemische Komponente unterteilt. Der von *Engeln* verwendete Fragebogen zur Erfassung des aktuellen Interesses wurde auch in der Studie von *Guderian* eingesetzt. Dabei fanden drei Befragungen direkt nach und drei unmittelbar vor dem Besuch des Schülerlabors (ab dem zweiten Besuch) statt. Der Fragebogen zur Erfassung des individuellen Interesses (aus der IPN-Interessenstudie von *Hoffmann et al.*) kam einmal vor und einmal nach der Intervention zum Einsatz.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung können zu den nachfolgenden Aussagen zusammengefasst werden: Man stellt unmittelbar nach dem Laborbesuch bei beiden Klassenstufen eine kurzfristige Steigerung der Komponenten des aktuellen Interesses fest. Danach ist jedoch ein Rückgang der Interessensausprägung zu beobachten. In Bezug auf die individuelle Interessensentwicklung an Physik ist auch nach mehrmaligen Laborbesuchen keine positive Wirkung zu verzeichnen. Die Abstimmung des Unterrichtsgeschehens mit den Laborbesuchen „[...] führt zu einer Stabilisierung der wertebezogenen und der epistemischen Komponente [...]“ und „[...] hat keinen Einfluss auf die Entwicklung der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 8. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheit“ [*Guderian*, 2006, S. 154].

***Pawek*: Schülerlabore als interessensfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe**

Die Vorstellung der Studie von *Pawek* erfolgt im Folgenden anhand seiner Dissertation [*Pawek*, 2009]:

Die Pilotstudie von *Engeln* bildet eine Grundlage für die von *Pawek* durchgeführte Untersuchung. In dieser werden Schülerlabore auf ihre Wirksamkeit in Bezug auf die Interessensförderung an Naturwissenschaften analysiert. Der Autor wählt für seine Forschung vier Labore des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt mit den Standorten in Berlin-Adlershof, Göttingen, Köln-Porz und Oberpfaffenhofen, da sich diese konzeptionell und thematisch sehr ähneln. In diesen Laboren werden experimentelle Veranstaltungen angeboten, welche die Themen wie Physik des Fliegens, regenerative Energien, Messtechniken im Verkehrswesen, Lärm und seine Kontrolle, Robotik, Satellitennavigation und –datenerfassung sowie Schwerelosigkeit behandeln. Es handelt sich dabei im Kern um relativ aufwändige Experimente.

Aus vorangegangenen Studien zur Wirksamkeit der Schülerlabore generiert *Pawek* drei Hypothesen, die durch Schülerbefragungen im Wesentlichen belegt werden:

„H1 Die Schülerlabore fördern das Interesse der Schüler, indem sie kurzfristig ein aktuelles Interesse wecken, welches längerfristig über mehrere Wochen weitgehend erhalten bleibt.

H2 Die Schülerlabore fördern das Interesse der Schüler, indem sie (zumindest) kurzfristig das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept steigern.

H3 Die Schülerlabore ändern die Sachinteressen der Schüler an den Naturwissenschaften und am Experimentieren nicht.“ [*Pawek*, 2009, S. 66-67]

Der Autor konzentriert sich in seiner Studie auf die für die Steigerung des aktuellen Interesses verantwortlichen Faktoren. Er filtert aus den Wirksamkeitsanalysen von *Engeln*, *Guderian* und *Glowinski* die personen- sowie schülerlaborbezogenen Faktoren heraus, die in den genannten Studien theoretisch abgeleitet wurden und zum Teil bereits auf Zusammenhänge überprüft wurden. Diese Faktoren werden nun differenzierter betrachtet, indem das Sachinteresse an den Naturwissenschaften in die Bereiche Naturwissenschaft und Experimentieren aufgespalten und das Fachinteresse am Fach Physik durch das Fachinteresse an den Fächern Biologie, Chemie und Mathematik ergänzt werden.

Auf der Seite der laborbezogenen Faktoren nimmt *Pawek* die bereits von *Engeln* identifizierten Faktoren wie die Authentizität, die Größe der Herausforderung, die Offenheit, die Verständlichkeit und die Qualität der Zusammenarbeit in seine Analyse auf und ergänzt diese durch die theoretisch abgeleiteten Faktoren Betreuung/ Atmosphäre, Alltagsbezug und Beteiligung der Schüler. Somit ergibt sich eine weitere Hypothese, die es für den Autor zu überprüfen gilt: „H4 Zwischen dem aktuellen Interesse der Schüler, den personenbezogenen Faktoren

und den schülerbezogenen Faktoren bestehen jeweils positive Zusammenhänge“ [Pawek, 2009, S. 69].

Für die Überprüfung der aufgestellten Forschungshypothesen werden Schüler der Jahrgänge neun bis dreizehn zu drei verschiedenen Zeitpunkten (T1-T3) befragt. Vor Beginn der Veranstaltung (T1) werden durch insgesamt 68 Fragen die schülerbezogenen Faktoren erfasst (das grundlegende Interessensprofil, das Sach- und das Fachinteresse sowie das Fähigkeitskonzept). Nach der Veranstaltung (T2) werden den Schülern 96 Fragen gestellt und zwar zu den laborbezogenen Faktoren, dem Fähigkeitskonzept, dem aktuellen Interesse sowie zu der schulischen Vorbereitung der Veranstaltung. In der letzten Befragung (T3), die in dem Zeitraum von sechs bis acht Wochen nach dem Laborbesuch stattgefunden hat, werden die schulische Nachbereitung sowie alle bisher genannten Faktoren (insgesamt 80 Fragen) nochmals erfasst, um langfristige Veränderungen aufzudecken.

Aus den Ergebnissen der Studie können in Bezug auf das aktuelle Interesse, das Fähigkeitskonzept und das Sachinteresse folgende Aussagen getroffen werden: Ausgehend von der epistemischen Komponente kann geschlussfolgert werden, dass Schülerlabore bei etwa der Hälfte der Schüler das aktuelle Interesse wecken. Betrachtet man die emotionale und die wertbezogene Komponente, sind es etwa 90 Prozent der Besucher, deren aktuelles Interesse durch einen Schülerlaborbesuch geweckt wird. Auch nach sechs bis acht Wochen ist das aktuelle Interesse immer noch vorhanden, wobei die wertbezogene Komponente konstant bleibt und die beiden anderen in ihren Ausprägungen sinken. Pawek beschreibt dies als „[...] ein leichtes Verblässen der Erinnerungen an den Laborbesuch aufgrund der vielen anderen Eindrücke, die in den folgenden Wochen auf die Schüler einwirkten.“ [Pawek, 2009, S. 99]. Hinsichtlich des Fähigkeitskonzeptes der Schüler bestätigt der Autor die von ihm aufgestellte Hypothese H2, d.h. er schlussfolgert aus seinen Ergebnissen, dass durch einen Schülerlaborbesuch das naturwissenschaftliche Fähigkeitsselbstkonzept gesteigert werden kann. Auch nach sechs bis acht Wochen ist die Steigerung im Vergleich zum Zeitpunkt T1 immer noch vorhanden. Der Faktor Sachinteresse an Naturwissenschaften bleibt unverändert, allerdings sinkt das Sachinteresse am Experimentieren zwischen den Erhebungszeitpunkten T1 und T3 geringfügig. Dieses wird vom Autor auf die zunehmende Ausdifferenzierung und Spezifizierung des Interesses oder auf die kurzfristige Befriedigung der Neugier am Experimentieren zurückgeführt. Als ein weiterer möglicher Grund wird die Vermittlung eines realistischeren Bildes vom naturwissenschaftlichen Experimentieren genannt. Die Förderung des aktuellen Interesses in verschiedenen bei der Untersuchungsauswertung gebildeten Teilgruppen (Mittelstufe und Oberstufe;

Geschlecht; Schülerlabore untereinander; Schüler mit unterschiedlichen Ausprägungen des Interesses) gelingt trotz der Unterschiede in der Ausprägung personenbezogener Variablen auf einem ähnlich hohen Niveau.

***Streller*: Förderung von Interesse an Naturwissenschaften: Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebotes**

Die Grundlage für die nachfolgend dargestellte Untersuchung der Schülerlabore bildet die Dissertationsschrift von *Streller* [2009]:

Der wesentliche Unterschied zwischen den bereits vorgestellten Studien und der genannten Untersuchung besteht in der Konzeption des zur Förderung von Interesse an Naturwissenschaften entwickelten und evaluierten außerschulischen Lernangebotes. Das Angebot von *Streller* besteht aus drei Teilkursen mit einer Gesamtdauer von 2 Jahren an denen Kinder der Berliner Grundschulen in Gruppen zu je 15 Personen fortlaufend teilnehmen. Die Veranstaltungen finden während der Schulzeit wöchentlich statt und dauern etwa 90 Minuten. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Zeitraum für die Entwicklung und Festigung des Interesses an Naturwissenschaften sowie des positiven naturwissenschaftlichen Fähigkeitsselbstkonzeptes ausreichend ist. Die Kompetenzerlebnisse der Kinder werden durch Urkunden, durch Präsentationen bei Elternabenden und sonstigen öffentlichen Veranstaltungen gefördert. Soziale Eingebundenheit wird durch feste Arbeitsgruppen, durch Selbstbestimmung und durch Realisierung eigener Ideen ermöglicht.

Die drei Lernkurse bauen aufeinander auf. Im ersten Kurs werden Kindern die Arbeitsgrundlagen, wie der Umgang mit den Messgeräten, spielerisch vermittelt; in den beiden fortgeschrittenen Kursen geht es eher darum, den Kindern die Möglichkeit zu geben selbstbestimmt vorzugehen, indem sie unter anderem eigenen Forschungsfragen nachgehen. Der thematische Schwerpunkt der naturwissenschaftlichen Kurse liegt in der Chemie. Darüber hinaus kommen in den Kursen auch physikalische Themen vor, wie die Dichte von Festkörpern und Flüssigkeiten; der Luftdruck und seine Messung; das Verhalten von Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern bei ihrer Erwärmung; die Oberflächenspannung und die Anomalie des Wassers; Aggregatzustände; Magnetismus; Elektrostatik; elektrische Leitfähigkeit von Stoffen.

Streller untersucht in ihrer Längsschnittstudie inwieweit das von ihr langfristig angelegte Lernangebot das Interesse der Kinder an Naturwissenschaften weckt und fördert. Für die Untersuchung werden unter der Berücksichtigung der Besonderheiten der Kurskonzeption wie

der Selbstbestimmung, der Kompetenzerlebnisse und der sozialen Eingebundenheit drei Hypothesen formuliert:

„Hypothese I: Mit einem wöchentlich stattfindenden, neunzigminütigen und auf zwei Jahre angelegten außerschulisch organisierten Lernangebot ist es möglich, das Interesse von Kindern an Naturwissenschaften zu fördern [...].

Hypothese II: Durch die regelmäßige Teilnahme an dem außerschulischen Lernangebot wird das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitskonzept positiv beeinflusst.

Hypothese III: Mit der Teilnahme am außerschulischen Lernangebot wird einem möglichen Interessenabfall in der Sekundarstufe I entgegengewirkt“. [*Streller*, 2000, S. 64-65].

Zur Überprüfung der Hypothesen entwickelt *Streller* ein Untersuchungsdesign, das eine Befragung der Kinder zu insgesamt sechs verschiedenen Zeitpunkten beinhaltet. Die erste Befragung dient der Erfassung der Anfangsvoraussetzungen der Kinder und wird am Anfang des ersten Kurses durchgeführt, weitere vier Befragungen finden in regelmäßigen Abständen von sechs Monaten statt. Die sechste und somit die abschließende Befragung soll zeigen, wie nachhaltig die Wirkung des Lernangebotes ist und wird daher sechs Monate nach Abschluss des Kurses angesetzt. Darüber hinaus soll durch die Bildung der Kontrollgruppe eine bessere Einschätzung der Interessensentwicklung ermöglicht werden. Die Kontrollgruppe besteht aus Kindern der Klassenstufen drei bis sechs der Berliner Grundschulen, die nicht an den Kursen beteiligt sind. Diese Kinder werden einmalig befragt.

Zur Datenerhebung setzt *Streller* einen Fragebogen ein. Dieser erfasst außer den allgemeinen Angaben der Schüler sieben weitere Variablen: Freizeitbeschäftigung mit Naturwissenschaften; Interesse an Themen bzw. an naturwissenschaftlichen Disziplinen (Biologie, Chemie, Physik/Technik); Bevorzugung der Arbeitsformen; Ausprägung des Fähigkeitsselbstkonzeptes; Einstellungen der Kinder zu den Naturwissenschaften; Lernklima im naturwissenschaftlichen Unterricht und Einschätzung der Bedeutung der Gruppenarbeit. Der Fragebogen basiert zum größten Teil auf den Items der IPN- Interessenstudie und der IGLU-E-Studie, die von der Autorin der Untersuchung ergänzt und zum Teil verändert wurden.

Streller vergleicht die erhobenen Daten der Kursteilnehmer mit den Daten der Kontrollgruppe. So zeigen sich beim thematischen Interesse nur geringfügige Unterschiede: Zu Beginn der Veranstaltung werden Themen wie „Krankheiten, Gesundheit, Ernährung“ und „Tiere“ von Acht- bis Zehnjährigen der Kontrollgruppe etwas besser bewertet als von den Teilnehmern des Kurses. Das Thema „Woraus Dinge bestehen“ schneidet in der Kontrollgruppe schlechter

ab (beide Ergebnisse könnten auf ein bereits ausgeprägtes höheres Interesse der Kursteilnehmer an Chemie als an der Biologie hindeuten). Das Thema „Wie man die Umwelt schützen kann“ trifft bei beiden Gruppen auf ein hohes Interesse. Der Vergleich des naturwissenschaftsbezogenes Fähigkeitsselbstkonzeptes zu Beginn des Angebotes zeigt, dass dieses Persönlichkeitsmerkmal von den Kursteilnehmern etwas besser eingeschätzt wird als von den Kindern der Vergleichsgruppe. Am Ende des Kurses schätzen die Teilnehmer ihre Fähigkeiten deutlich höher ein als die Kinder der Vergleichsgruppe.

Aus den Ergebnissen dieser Studie lässt sich nun zusammenfassen, dass die erste und zweite Hypothese von *Streller* bestätigt werden konnten. Um die dritte Hypothese zu erhärten, müssten die Einschätzungen des naturwissenschaftlichen Fähigkeitsselbstkonzeptes der Kinder über eine längere Zeit beobachtet werden. Insgesamt kann also anhand dieser Untersuchung bestätigt werden, dass das naturwissenschaftliche Interesse durch langfristig angelegte Lernangebote gefördert werden kann.

2.2 Konzept des Schülerlabors der Universität Siegen

Das zdi-Schülerlabor der Universität Siegen wurde im April 2010 eröffnet und gehört somit zu den jüngeren Schülerlaboren in Deutschland. Das Labor als Institution besteht aus zwei Teillaboren, dem der Physikdidaktik und dem der Chemiedidaktik. Der folgende Entwurf bezieht sich auf das Schülerlabor der Physikdidaktik. Bei der Konzeption des Labores wurden insbesondere die Empfehlungen aus den Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren berücksichtigt. Nachfolgend wird das Labor bezüglich seiner einzelnen Merkmale beschrieben.

Vernetzung mit anderen Laboren: Das zdi-Schülerlabor der Universität Siegen ist durch die landesweite zdi-Initiative (Zukunft durch Innovation) des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen entstanden. Zu den Organisatoren des Labors zählen zwei Institutionen der naturwissenschaftlich-technischen Fakultät, nämlich die Arbeitsgruppe der Physikdidaktik und die der Chemiedidaktik. Die organisatorischen Angelegenheiten, wie gemeinsame Betreuung von Schülern, die nur in größeren Gruppen anreisen können, sowie Bereitstellung von Materialien und Räumlichkeiten zur Durchführung von umfangreicheren Schülerversuchen, werden im zdi-Schülerlabor von beiden Institutionen gemeinsam bewältigt.

Festlegung der Zielgruppe: Das Labor der Physikdidaktik bietet experimentelle Übungen sowie Bastelangebote für Schüler aller Klassenstufen und aller Schulformen an. Bei der Fest-

legung der Zielgruppe wurde neben den personellen Ressourcen auch die Empfehlung aus der Wirksamkeitsanalyse von *Engeln* berücksichtigt:

„Bei der Weiterentwicklung und Neuentwicklung von Schülerlabors muss im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle darauf geachtet werden, dass alle Schularten und alle Altersstufen angesprochen werden. Insbesondere im Hinblick auf die Förderung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik ist es sinnvoll, die Primarstufe und Sekundarstufe I anzusprechen.“ [Engeln, 2004, S.138]

Ausstattung und Räumlichkeiten: Beim Besuch des Labors stehen Schülern, die im Klassenverband in Begleitung ihrer Lehrperson anreisen, die gesamten Vorlesungs- und Laborräume der Physikdidaktik zur Verfügung. Alle Räumlichkeiten werden während einer einzelnen Veranstaltung genutzt, so dass für sechs bis sieben Schüler ein ganzer Laborraum zur Verfügung steht. Am gleichen Campus befindet sich auch die Universitätssternwarte. Sie wird ebenfalls von der Arbeitsgruppe für Physikdidaktik betreut und bildet einen unabdingbaren Bestandteil des Schülerlabors, der im Rahmen von astronomischen Angeboten besichtigt wird.

Angebote: Jedes Semester werden im Schnitt fünf bis sechs Lernangebote aus dem Repertoire des Labors vorgeschlagen. Lehrpersonen finden auf der Homepage des Labors ausführliche Informationen zu den einzelnen Angeboten. In der Tab. 2.1 sind die ausgearbeiteten und erprobten Veranstaltungen in tabellarischer Form dargestellt. Auf ihre detaillierte Beschreibung und auf die der dazugehörigen Experimente, wird an dieser Stelle aus kapazitativen Gründen nicht eingegangen.

Betreuung: Die Studierenden der Physikdidaktik bilden gemeinsam mit der Autorin das Betreuungspersonal des Schülerlabors. Den Studenten kommt dabei die Rolle der Berater und Helfer beim Experimentieren und Basteln zu. Pro Veranstaltung stehen jeder Klasse etwa zehn Betreuer zur Verfügung. Die Verfasserin der Arbeit verwaltet außerdem die Anmeldungen und steht somit mit den Lehrern in einem ständigen Kontakt, sodass Lehrkräfte bei Fragen, Wünschen, Kritik und Anregungen einen festen Ansprechpartner vor Ort vorfinden.

Angebot	Klassenstufe	Stationen
Workshop „Bau eines Fernrohrs“	1-7	-
Workshop „Bau eines Elektromotors“	3-9	-
Workshop „Bau eines Schüttelgenerators“	3-9	-
Workshop „Bau eines Stirlingmotors“	10	-
Experimente aus der „KisTe“	1-3	12
Experimente zum Thema „Das magische Wasser“	2-3	10
Experimente zum Thema „Elektrizität und Energie“	4-6	11
Experimente zum Thema „Optik“	7-8	8
Experimente zum Thema „Regenerative Energien“	8-10	8

Tab. 2.1: Übersicht über die Angebote des Schülerlabors der Universität Siegen Stand 2011.

Besonderheiten: Zu den Besonderheiten des Schülerlabors der Physikdidaktik zählen die Universitätssternwarte und die durch die Mitarbeiter der Arbeitsgruppe für Physikdidaktik entwickelten Bastelangebote (z.B. Workshop „Bau eines Elektromotors“). Die Sternwarte ermöglicht Einblicke in die Arbeitsweisen eines Astronomen bzw. eines Astrophysikers. Die Bastelangebote sollen durch eine hohe Schüleraktivität ein besseres praktisches sowie technisches Verständnis hervorbringen.

Das Stationenlernen als Arbeitsmethode im Rahmen von experimentellen Veranstaltungen fördert die Eigenständigkeit der Schüler und die handlungsorientierte sowie forschend-entdeckende Vorgehensweise der Lernenden. Das gemeinsame Lernen steht bei jeder Veranstaltung im Vordergrund: Schüler, Studenten, Lehrer, Doktoranden und Professoren kommen während der Veranstaltungen zusammen und profitieren von den Begegnungen im Rahmen des Labors.

Vernetzung mit der Lehramtsaus- sowie -weiterbildung: Im Kapitel „Defizite und Entwicklungsperspektiven von Schülerlabors“ der Wirksamkeitsanalyse von *Engeln* gibt die Autorin Ratschläge zur Vernetzung von Schülerlaboren mit anderen Veranstaltungen wie etwa mit Seminaren für Lehramtsstudierende und Lehrer:

„Die einzelnen Schülerlabors sind in vielen Fällen nur unzureichend untereinander, mit dem regulären Unterricht, der Lehreraus- und -weiterbildung und der Fachdidaktik vernetzt. Viele Initiativen nehmen so die Möglichkeit nicht wahr, voneinander zu lernen und konzeptionelle und organisatorische Fragen gemeinsam zu klären. Eine Vernetzung bewirkt, dass die Initiativen in

ihrer Sichtbarkeit und Wirksamkeit gestärkt werden und ihr Profil im Gesamtkontext des Bildungssystems ausschärfen.“ [Engeln, 2004, S. 138]

Diese Ratschläge wurden im Schülerlabor Siegen wie folgt berücksichtigt: Wie bereits beschrieben, nehmen Studierende der Lehramtsstudiengänge im Rahmen von Praxisphasen verstärkt an der Durchführung der Veranstaltungen als Betreuer teil. Dadurch üben sie den Umgang mit Schülern, sie lernen verschiedene Experimente und Bastelangebote kennen und verinnerlichen die Bedeutung von außerschulischen Lernorten, insbesondere die der Schülerlabore. Das Schülerlabor der Universität Siegen bildet außerdem einen festen Bestandteil einer Weiterbildungsmaßnahme für Sachunterrichtslehrer namens QUASAR (Qualifizierungserweiterung von Sachunterrichtslehrer im MINT-Bereich in der Region Siegen-Wittgenstein). Diese wird von Instituten für Physik- und Chemiedidaktik gemeinsam organisiert. Dabei wird das Schülerlabor als eine Möglichkeit zur Förderung von Interesse an Naturwissenschaften und Technik vorgestellt. Darüber hinaus sollen die an der Weiterbildung teilnehmenden Lehrer einen Besuch im Schülerlabor wahrnehmen. Auf diese Weise findet eine Einführung in die Tätigkeit des Labors statt, verknüpft mit der Hoffnung, dass Lehrpersonen die Angebote des Labors regelmäßig nutzen. Die Möglichkeiten der Vor- und Nachbereitung eines solchen Besuchs werden in der Weiterbildung ebenfalls ausführlich thematisiert.

Vernetzung mit dem regulären Unterricht: Mit der curricularen Abstimmung des Laborbesuches und ihrer Auswirkung auf das aktuelle Interesse der Schüler beschäftigte sich *Guderian* in der bereits vorgestellten Untersuchung. Der Autor stellte diesbezüglich fest:

„Schüler schätzten den Wert des außerschulischen Lernortes nicht schlechter ein und wiesen den Schülerlaborbesuchen keine emotional schwächere Bindung auf, wenn dort Themen und Ansätze des Schulunterrichts aufgegriffen wurden.“ [Guderian, 2006, S. 153]

Obwohl *Guderian* vor den Verallgemeinerungen warnt, da die Ergebnisse sich auf eine ganz bestimmte Altersstufe und ein bestimmtes Labor beziehen, zieht er trotzdem die Schlussfolgerung:

„Sowohl die Herangehensweise der vorliegenden Untersuchung als auch die Vorschläge von Orion (1993) machen deutlich, dass es unbedingt notwendig ist, dass der Besuch des außerschulischen Lernorts inhaltlich zum Unterricht passt. Eine vom Unterricht abgelöste Ausflugsveranstaltung ohne jeglichen Bezug zu den momentan gelernten Inhalten scheint daher ineffektiv und im Hinblick auf eine nachhaltige Interessenentwicklung wirkungslos. Dies sollten Lehrer und Betreiber von außerschulischen Lernorten zum Anlass nehmen, ihre Bildungsabsichten stärker

miteinander abzustimmen und Anstrengungen zu unternehmen, eine möglichst enge Verknüpfung herzustellen“. [Guderian, 2006, S.169]

Angespornt von dieser Empfehlung legt das Schülerlabor der Universität Siegen einen großen Wert darauf, dass die Angebote mit dem Schulcurriculum der jeweiligen Altersstufe kompatibel sind. Die entwickelten Angebote werden für die Klassenstufen ausgeschrieben, für die das jeweilige Themengebiet vom Kernlehrplan NRW vorgesehen ist.

Die Umsetzung einer erfolgreichen Nachbereitung beruht auf drei Grundideen: Zum einen bearbeiten Schüler im Laufe der Veranstaltung Auswertungsbögen, die sie mitnehmen und die im Unterricht aufgegriffen werden sollen. Zum anderen erhalten sie am Ende der Veranstaltung eine kleine Hausaufgabe. So sollen Grundschulkinder nach der Veranstaltung „Bau eines Fernrohrs“ den Mond einen Monat lang beobachten und die Beobachtungen auf einem ausgeteilten Bogen zeichnerisch festhalten. Darüber hinaus bekommen Schüler die von ihnen erarbeiteten/ gebauten Materialien mit nach Hause, sie nehmen also das von ihnen gebastelte Fernrohr, den Elektromotor, den Schüttelgenerator usw. aus dem Labor mit und können damit weiter experimentieren.

Stärken und Schwächen des Labors: Eine Schwäche des Schülerlabors ist die fehlende Möglichkeit des Einblickes in die aktuelle physikalische Forschung in Form von Führungen durch die Physikforschungslabore (so wie es bei anderen Schülerlaboren praktiziert wird). Diese Schwäche wird aber, zumindest bei einigen Veranstaltungen, durch die Führungen an der Sternwarte kompensiert. Da astronomische Themen erfahrungsgemäß zu den interessantesten Themen des Physikunterrichtes gehören, löst die Besichtigung der Sternwarte bei den meisten Schülern Begeisterung aus.

Engeln fordert im Rahmen ihrer Arbeit eine bessere Zusammenarbeit zwischen der Fachdidaktik und den Laboren:

„In vielen Fällen besteht keine enge Zusammenarbeit zwischen den Schülerlabors und der Fachdidaktik. Eine solche käme beiden Seiten zugute. Die didaktische Reflexion von Lehr- und Lernprozessen wäre u.a. geeignet, eine stärkere Abstimmung zwischen den übergreifenden Projektzielen und einzelnen Verfahren oder Methoden herzustellen. Der Austausch mit der Praxis und der Ideenreichtum der Schülerlabors könnten der Fachdidaktik Zugänge zu Lehr- und Lernformen erschließen, die bisher vernachlässigt worden sind. Die Initiativen könnten als Praxisfeld verstanden werden, das für die Erprobung und Weiterentwicklung neuartiger Lehr- Lernformen nutzbar ist.“ [Engeln, 2004, S. 139]

Die Empfehlung von *Engeln* wird im Schülerlabor Siegen, wie die vorgestellten Überlegungen zum Schülerlaborkonzept zeigen, im vollen Maße umgesetzt. In dem oben aufgeführten Zitat spricht *Engeln* außerdem von den im Unterricht vernachlässigten Lehr- und Lernformen, die im Schülerlabor aufgegriffen werden können. Zu einer dieser Lernformen im Schülerlabor Siegen gehört die handwerkliche Betätigung der Schüler. Diese Lernform findet in den Schulen, insbesondere an Gymnasien und Gesamtschulen, nur noch vereinzelt statt. Ein weiterer Grund sich für diese Lernform einzusetzen besteht darin, dass Kinder und Jugendliche heutzutage auch in ihrer Freizeit immer seltener handwerklich tätig werden.

Darüber hinaus betont *Engeln* in ihrer Wirksamkeitsanalyse die Bedeutung der Laborvariable Verständlichkeit:

„Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Einfluss der untersuchten Laborvariablen auf das aktuelle Interesse in den beiden Gruppen unterschiedlich ist. Dies bestätigt die grundlegende Überlegung der ATI- Forschung, dass die Merkmale einer Lernumgebung in komplexer Weise mit den Persönlichkeitsmerkmalen der Lernenden interagieren. In der Gruppe der Schülerinnen und Schüler mit niedrigem Sachinteresse ist insbesondere die Variable „Verständlichkeit“ von Bedeutung.“ [*Engeln*, 2004, S.113].

Die Angebote des Schülerlabors der Universität Siegen werden von Fachdidaktikern entwickelt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die didaktischen Aspekte wie Verständlichkeit der Experimentieranleitung, klare Einordnung des Experimentes in die Thematik und Entwicklung von Karteikarten zur Sicherung der Ergebnisse bei der Vorbereitung der Angebote im Vordergrund stehen.

2.3 Zusammenfassung und Formulierung der Thesen

Die im ersten Teil des Kapitels vorgestellten Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren zeigen, dass ein Schülerlaborbesuch mit einem hohen aktuellen Interesse seitens der Schüler einhergeht, unabhängig davon, welche Themen behandelt werden. Daher vermutet *Guderian*:

„Trotz der großen Diversität der Schülerlaborszene bzw. der außerschulischen Lernorte im Allgemeinen sind Gemeinsamkeiten zu erkennen, die es zulassen, dass sich die Ergebnisse dieser Untersuchung übertragen lassen. Vorausgesetzt, dass sie eine gute Instruktionsqualität bieten, haben alle außerschulischen Lernorte gemein, dass sie Schülern die Gelegenheit geben, sich in informell gestalteten Umgebungen abseits von Zwängen der Schule mit Phänomenen der Naturwissenschaften zu beschäftigen. [...] Vor diesem Hintergrund kann vermutet werden, dass

die Lernorte das Interesse, ungeachtet ihrer konzeptionellen Unterschiede, ähnlich beeinflussen.“ [Guderian, 2006, S. 171]

Bei der Konzeption des Schülerlabors der Physikdidaktik der Universität Siegen waren die Befunde der Wirksamkeitsanalysen insbesondere für die Punkte „Festlegung der Zielgruppe“, „Vernetzung mit dem regulären Unterricht/Lehramtsaus- sowie –weiterbildung“, sowie „Vernetzung untereinander und mit der Fachdidaktik“ wegweisend. So konnte ein Konzept erarbeitet werden, das den Ergebnissen der aktuellen Forschung entspricht und dadurch die Effektivität des Labors sichert. Jedoch muss beachtet werden, dass es sich bei der beschriebenen Konzeption um einen Entwurf handelt, der sich im Laufe der Zeit weiterentwickeln soll, um die Schwächen des Labors zu beheben und die Stärken zur Geltung zu bringen.

Auf der Grundlage der Forschungsergebnisse lässt sich für das Schülerlabor der Universität Siegen das folgende Vorhaben formulieren: *Von einer allgemeinen positiven Wirkung des Schülerlabors der Universität Siegen auf die Schüler und ihr aktuelles Interesse kann ausgegangen werden. Die Erarbeitung eines thematischen Schwerpunktes stellt das primäre Ziel bei der Weiterentwicklung des Labors dar. Dieser thematische Schwerpunkt sollte Schüler aller Altersstufen einbeziehen, in der Hoffnung, dass sich aus dieser Thematik ein interessanter Kontext zum Lernen der Physik ergibt, der sich durch die ganze Schullaufbahn zieht und so nachhaltig die Entwicklung des Interesses an Physik und Naturwissenschaften positiv beeinflusst.*

3 Interesse als psychologisch-pädagogisches Konstrukt

Interesse ist eine äußerst wichtige Grundlage für Bildungsprozesse. Alles deutet darauf hin, dass Interesse die Qualität des Lernens fördert. Doch nicht nur im Rahmen der Schule ist Interesse von Bedeutung. Es spielt auch dann eine Rolle, wenn es um das lebenslange Lernen geht, also das Lernen nach der Schullaufbahn. [Krapp, 1992a]

In diesem Kapitel werden Methoden, Instrumente sowie Ergebnisse von Studien zum Interesse an physikalisch-technischen Themen vorgestellt. Diese Untersuchungen bilden eine Validierungsgrundlage für eine Interessensbefragung im Rahmen des Schülerlabors. Zuerst werden Studien betrachtet, die das Interesse der Primarstufenkinder an physikalisch-technischen Themen untersuchen. Dazu gehören die Arbeiten von *Hansen* und *Klinger* [1997,1998] sowie von *Roßberger* und *Hartinger* [2000]. Die Studien, die das Interesse an biologischen, chemischen und weiteren Themenbereichen des Sachunterrichtes erforschen, werden hier nicht erörtert.

Nicht nur das Interesse der Kinder, sondern auch das der Jugendlichen ist von großer Bedeutung. Einige der Studien, die das Interesse der Schüler der Sekundarstufe I untersuchen, werden daher in einem gesonderten Abschnitt des Kapitels vorgestellt. Hierzu gehören die Untersuchungen von *Hoffmann et al.* [1998], *Häußler et al.* [1996], sowie die Arbeit von *Muckenfuß* [1995].

Zuerst wird jedoch thematisiert, was man unter Interesse versteht und wie sich dieses entwickelt. Die Theorien von *Prenzel*, *Krapp* und *Schiefele* [z.B. 1986] sowie von *Todt* [1990] stellen hierfür eine wichtige Grundlage dar. Darüber hinaus wird auf den negativen Entwicklungstrend im Bereich der schulischen Interessen eingegangen. Die Arbeit von *Daniels* [2008] erörtert dabei verschiedene Erklärungsansätze. Am Ende des Kapitels werden Thesen formuliert. Diese bilden ein Fundament für die Arbeitshypothesen im Rahmen der eigenen Befragung. Diese Hypothesen werden jedoch erst im darauffolgenden Kapitel ausgearbeitet.

3.1 Was versteht man unter Interesse?

Parallel zu den psychologischen Konstrukten Motivation, Aufmerksamkeit, Einstellung und Neugier gewinnt das Konstrukt des Interesses in der pädagogischen Psychologie in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung. Insbesondere dann, wenn es um die Faktoren des

erfolgreichen schulischen Lernens oder um das Berufswahlverhalten junger Erwachsener geht, liefert die Motivationstheorie allein, aber auch in Verbindung mit den oben erwähnten Konstrukten, keine zufriedenstellenden Erklärungen. Dies liegt insbesondere an den fehlenden Erklärungsansätzen für die gegenstands- bzw. themenbezogenen Aspekte der Motivation, z.B. die Motivation sich mit naturwissenschaftlichen, anstatt sozialwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen. [Krapp, 1992a]

Es existieren viele Ansätze, die das Phänomen „Interesse“ beschreiben. Im Rahmen dieser Arbeit näherte ich mich der Fragestellung „Was ist Interesse?“ durch die Betrachtungen des im deutschsprachigen Raum bekannten Ansatzes von *Prenzel, Krapp* und *Schiefele*, der als Pädagogische Interessentheorie bezeichnet wird [z.B. *Prenzel, Krapp* und *Schiefele*, 1986 oder *Krapp*, 1992b]. Der Ansatz von *Todt* [1990] soll die Erläuterung des Interessenskonstrukts vervollständigen.

Die Vertreter der pädagogischen Interessentheorie definieren Interesse als eine Relation zwischen einer Person und einem Gegenstand. Jedoch handelt es sich bei dem Begriff Gegenstand weniger um ein bestimmtes Objekt, sondern vielmehr um einen Themenbereich, der sich von anderen Themenbereichen abgrenzt. [*Prenzel, Krapp* und *Schiefele*, 1986]

Es wird zwischen zwei Aspekten einer solchen Relation unterschieden: Der erste Aspekt kann als eine Person-Gegenstands-Beziehung bzw. als situationales Interesse oder auch als Interessantheit bezeichnet werden und bedeutet eine situationsspezifische Auseinandersetzung der Person mit einem Gegenstand. Den zweiten Aspekt bezeichnet man als einen Person-Gegenstand-Bezug bzw. als individuelles oder als persönliches Interesse. Es handelt sich dabei um eine situationsübergreifende und über einen längeren Zeitraum anhaltende Gegenstandsauseinandersetzung, die latent vorhanden ist. [*Prenzel, Krapp* und *Schiefele*, 1986; *Krapp*, 1992a]

Das situationale sowie das individuelle Interesse werden also als zwei Komponenten eines Konstrukts verstanden. Beide Komponenten stehen in einer Wechselwirkung zueinander. Das Zustandekommen der beiden Komponenten des Interesses sowie ihre Wechselwirkungen werden durch die Abb. 3.1 sowie durch das Zitat von *Krapp* verdeutlicht:

„Das situationale Interesse ist nicht vom Vorhandensein einer dispositionalen Präferenz für einen bestimmten Gegenstand abhängig. Interessantheit als objektivierbarer Sachverhalt einer Situation oder eines (Lern-) Gegenstandes bewirkt auf Seiten des Individuums einen Zustand der intensivierte Zuwendung, den wir [...] als „*situationales Interesse*“ bezeichnen wollen. [...]

Darüber hinaus stehen situationale Interessen häufig am Anfang einer längerfristigen Entwicklung, aus der inhaltsspezifische (individuelle) Interessen hervorgehen können.“ [Krapp, 1992a, S. 14]

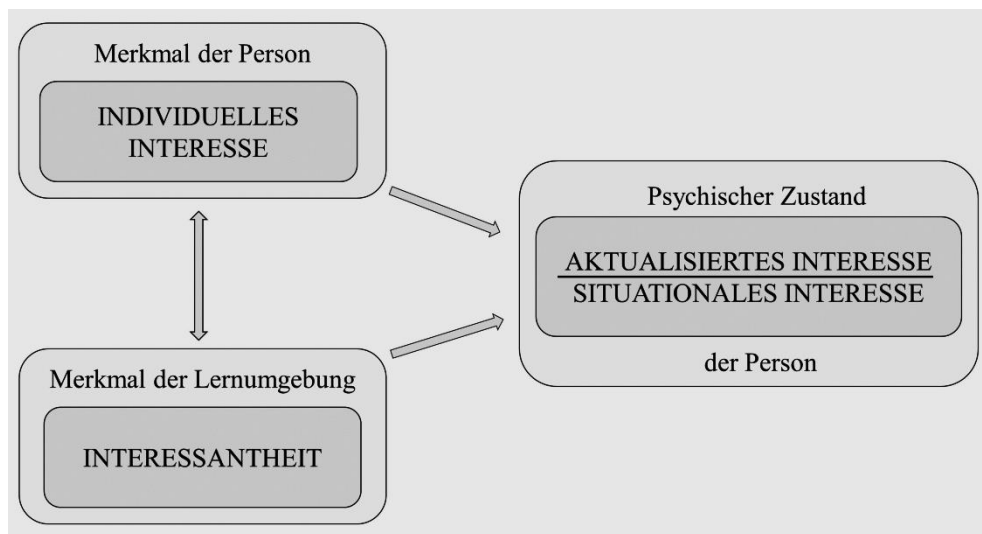


Abb. 3.1: Struktur des Interessenskonstruktes von Krapp (nach Krapp [1992a, S. 15]).

Darüber hinaus besitzt das Konstrukt des Interesses eine kognitive, eine emotionale sowie eine wertbezogene Komponente: Im kognitiven Bereich zeichnet sich die Auseinandersetzung mit dem Interessensgegenstand durch hohe Komplexität und ein umfangreiches Handlungsrepertoire aus. Im emotionalen Bereich wird die Gegenstandsauseinandersetzung durch positive Gefühle und Flow-Erlebnisse begleitet. Die Selbstintentionalität ist ein wesentliches Merkmal auf der Ebene der Werte und bedeutet, dass die Beschäftigung mit dem Interessensgegenstand als wertvoll empfunden wird und daher selbstintentional ist. [Prenzel, Krapp und Schiefele, 1986]

Wie die kognitiven, emotionalen und wertbezogenen Komponenten jedoch zusammenhängen und wie es zur Festigung der Gegenstandsauseinandersetzungen bzw. des Interesses kommt, beschreibt das von Prenzel erarbeitete Wirkungsmodell. In der Abb. 3.2 ist dieses Modell schematisch dargestellt: Die unabhängigen Variablen sind in diesem Modell die oben beschriebenen kognitiven, emotionalen und wertbezogenen Effekte. Den wertbezogenen Effekten wird hier eine Steuerungsfunktion zugeschrieben. Dabei unterscheidet man zwischen der bewussten und unbewussten Steuerungsart: Eine unbewusste Steuerung bzw. Äquilibration beinhaltet nach Piaget die Notwendigkeit ein Gleichgewicht zwischen der Person und der Umwelt herzustellen. Eine bewusste Steuerung wird durch Werte und Intentionen veranlasst. Beide Steuerungsarten funktionieren nach dem gleichen Prinzip, sie greifen die Effekte auf

emotionalen und kognitiven Ebenen auf. Fallen diese positiv aus, kommt es zu einer Gegenstandsauseinandersetzung. [Prenzel, Krapp und Schiefele, 1986; Prenzel, 1988]

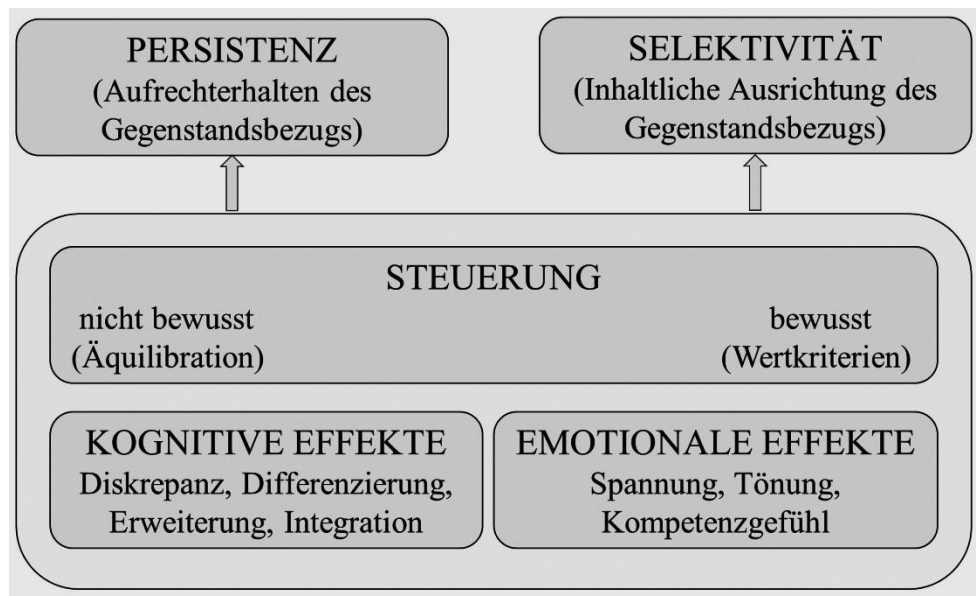


Abb. 3.2: Die Variablenstruktur des Wirkungsmodells (nach Prenzel, Krapp und Schiefele, [1986, S. 169]).

Die abhängigen Variablen sind nach diesem Modell die Persistenz und die Selektivität. Sie werden wie folgt definiert:

„Als Persistenz definieren wir das Aufrechterhalten von Auseinandersetzungen bzw. das wiederholte Inbeziehung-Treten mit einem Gegenstand über einen längeren Zeitraum. Persistenz bezeichnet die Entwicklung eines überdauernden Bezugs zwischen Person und Gegenstand. Die mit der Entwicklung dieses Bezugs verbundene Bildung von Schwerpunkten der Auseinandersetzung und spezifische Einengung des Gegenstandes definieren wir als Selektivität.“ [Prenzel, 1988, S. 139]

Mit Hilfe des vorgestellten Modells können also Aussagen über die Wirkungen der kognitiven, emotionalen und wertbezogenen Effekte auf die Festigung des Interesses getroffen werden: Kommt es bei der Auseinandersetzung mit einem Gegenstand auf der emotionalen Ebene zu positiven Gefühlen oder einem Kompetenzerleben, so wird die Persistenz gefördert. Bleiben die positiven Gefühle aus, so wird die Persistenz beeinträchtigt. In der gleichen Weise wirken sich auch kognitive Effekte auf die Förderung bzw. Beeinträchtigung der Persistenz sowie auf die Selektivität aus. [Prenzel, Krapp und Schiefele, 1986]

Neben der pädagogischen Interessenstheorie, die die Wirkungsweise von Interesse beschreibt und zwei Komponenten des Interesses beinhaltet, gibt es auch Theorien, die besagen, dass

man zwischen Interessen betreffend verschiedene Lebensbereiche unterscheiden sollte. Dazu gehört auch die Theorie von *Todt*. Der Autor befragt Studierende unter anderem zu ihren Konnotationen bezüglich der Lebensbereiche Schule, Beruf und Freizeit. Er stellt dabei fest, dass Studenten den Begriff Beruf mit Leistung, Pflicht, Anpassung, Prestige usw. in Verbindung bringen. Im Gegensatz dazu wird der Lebensbereich Freizeit unter anderem durch Selbstbestimmung, kreative Tätigkeit, frei vom Zwang beschrieben. Die Schule assoziiert sich bei vielen mit Leistungsdruck, Fremdbestimmung, Vorbereitung auf die Zukunft und Erfolg. Aus den vorgefundenen Unterschieden bei der Beschreibung dieser Lebensbereiche schließt *Todt* auch auf die Existenz der unterschiedlichen an diese Lebensbereiche anknüpfenden Interessen. In seiner Interessentheorie unterscheidet er daher zwischen den Interessen in der Freizeit, in der Schule und im Beruf, deren Entwicklung daher auch gesondert betrachtet werden soll. [*Todt*, 1990]

Die Ansicht von *Todt* veranlasst dazu, schulische Interessen der Kinder und Jugendlichen von ihren Freizeitinteressen zu trennen. Die Hypothese von *Todt* wird durch die Ergebnisse anderer Wissenschaftler bestätigt. So kommt *Fölling-Albers* [1995] zum Schluss, dass Grundschul Kinder ihre Freizeitinteressen von den schulischen Inhalten deutlich trennen. Nur wenige Kinder der ersten und der zweiten Klasse zählen Themen der Unterrichtsfächer wie Deutsch und Mathematik zu ihren Interessen. Es wird deutlich, dass Interessen der Kinder im Unterricht kaum berücksichtigt werden:

„Es stellte sich heraus, daß es keinerlei Übereinstimmungen zwischen den Heimat- und Sachkunde-Themen und den individuellen Interessen der Kinder gab. Zum Teil konnten die Kinder nicht einmal das aktuell behandelte Sachkunde-Thema benennen.“ [*Fölling-Albers*, 1995, S. 25]

3.2 Entwicklung von Interesse

Neben den Arbeiten, die die Entstehungsmechanismen von Interesse sowie Interessen in unterschiedlichen Lebensbereichen betrachten, existieren auch zahlreiche Untersuchungen, die sich mit der Entwicklung des Interesses beschäftigen. Einzelne dieser Arbeiten werden im Folgenden vorgestellt.

In den Arbeiten von *Piaget* findet man folgende Beobachtungsergebnisse zur Entwicklung von Interesse: Schon in der frühen Kindheit wendet das Kind seine Aufmerksamkeit den Gegenständen und Personen der Umgebung zu. Später wird die Umgebung aktiv untersucht, in dem das Kind aus eigenem Anlass die Gegenstände seiner Umwelt manipuliert und mit diesen experimentiert. In dieser Entwicklungsphase kann man natürlich noch nicht von einem Inte-

resse im Sinne der Jugendlichen oder Erwachsenen sprechen, jedoch geben diese Beobachtungen den Anlass dazu, bereits in diesem Alter von den vorläufigen Formen des Interesses zu reden. [Piaget, 1969, 1974, 1981 zitiert nach Prenzel, Lankes und Minsel, 2000]

Hartinger und Fölling-Albers [2002] geben einen ausführlichen Überblick über die Studien zur Entwicklung des Interesses bei Kindern. Die aktuelle Forschungssituation kann durch folgende Aussagen beschrieben werden: Bei den Kindern eines jüngeren Alters kann man noch nicht von Interessen im Sinne des individuellen Interesses sprechen, sondern nur von bevorzugten Tätigkeiten oder Gegenständen [Kasten und Krapp, 1986; Fink, 1992; Kasten, 1991; zitiert nach Hartinger und Fölling-Albers, 2002]. Fink spricht dabei von „interessensorientierten Person-Gegenstands-Beziehungen“ und unterscheidet zwischen einfachen und komplexen Beziehungen; die komplexeren grenzen sich dabei von den einfachen dadurch ab, dass die Beziehungen differenzierter geworden sind [Fink, 1992; zitiert nach Hartinger und Fölling-Albers, 2002]. Im Gegensatz dazu wird in den Aufsätzen von Wieder [1999] und Vogt, Wieder, Schwaab [2000] die Meinung vertreten, dass man bereits bei Vorschulkindern von Interessen im Sinne der pädagogischen Theorie sprechen kann. Wieder [1999] ist der Meinung, dass es den Kindern, die bereits in der Vorschule ein definiertes Interesse ausgebildet haben, viel einfacher gelingt neue Interessen in der Grundschule und in der Sekundarstufe I aufzubauen. Kasten und Krapp stellten darüber hinaus fest, dass die Übereinstimmung zwischen familiären Bedingungen wie Erziehungsstil mit denen im Kindergarten eine günstige Voraussetzung für die Interessensentwicklung darstellt [Kasten und Krapp, 1986; zitiert nach Hartinger und Fölling-Albers, 2002].

Todt [1987] beschreibt die einzelnen Stufen der Entwicklung von Interesse wie folgt: In der ersten Phase bilden sich die „universellen Interessen“ im Sinne von Travers aus. Dieser Abschnitt wird dadurch charakterisiert, dass alle Kinder Annäherungsaktivitäten unternehmen, um Gegenstände und Personen in ihrer Umgebung zu erforschen. Damit suchen Kinder nach Strukturen in der physikalischen und sozialen Umwelt. In der zweiten Phase bilden sich die „kollektiven Interessen“ aus. Hier findet die Geschlechterrollenentwicklung des Kindes statt. Das Kind passt seine Aktivitäten dem Geschlechterrollenverhalten an. So differenzieren sich aus den „universellen Interessen“ die ersten „kollektiven Interessen“ des Kindes aus. In der nächsten Entwicklungsstufe bilden sich die „allgemeinen Interessen“, nämlich die Interessen, die sich mit den einzelnen Aspekten des Selbstkonzeptes wie der sozialen Zugehörigkeit und den Fähigkeiten des Kindes vereinbaren lassen. In der vierten und letzten Stufe werden die „allgemeinen Interessen“ zu den „spezifischen Interessen“. Die letzten entstehen im Rahmen

von folgenden Prozessen: Sind bestimmte Aktivitäten erfolgreich verlaufen, so werden sie von den positiven Gefühlen der eigenen Fähigkeit begleitet. Der Jugendliche erwartet in der Zukunft von ähnlichen Aktivitäten den gleichen Erfolg und wendet sich demnach auch solchen wieder zu. [Todt, 1987]

3.3 Erklärungsansätze für die Abnahme von schulischen Interessen

Die Abnahme des Interesses an den naturwissenschaftlichen Schulfächern im Verlauf der Sekundarstufe I wird in zahlreichen Untersuchungen bestätigt: So kommt z. B. *Gardner* aufgrund von Interessensberichten aus insgesamt 20 Ländern zu diesem Schluss. Er stellt darüber hinaus fest, dass das Schülerinteresse an naturwissenschaftlichen und technischen Fächern im Laufe der Sekundarstufe I stärker abnimmt als das Interesse an anderen Schulfächern. [*Gardner*, 1987] Auch *Todt* kommt aufgrund der Ergebnisse seiner Studie zum gleichen Ergebnis [*Todt*, 1987].

Viele Forscher suchen nach Ansätzen, die den beschriebenen Entwicklungstrend erklären könnten. *Daniels* [2008] fasst die Thesen aus den einzelnen Forschungsarbeiten zu einer Theorie zusammen und überprüft diese anhand empirischer Daten. Ihre Arbeit basiert auf der Grundlage der Daten aus der BIJU-Studie (Bildungsprozesse und psychosoziale Entwicklung im Jugendalter und jungen Erwachsenenalter). Hierbei handelt es sich um ein gemeinsames Projekt des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung in Berlin und des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. In der Studie wurden drei Forschungsprojekte hinsichtlich der Bildungssituation in Deutschland festgelegt: Eines davon elaboriert *Daniels* und erforscht die psychosoziale Entwicklung der Schüler, genau genommen die Entwicklung ihrer individuellen fachspezifischen Interessen. Im Folgenden werden Ergebnisse dieser Untersuchung basierend auf der Dissertationsschrift von *Daniels* [2008] beschrieben:

Die Autorin unterscheidet zwischen drei Faktoren, die eine Interessensabnahme bedingen könnten, nämlich zwischen den entwicklungs- und den unterrichtspsychologischen Faktoren sowie den durch Interessensdifferenzierung bedingten Gründen. Auf der Ebene des entwicklungspsychologischen Ansatzes identifiziert die Autorin folgende mögliche Effekte: Differenzierung des fachspezifischen Selbstkonzeptes, verstärktes geschlechtsspezifisches Rollenverhalten, intensivere Kontakte mit Gleichaltrigen, Veränderung der Freizeitinteressen und Unterstützung durch das Elternhaus. In wie weit die beschriebenen Effekte für die Abnahme der Interessen verantwortlich sein könnten, wurde von der Autorin empirisch geprüft.

Es wurde ein Zusammenhang zwischen der Interessensabnahme und den Variablen „fachspezifisches Fähigkeitskonzept“ und „Unterstützung durch das Elternhaus“ gefunden. In den Fächern Mathematik und Physik ist der Einfluss des fachspezifischen Selbstkonzeptes viel stärker ausgeprägt als bei den anderen Fächern: Die Abnahme des fachspezifischen Selbstkonzeptes sowie die des Interesses verlaufen parallel zueinander. Daher schlussfolgert *Daniels*, dass die Abnahme des Interesses an Physik und Mathematik bei der Mehrheit der Schüler auf die Abnahme des fachspezifischen Selbstkonzeptes zurückzuführen sei. Viel relevanter für Mathematik und Physik als für die anderen Schulfächer ist auch die Unterstützung der Eltern. Im Gegensatz dazu wurden keine Zusammenhänge zwischen der Interessensabnahme und den Variablen „verstärktes geschlechtsspezifisches Rollenverhalten“, „veränderte Freizeitinteressen“ und „Bedeutung der Gleichaltrigen“ gefunden. Der fehlende Zusammenhang zwischen den veränderten Freizeitinteressen und der Abnahme schulischer Interessen überrascht, kann jedoch darauf zurückgeführt werden, dass nur bildungsrelevante Freizeitinteressen wie das Spielen eines Musikinstrumentes, untersucht wurden.

Der unterrichtspsychologische Erklärungsansatz von *Daniels* basiert auf der Selbstbestimmungstheorie. In dieser Theorie bilden die Bedürfnisse nach Kompetenz und Selbstbestimmung die Grundbausteine für die Entstehung der intrinsischen Motivation sowie des Interesses [*Deci und Ryan, 1993*]. Hieraus leitete *Daniels* folgende unterrichtsbezogene Variablen ab: Auf der Ebene des Kompetenzerlebnisses ist die Strukturierung des Unterrichtes und das Unterrichtstempo von großer Bedeutung - auf der des Selbstkonzeptes und der Selbstwirksamkeit die angemessene Instruktion und die intraindividuelle Rückmeldung. Als einen wichtigen Aspekt der sozialen Eingebundenheit des Schülers sieht die Autorin die soziale Orientierung der Lehrkraft - bei der Autonomieentwicklung die Aktivierung eigenständiger kognitiver Prozesse sowie die Wahlmöglichkeiten.

Der Einfluss unterrichtsrelevanter Variablen auf die Interessensentwicklung wurde anhand der Zusammenhänge zwischen den unterrichtsbezogenen Schülerbewertungen und dem Interesse am Fach Mathematik geprüft. Bei der Auswertung konnte ein Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung der oben genannten Unterrichtsmerkmale und der Entwicklung des Interesses festgestellt werden. Es gibt jedoch Unterschiede in der Wirkung der Variablen: So wird z.B. von leistungsschwächeren Schülern ein stark strukturierter Unterricht bevorzugt.

Der Ansatz der Interessensdifferenzierung geht von dem bereits geschilderten Interessensentwicklungsmodell nach *Todt* aus. Dieses besagt, dass sich Interessen aus einer allgemeinen Interessiertheit durch die Orientierung am Fähigkeitsselbstkonzept ausbilden. Die Ausrich-

tung am Selbstkonzept wird durch das „internal/external frame of reference“-Modell von *Marsh* erläutert: Hiernach entwickelt sich das Fähigkeitsselbstkonzept einer Person durch zwei Vergleichsmechanismen, nämlich durch den interindividuellen bzw. sozialen sowie durch den intraindividuellen Vergleichsvorgang. Bei dem ersten vergleicht eine Person ihre Fähigkeiten mit den Fähigkeiten anderer Personen im selben Bereich, beim zweiten findet ein Vergleich der eigenen Fähigkeit in mehreren Bereichen statt. Ein positiver interindividueller Vergleich führt demnach zu einem höheren Selbstkonzept in einem bestimmten Schulfach, ein positiver intraindividueller Vergleich zu einem geringeren Selbstkonzept in einem anderen Fach. [*Marsh*, 1986, 1990; zitiert nach *Daniels*, 2008] *Daniels* bestätigte durch ihre Untersuchung den Einfluss der inter- sowie der intraindividuellen Vergleiche auf die Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzeptes und somit auf die des Interesses.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Interessensentwicklung einen komplexen Vorgang der Persönlichkeitsentwicklung darstellt. Die unterschiedlichen entwicklungspsychologischen Faktoren wie Unterstützung durch das Elternhaus oder das Fähigkeitsselbstkonzept beeinflussen diesen Vorgang. Die inter- bzw. die intraindividuellen Vergleiche führen ihrerseits zur Entwicklung des Selbstkonzeptes. Fallen diese für ein Schulfach wie Mathematik oder Physik positiv aus, so bestärkt dies auch die positive Interessensentwicklung in diesem Fach. Da die unterrichtsbezogenen Variablen die intraindividuellen Vergleiche suggerieren, sind sie für die Interessensentwicklung von primärer Bedeutung. Diese sowie andere Faktoren könnten somit für den festgestellten negativen Entwicklungstrend in den naturwissenschaftlichen Fächern verantwortlich sein. Auf der Seite der unterrichtsbezogenen Variablen lassen sich durch genauere Betrachtungen des aktuellen Fachunterrichtes möglicherweise Veränderungen erzielen.

3.4 Der gegenwärtige Forschungsstand zum Interesse an physikalisch-technischen Themen in der Primarstufe

Es existiert eine Vielzahl an Studien, die sich mit Interessen der Primarstufenkinder beschäftigen. So z.B. werden in den Regensburger Interessensstudien (z.B. *Hartinger* und *Fölling-Albers* [2001], *Hartinger* und *Fölling-Albers* [2002]) die Interessenausprägungen der Kinder sehr ausführlich betrachtet, jedoch geht es in diesen Untersuchungen in erster Linie darum, ob Kinder bereits in sehr jungen Jahren Interessen ausbilden können. Ebenfalls wird untersucht, ob zu den Interessen der Kinder auch Unterrichtsinhalte gehören. [*Hartinger* und *Fölling-Albers* 2002] Dabei werden leider keine speziellen physikalischen Themen des Sachunterrichtes betrachtet, die wiederum im Rahmen dieser Arbeit von Bedeutung sind. Auch *Christen*

[Christen et al., 2001; Christen 2004] beschäftigt sich mit Interessen der Grundschüler und ihren Einstellungen zu Schule und zum Sachunterricht. Im Zentrum der Untersuchung von Christen steht die Frage, ob sich unter den Grundschulern bestimmte Einstellungstypen gegenüber der Schule und insbesondere gegenüber dem Sachunterricht ausfindig machen lassen [Christen, 2004]. In der Studie wurden drei Einstellungstypen ermittelt: Lernfreude-Typ, gelangweilt-frustrierter Typ, zielorientierter Leistungs-Typ. Zusammenfassend lässt sich in Bezug auf die Entwicklung der Einstellungen sagen, dass die Lernfreude am Sachunterricht im Verlaufe der Grundschulzeit abnimmt, jedoch auf einem noch positiven Niveau bleibt. [Christen et al., 2001] Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Einstellungen und Interessen lässt sich festhalten, dass sich einem bestimmten Einstellungstyp auch bestimmte Ausprägungen an Interessen, Desinteressen und Abneigungen zuordnen lassen. So z.B. verfügt der Lernfreude-Typ über mindestens ein stark ausgeprägtes Interesse. In der Gruppe der Kinder dieses Typs treten nur selten Abneigungen auf, das auf eine gewisse Offenheit gegenüber unterschiedlichen Aktivitäten sprechen könnte. [Christen, 2004]

Eine detaillierte Betrachtung dieser und weiterer Untersuchungen aus dem Grundschulbereich führt jedoch zu dem Schluss, dass nur wenige Studien für die Zwecke dieser Arbeit verwendet werden können. Dies liegt daran, dass diese Studien das Interesse oder die Interessensentwicklung am Sachunterricht allgemein betrachten und sich nicht auf bestimmte Themenbereiche konzentrieren. Einige von den Studien, die sich auch speziellen physikalischen Themen oder Themenbereichen des Sachunterrichtes widmen, werden nachfolgend ausführlich vorgestellt, da sie die Validierungsgrundlage der eigenen Interessensbefragung bilden.

Hansen und Klinger: Interesse am naturwissenschaftlichen Lernen im Sachunterricht

Die oben genannte Untersuchung zum Sachunterricht ist ein Teil des Modellversuchs PING (Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung), der im Jahre 1993 in Rheinland-Pfalz startete. Das zentrale Anliegen des gesamten Projektes bestand darin, der negativen Entwicklung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik entgegenzuwirken. Dafür ersetzte man das einstündige Fach Physik/Chemie und das zweistündige Fach Biologie in der Orientierungsstufe des Gymnasiums (also in den Klassenstufen fünf und sechs) durch das dreistündige Fach Naturwissenschaft. Am Projekt nahmen insgesamt neun Gymnasien teil, fünf mit dem neu eingeführten Fach Naturwissenschaft und vier Vergleichsschulen mit den Fächern Physik/Chemie und Biologie. Insgesamt wurden 2118 Schüler im Alter von zehn bis dreizehn Jahren befragt. Die Untersuchung fand in Form einer Querschnittserhebung am Ende des Jahres 1995 statt. [Hansen und Klinger, 1998]

Die zentralen Aspekte des Projektes sind die im naturwissenschaftlichen Unterricht erlebten Methoden, das Interesse der Schüler an diesen Methoden, das Interesse an den Fächern Sachunterricht, Naturwissenschaft, Physik/Chemie und Biologie sowie das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen im Allgemeinen. Unter diesen Gesichtspunkten wurde das naturwissenschaftliche Interesse in Bezug auf Geschlecht sowie auf andere Persönlichkeitsmerkmale der Schüler diskutiert. In der hier vorgelegten Arbeit liegt der Fokus jedoch nur auf den Ergebnissen hinsichtlich des Interesses am Sachunterricht. Diese werden im Folgenden ausführlich vorgestellt. Die Grundlage hierfür bildet die Arbeit von *Hansen und Klinger* [1997]:

Im Rahmen der Teiluntersuchung zum Sachunterricht wurden 539 Fünftklässler zu dem in der Primarstufe erlebten naturwissenschaftlichen Unterricht befragt. Mittels eines Fragebogens wurden das Alter und das Geschlecht der Schüler sowie unterrichtsbezogene Variablen ermittelt. Die Variable „wahrgenommenes Unterrichtsklima“ wurde durch insgesamt 16 Items ermittelt. Die Fragen bzw. Aussagen bezogen sich auf Förderung der autonomen Lernprozesse, auf die methodische Kompetenz der Lehrkräfte, auf die Zuwendung der Lehrer usw. Dazu wurden Aussagen verwendet wie „die Lehrerin/der Lehrer lässt uns bei der Gestaltung des Unterrichtes mitwirken“. Im Gegensatz dazu wurde die Variable „Selbstkonzept der eigenen Fähigkeit für Sachunterricht“ durch insgesamt zwei Items erhoben, zum einen durch Einschätzung der Begabung, zum anderen durch Einschätzung der Lernfähigkeit. Die dritte Variable „Methodeninteresse und Häufigkeit der Methoden im Unterricht“ wurde durch insgesamt 43 Items abgefragt (was angesichts des relativ jungen Alters der Schüler als sehr umfangreich erscheint). Dabei ging es um das Interesse an Unterrichtsmethoden, Sozialformen und Medien sowie um ihre Häufigkeit im Unterricht. Die vierte Variable „Fachinteresse“ beinhaltete 18 Items. Diese bezogen sich auf das Flow-Erleben der Kinder, auf den Nutzen der im Sachunterricht erworbenen Kenntnisse sowie auf die Bedeutung des Sachunterrichtes für den Alltag und den späteren Beruf. Dazu wurden Aussagen verwendet wie „Der Sachunterricht hat mir immer viel Spaß gemacht.“ oder „Der Sachunterricht hat mir geholfen, Fragen zu beantworten, die im täglichen Leben auftauchen.“

Für die Erhebung der letzten Variable „thematisches Interesse“, die für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung ist, wurden insgesamt 32 Items aus verschiedenen Themenbereichen des Sachunterrichtes formuliert: Acht davon stammen aus dem physikalisch-technischen Bereich, fünf aus dem chemischen, fünf aus dem biologischen und sechs aus dem kulturell-historischen. Darüber hinaus wurden acht Items aus dem integrierten naturwissenschaftlichen Bereich ausgewählt. Zu den thematischen Fragen aus dem physikalisch-technischen Bereich

zählen elektrische Leitfähigkeit, Sonnenenergie, Eisenbahn, Fahrrad, Lärmschutz, Aggregatzustände des Wassers, Computer und Windrad.

Die Ergebnisse der Befragung lassen sich wie folgt zusammenfassen: Aus den Mittelwerten der einzelnen Variablen zum „Fachinteresse“, schlussfolgern *Hansen* und *Klinger*, dass die „Flow-Erlebnisse“ der befragten Kinder auf einem relativ hohen Niveau liegen. Dies deutet darauf hin, dass Kinder Spaß und Freude am Sachunterricht haben. Die Mittelwerte der Items bezüglich des Nutzens des Sachunterrichtes für den Alltag liegen im Mittelfeld. Am schlechtesten schneidet die Bewertung der Wirkung des Sachunterrichtes auf die Berufswahl ab. Ergänzend muss jedoch angemerkt werden, dass die Bewertungen der Variablen besser ausfallen, wenn Kinder das Gefühl haben, die Lehrperson beziehe sie in die Gestaltung des Unterrichtes ein.

Hinsichtlich der Geschlechterunterschiede stellen die Autoren fest:

„[...] daß sich bereits in der Grundschule bekannte Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen an naturwissenschaftlichen Themen herausbilden. Knapp die Hälfte der Mittelwertdifferenzen ist größer oder gleich 0,30. Zu den Ausnahmen gehören umweltbezogene Fragestellungen wie „Was können wir tun, damit sich das Ozonloch nicht noch mehr vergrößert?“ oder „Wie kann ich mich vor zu großem Lärm schützen“. Die größten Mittelwertdifferenzen liegen für technische Themen vor, die die Jungen bevorzugen (z.B. „Wie repariert man eine elektrische Eisenbahn?“ mit 0,84 und „Wie funktioniert ein Computer?“ mit 0,62). Dagegen fallen die Unterschiede bei den Fragestellungen geringer aus, die Mädchen bevorzugen (z.B. Welche Lebensgewohnheiten haben Delfine?“ mit -0,37 oder „Wie kann ich etwas zum Tierschutz beitragen?“ mit - 0,34). Diese Ergebnisse stützen die eingangs formulierte Vermutung, daß sich bereits im Sachunterricht der Grundschule geschlechtsspezifische Prägungen im Umgang mit technisch-naturwissenschaftlichen Themen verfestigen.“ [*Hansen, Klinger, 1997, S. 13*]

In Bezug auf die Methoden, Sozialformen und Medien kamen die Autoren zum Ergebnis, dass Videofilme, Schülerversuche, Vorführversuche, Besuche von außerschulischen Lernorten, Malen, Erstellen von Collagen sowie Gruppenarbeit auf ein höheres Interesse stoßen als rein rezipierende Unterrichtsaktivitäten, etwa dem Lehrer zuzuhören, Arbeitsblätter zu bearbeiten, etwas zu berechnen/zu verschriftlichen oder einen Vortrag zu halten. Auch hier beurteilen Kinder, die sich in die Gestaltung des Unterrichtes einbezogen fühlen, alle 43 Items deutlich besser. Tätigkeiten - wie Untersuchungen mit dem Mikroskop oder der Bau technischer Geräte - werden als sehr interessant, jedoch als zu selten vorkommend wahrgenommen (an dieser

Stelle soll betont werden, dass die Basteltätigkeiten im Schülerlabor der Physikdidaktik der Universität Siegen aus genau diesem Grund einen Platz im Programm finden).

Roßberger und Hartinger: Interesse an Technik

Die Befragung von *Roßberger* und *Hartinger* [2000] im Primarstufenbereich stützt sich auf die Untersuchung aus dem Bereich der Sekundarstufe I von *Hoffmann et al.* [1998] (mehr dazu im Abschnitt 3.5). In der letztgenannten Studie wurden Kontexte, in deren Rahmen eine Unterrichtsthematik behandelt wird, als ein außerordentlich wichtiger Faktor für die Interessantheit des Themas abgeleitet. *Roßberger* und *Hartinger* [2000] prüften nun, ob sich dieses Ergebnis aus dem Bereich der Sekundarstufe I auf die Primarstufe übertragen lässt und ob die Kontexte dort eine ähnliche Funktion erfüllen. Diese Studie wird im Folgenden ausführlich beschrieben. Die Darstellung erfolgt anhand eines von *Roßberger* und *Hartinger* [2000] verfassten Artikels:

Es wurden insgesamt 105 Dritt- und Viertklässler aus zwei ländlich gelegenen Grundschulen hinsichtlich des Interesses am elektrischen Stromkreis befragt. Das Interesse am genannten Sachunterrichtsbereich wurde auf insgesamt drei Ebenen erfasst: Auf der Ebene der thematischen Gebiete G1 bis G5; nämlich einfacher Stromkreis, Schaltungen in Stromkreisen, Leiter und Nichtleiter, unterschiedliche Wirkungen des Stromes, Gefahren des Stromes; auf der Ebene der Kontexte K1 bis K2 - Strom als erlebtes Phänomen im Alltag und Strom als theoretisches Konstrukt bzw. Gebilde sowie auf der Tätigkeitsebene T1 bis T2 - rezeptive sowie praktisch-konstruktive Tätigkeiten. Diese Aspekte des Themenbereiches elektrischer Stromkreis wurden zu insgesamt 20 Items kombiniert, z.B. „etwas darüber erfahren, wie ein Blitzableiter auf dem Dach funktioniert“ (G3-K1-T1) oder „eine Kindersicherung in eine Steckdose einbauen“ (G5-K1-T2) oder „einen Schaltplan für einen Stromkreis mit mehreren Schaltungen aufzeichnen“ (G2-K2-T2).

Roßberger und *Hartinger* stellen fest, dass beide Geschlechter die Gebiete „unterschiedliche Wirkungen des Stromes“ sowie „Leiter und Nichtleiter“ am interessantesten fanden. Bei den restlichen Gebieten zeigen sich signifikante Unterschiede in der Bewertung der Mädchen und Jungen: Das Gebiet „Gefahren des Stromes“ favorisieren Mädchen eher als Jungen, die zwei restlichen Gebiete werden umgekehrt von den Jungen besser bewertet. Auf der Ebene der Tätigkeiten zeigen Mädchen ein signifikant niedrigeres Interesse für praktisch-konstruktive Tätigkeiten als Jungen. Beide Geschlechter fanden den Kontext „Strom als erlebtes Phänomen im Alltag“ interessanter als den Kontext „Strom als theoretisches Konstrukt bzw. Gebilde“.

Im Gegensatz zu der Studie von *Hoffmann et al.* konnten *Roßberger* und *Hartinger* aus ihrer Studie keine herausragende Bedeutung der Kontexte für die Bewertung der Themen ableiten. Genau genommen wurden eher Tätigkeiten als ausschlaggebender Faktor für die Beurteilung des Themas identifiziert. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse ihrer Befragung nicht repräsentativ sind. Die Feststellungen, die im Rahmen der beschriebenen Untersuchung gemacht wurden, decken sich jedoch mit der Erfahrung der Autorin dieser Arbeit im Umgang mit Grundschulern. Daher werden Erkenntnisse der beschriebenen Studie hier als wichtig angesehen.

Die beiden vorgestellten Studien zum Interesse der Grundschul Kinder an physikalisch-technischen Themen liefern wichtige Anhaltspunkte für den Entwurf der eigenen Befragung. So soll z.B. basierend auf diesen Ergebnissen nicht zwischen unterschiedlichen Kontexten differenziert werden. Um mehr Informationen zum Interesse der Schüler zu erhalten, werden im Folgenden Untersuchungen zum Interesse an physikalisch-technischen Themen in der Sekundarstufe I präsentiert.

3.5 Der gegenwärtige Forschungsstand zum Interesse an physikalisch-technischen Themen in der Sekundarstufe I

***Hoffmann et al.*: IPN-Interessenstudie Physik**

Die IPN Studie legte man als Querschnitts- sowie als Längsschnittstudie an. Die erstgenannte Untersuchung wurde im Jahre 1984 mit insgesamt 24 Klassen, die zweitgenannte von 1984 bis 1989 mit insgesamt 51 Klassen durchgeführt. Befragt wurden Schüler von der fünften bis zur zehnten Klasse aller Schulformen (insgesamt 26 Schulen) aus Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Saarland, Schleswig-Holstein und Berlin. [*Hoffmann et al.*,1998] Die Zielsetzung, das Design sowie die Ergebnisse der Studie werden im Folgenden anhand des von *Hoffmann et al.* [1998] verfassten Berichtes vorgestellt:

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Schülerinteresse an naturwissenschaftlichen und technischen Themen als Konstrukt aus verschiedenen Variablen interpretiert: Zu den unabhängigen Variablen gehörten zum einen die Persönlichkeitsmerkmale wie Selbstkonzept, Schulleistungen und Berufserwartungen, zum anderen die Unterrichtsmerkmale wie Unterrichtsklima und Unterrichtsmanagement sowie die außerschulischen Merkmale wie Zugänglichkeit von Materialien bzw. Werkzeugen und Unterstützung durch die Eltern. Zu den abhängigen Variablen zählten das Interesse am Fach Physik oder kurz Fachinteresse mit insge-

samt 3 Items, das durch Physikunterricht induzierte Interesse mit 10 Items sowie das Interesse an physikalischen und technischen Themen oder kurz Sachinteresse mit 88 Items.

In der IPN Interessensstudie wurde das Sachinteresse als psychologisches Konstrukt im Sinne von *Krapp* definiert (mehr dazu entnehme man dem Abschnitt 3.1). Hiernach enthält das Sachinteresse die Komponente des individuellen sowie die des situativen Interesses. Die Autoren fassen die erste Komponente als Interesse an einem bestimmten Inhaltsbereich der Physik auf, die zweite als Interesse an einem Kontext oder an einer Handlungsmöglichkeit, in die das Thema gerade eingebettet ist. Stützend auf die Ergebnisse der curricularen Delphie-Studie zur physikalischen Bildung, die Anfang der achtziger Jahre von IPN durchgeführt wurde, unterscheiden *Hoffmann et al.* schließlich zwischen drei Dimensionen des Sachinteresses: Interesse am Kontext, in den ein physikalischer Sachverhalt eingebettet ist; Interesse an einer Tätigkeit, mit der der Inhalt erforscht wird; Interesse an dem Themengebiet selbst.

Untersucht wurden acht Themengebiete (G1 bis G8) aus dem Curriculum des Faches Physik: Optik, Akustik, Thermodynamik, Mechanik, Elektrizität, Elementarteilchenphysik und Radioaktivität. Darüber hinaus wurde zwischen rezeptiven, praktisch-konstruktiven, theoretisch-konstruktiven und bewertenden Tätigkeiten (T1 bis T4) differenziert: Die erstgenannte beinhaltet Unterrichtsaktivitäten wie Beobachten, Lesen, Zuhören; die zweitgenannte Versuche durchführen, Basteln oder Konstruieren; die dritte Ebene meint Tätigkeiten wie Rechnen, sich etwas ausdenken; die letztgenannte bedeutet so viel wie Nutzen beurteilen, sich Meinungen bilden. *Hoffmann et al.* unterscheiden darüber hinaus zwischen sieben Kontexten (K1 bis K7): Physik als Mittel zur Bereicherung emotionaler Erfahrungen (damit ist die Physik als erlebtes Phänomen gemeint); Physik als Mittel zum Verständnis technischer Objekte im Alltag; Physik als Grundlage für Berufe I (technische Berufe, Forschung); Physik als Grundlage für Berufe II (Medizin, Kunst, Beratung); Physik als Wissenschaft I (qualitative Physik), Physik als Wissenschaft II (quantitative Physik) und Physik in ihrer Bedeutung für die Gesellschaft. Die beschriebenen Komponenten des Sachinteresses wurden zu insgesamt 224 Items ($7 \times 8 \times 4$) kombiniert. Aus diesen wählte man 88 Items für die Befragung aus. Das Interesse an den einzelnen Items wurde durch die Aussage „Mein Interesse daran ist...“ (sehr groß, bis sehr gering- fünfstufige Ratingskala) erhoben. Zu jedem der acht Themengebiete gab es einen an die Schüler gerichteten Informationstext. *Muckenfuß* [1995] kritisiert jedoch den Umfang und die Formulierungen dieser Texte, da sie Assoziationen zu entsprechenden Gebieten wecken und somit Schüler in ihrer Beurteilung beeinflussen könnten. Die Autorin dieser Arbeit kann die Kritik von *Muckenfuß* nachvollziehen. Darüber hinaus erscheint die Anzahl der Items für

Schüler der Sekundarstufe I nicht angemessen, insbesondere dann, wenn es sich um Schüler der Klassenstufen fünf bis sieben handelt, könnte die Fülle der Fragen und der Umfang der Texte Konzentrationsschwierigkeiten hervorrufen und somit die Ergebnisse der Befragung beeinflussen.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Resultate aus der Studie ebenfalls anhand des von *Hoffmann et al.* [1998] verfassten Berichtes vorgestellt. Das Augenmerk liegt auf den Ergebnissen, die sich auf die Variablen Fach- sowie Sachinteresse beziehen: Das Fachinteresse der Jungen an Physik ist signifikant höher als das Fachinteresse der Mädchen. Dieses erfährt bei beiden Geschlechtern einen negativen Entwicklungstrend im Zeitraum des siebten und achten Schuljahres. Bei den Jungen steigt das Fachinteresse innerhalb der nächsten Schuljahre wieder auf das Niveau der siebten Klasse an, das der Mädchen nicht. Das Interesse der Jungen an den drei naturwissenschaftlichen Schulfächern und an der Mathematik ist in etwa gleich stark ausgeprägt. Die Mädchen zählen Biologie zu den interessanten naturwissenschaftlichen Fächern, die Physik nimmt unter diesen den letzten Platz ein.

Die Ausprägung des Sachinteresses an einzelnen Themengebieten hängt stark von dem verwendeten Kontext sowie von der Tätigkeit ab: Die Kontexte K1 und K7 sind für beide Geschlechter besonders interessant; der Kontext K2 stößt ebenfalls auf ein relativ hohes Interesse seitens der Schüler. Der Kontext K4 erweist sich für beide Geschlechter als sehr interessant, wenn es um Medizin, um den menschlichen Körper und gesundheitliche Fragen geht. Bezüglich des Sachinteresses lassen sich ebenfalls Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen. So ist das Interesse an Bewegung von Fahrzeugen, an Elektrizität und an Elektronik bei den Jungen viel stärker ausgeprägt als bei den Mädchen. Das Sachinteresse an Radioaktivität ist bei beiden Geschlechtern gleich hoch. Über die Schuljahre hinweg zeigen Mädchen gleich hohes Sachinteresse am Lärmschutz, den Naturphänomenen, den Geräten in der Medizin und der Radioaktivität. Bei den Jungen bleibt das Sachinteresse an der Klangerzeugung und der Bewegung von Fahrzeugen über die Jahre hinweg gleich hoch. Betrachtet man die Mittelwerte für das Sachinteresse, so zeigt sich eine kontinuierliche Abnahme des Sachinteresses mit zunehmendem Alter und zwar bei beiden Geschlechtern. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Jungen ein positiveres Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik aufweisen als Mädchen. Das Selbstkonzept der Mädchen nimmt mit den Schuljahren ebenfalls stark ab.

Die ersten Auswertungen der IPN-Interessenstudie [*Hoffmann, Lehrke*, 1985] enthalten außerdem bereits beschriebenen Themengebieten vier weitere, nämlich Astrophysik, Nachrichten-

technik, Computer und Fliegen. Diese Themenbereiche, bis auf die Nachrichtentechnik, schneiden besonders gut ab: So bekunden ca. 65 Prozent der Mädchen und ca. 73 Prozent der Jungen ein „sehr großes“ oder „großes“ Interesse an Astronomie bzw. Astrophysik. Darüber hinaus bleibt das Interesse an astrophysikalischen Themen bei beiden Geschlechtern über die Schuljahre hinweg auf einem hohen Niveau erhalten. [Hoffmann, Lehrke, 1985]

Häußler et al.: Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Physikunterricht

Die Untersuchung von Häußler et al. aus dem Jahre 1996 basierte auf den Daten der bereits oben vorgestellten IPN- Interessensstudie. Die Autoren benutzten für die Auswertung der alten Daten eine neue Methode. Diese erlaubte qualitative Unterschiede in den naturwissenschaftlich-technischen Interessen der Schüler festzustellen. Es wurde das sogenannte „Mixed-Rasch-Modell“ zugrunde gelegt, das von der Annahme ausgeht, Schüler ließen sich in verschiedene Interessentypen unterteilen. Diese Interessengruppen fungieren in der Untersuchung als latenten Variablen und lassen sich mit der „latenten Klassen-Analyse“ bestimmen. Die Ergebnisse dieser qualitativen Auswertung werden nachfolgend anhand des Artikels von Häußler et al. [1996] erläutert: Die Daten der IPN-Querschnittsstudie sowie der IPN-Längsschnittstudie wurden zu einem umfangreichen Datensatz zusammengefasst. Man prüfte jeden Themenbereich gesondert auf die Anzahl der latenten Variablen. Nach der Auswertung der acht Themenbereiche (insgesamt 65 Items, 23 wurden aufgrund einiger Ungenauigkeiten in der Formulierung aus der Auswertung herausgenommen) konnten Interessentypen A, B und C festgestellt werden. Diese drei Interessentypen werden im Folgenden ausführlich beschrieben:

- Typ A: Schüler dieses Typs interessieren sich für innerphysikalische Problemstellungen, für Anwendungen der Physik, z.B. in der Medizin, für die Bedeutung der Physik in der Gesellschaft und für Naturphänomene gleichermaßen stark. Das Interesse an der Planung, Durchführung und qualitativer sowie quantitativer Auswertung von Experimenten und an der Funktionsweise technischer Geräte ist ebenfalls hoch. Dieser Interessentyp macht ca. 20 Prozent aller Schüler aus. In etwa 80 Prozent der Fälle handelt es sich bei diesem Typ um männliche Befragte. Jüngere Schüler sind bei diesem Typ stärker vertreten als ältere. Gemessen an der Physiknote gehören diese Schüler zu den leistungsstärkeren Schülern. Das Interesse an den Fächern Physik, Mathematik, Chemie und am Technikunterricht ist höher als an allen anderen Fächern.

- Typ B: Schüler dieses Typs interessieren sich für physikalische Aspekte des Bereiches „Natur und Mensch“, insbesondere für den Nutzen der Physik im Bereich der Medizin und für die Naturphänomene. Innerphysikalische Probleme sind für diese Schüler weniger interessant. Etwa 55 Prozent aller Schüler können diesem Interessentyp zugeordnet werden. Das Jungen-Mädchen-Verhältnis liegt in dieser Gruppe bei etwa 1 zu 1. Mehr als die Hälfte der Schüler dieses Typs weisen einen mittleren bis guten Leistungsstand im Fach Physik auf.
- Typ C: Am interessantesten finden Vertreter dieses Typs soziale Folgen von Technologien. Aber auch Naturphänomene und physikalische Untersuchungsmethoden in der Medizin sind für diese Schülergruppe spannend. Das Interesse an innerphysikalischen Problemstellungen ist sehr gering. Dieser Typ macht ca. 25 Prozent aller Schüler aus, der Anteil der Mädchen liegt hierbei bei etwa 70 Prozent. Ältere Schüler kommen bei diesem Typ öfter vor als jüngere. Die Physiknote der meisten Schüler dieses Typs liegt im mittleren bis unteren Bereich. Diese Schüler zeigen ein höheres Interesse an den Fächern Deutsch, Kunst sowie an Fremdsprachen.

Basierend auf diesen Erkenntnissen machen *Häußler et al.* [1996] einige Vorschläge zur Veränderung des Physikunterrichtes. Die Autoren sind der Meinung, dass ein Physikunterricht, der an Interessen der Schülermehrheit orientiert ist, möglichst viele Themen behandeln sollte, die in Kontexte wie „Nutzen der Physik für den Menschen (z.B. in der Medizin)“ und „Naturphänomene“ eingebettet sind. Der interessante Physikunterricht sollte sich also eher an dem Interessentyp B orientieren, da diesem Interessentyp die Hälfte der Schüler angehört. Die gesellschaftliche Bedeutung der Technologien soll an geeigneten Stellen häufiger diskutiert werden, als es bisher der Fall gewesen ist.

***Muckenfuß*: Lernen im sinnstiftenden Kontext**

Muckenfuß [1995] berichtet ebenfalls über Befragungen zum Interesse an physikalisch-technischen Themen sowie zur Beliebtheit des Faches Physik und ihrer Wertschätzung als Wissenschaft. Die ersten zwei Untersuchungen wurden im Rahmen von Examensarbeiten durchgeführt, die dritte mit Lehramtsstudierenden an der pädagogischen Hochschule Weingarten. Die Stichprobe umfasste 1258 Acht-, Neunt- und Zehntklässler aus 52 Realschulen des Landes Baden-Württemberg. Im Rahmen der Hochschuluntersuchung wurden 130 Studenten befragt. Das Konzept sowie die Ergebnisse dieser Befragungen werden im Folgenden anhand des von *Muckenfuß* [1995] veröffentlichten Werkes beschrieben:

In den erwähnten Schülerbefragungen wurden die Fächerbeliebtheit, das Interesse an physikalischen Themen und die Charakterisierungen des Physikunterrichtes erhoben. Das Interesse der Schüler wird von *Muckenfuß* als psychologisches Merkmal im Sinne von *Todt*, *Prenzel*, *Krapp*, *Schiefele* und *Lehrke* aufgefasst. Gefragt wurde nach Interesse an Themen wie Energiesparen, Solarenergie, Entstehung von Himmelfarben usw. Die Beliebtheit eines Faches wird in diesen Untersuchungen besonders hervorgehoben. *Muckenfuß* ist der Meinung, dass Fachbeliebtheit die Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit Unterrichtsgegenständen widerspiegelt. Demnach drückt sie den Entschluss zur Handlung und Eigenaktivität aus, den das Interessenskonstrukt ebenfalls umfasst. Um die Fächerbeliebtheit festzustellen, wurden Schüler gebeten ihre drei beliebtesten und ihre drei unbeliebtesten Fächer zu nennen. Darüber hinaus sollten sie entscheiden, inwiefern Attribuierungen wie langweilig, interessant, kompliziert, alltagsrelevant und berufsrelevant dem jeweiligen Schulfach zugeschrieben werden können.

Die Auswertung der Befragung in Bezug auf die Fachbeliebtheit hat ergeben, dass Physik für mehr als 40 Prozent der Schüler zu einem der unbeliebtesten Fächer gehört. Betrachtet man die Ergebnisse getrennt nach Geschlecht der Schüler, so zählen ca. 60 Prozent der Mädchen das Fach Physik zu einem unbeliebten Fach und nur etwa 3 Prozent zu einem beliebten. Im Gegensatz dazu bezeichnen nur 25 Prozent der Jungen die Physik als unbeliebt und sogar etwa 20 Prozent als beliebt. Außerdem lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Beliebtheit dieses Faches und den curricularen Inhalten in der entsprechenden Klassenstufe feststellen. Paradoxiertweise ordnen ca. 54 Prozent der Jungen und sogar 17 Prozent der Mädchen der Physik das Attribut „interessant“ zu. Etwa 40 Prozent der weiblichen Befragten finden sie langweilig und kompliziert, dagegen charakterisieren nur etwa 19 Prozent der männlichen Befragten die Physik als langweilig und ca. 27 Prozent als kompliziert. Die meisten Mädchen denken, dass Physikunterricht alltags- und berufsirrelevant ist, etwa ein Drittel der Jungen sprechen sich für Alltags- und Berufsrelevanz dieses Faches aus.

Das thematische Interesse der Schüler wurde anhand der folgenden Unterrichtsinhalte ermittelt: „Energiesparen“, „Solarenergie“, „Himmelfarben“, „Entstehung von Wolken und Niederschlägen“, „elektrische Energie in der Wohnung“, „Fernrohr“, „Wärmehaushalt der Tiere“, „mechanische Maschinen helfen Menschen“, „Kraft und Bewegung im Straßenverkehr“ sowie „Hebel und Hebelgesetze in der Natur“. Die Auswertung ergab, dass Schüler, die das Fach Physik als beliebt bezeichnen, an allen angebotenen Thematiken bis auf „Wärmehaushalt der Tiere“ stärker interessiert waren als die Schüler, die Physik als unbeliebt bezeichnen.

Die Themen „Entstehung von Wolken und Niederschlägen“ sowie „Himmelsfarben“ schneiden bei allen Schülern gleich gut ab. Das Interesse an „Energiesparen“ und „Solarenergie“ liegt bei beiden Schülergruppen auf einem sehr hohen Niveau. Die Inhalte „mechanische Maschinen helfen Menschen“, „elektrische Energie in der Wohnung“ sowie „Hebel und Hebelgesetze in der Natur“ schneiden bei den Schülern, die das Fach Physik als unbeliebt bezeichnen, ganz schlecht ab.

Die Erhebung bei Lehramtsstudierenden zur Wertschätzung des Physikunterrichtes und der Physik als Wissenschaft liefert folgende Fakten: Über 70 Prozent der Befragten halten den Physikunterricht in der Schule für unverzichtbar. Etwa 85 Prozent der Studierenden sind der Meinung, dass jeder über ein physikalisches Grundwissen verfügen sollte. Ungefähr 70 Prozent halten Physik für eine nützliche Wissenschaft für die Menschheit, jedoch wollen sich nur die wenigsten damit beschäftigen. *Muckenfuß* hebt die festgestellte Diskrepanz zwischen der Einschätzung des Physikunterrichtes als schwierig und abstrakt und der hohen Wertschätzung der Physik als Wissenschaft hervor. Der Autor sucht in seinem Buch nach Gründen für diesen Widerspruch. Er leitet unter anderem aus den Arbeiten von *Klafki* zwei wichtige Komponenten des Unterrichtes ab, die seiner Meinung nach die Ergebnisse zum Interesse und zur Beliebtheit des Faches Physik widerspiegeln. Er unterscheidet zwischen dem Orientierungswissen und dem Verfügungswissen. Den Begriff des Orientierungswissens definiert der Autor wie folgt:

„[...] das Kompetenzgefüge, das für die Klärung des Verhältnisses Mensch/Natur erforderlich ist, [wird] als Orientierungswissen bezeichnet. Bezogen auf den Physikunterricht beinhaltet dieses Kompetenzgefüge auf der Ebene der Kenntnisse jene Inhalte und Inhaltsaspekte, die Aufschluss über die Bedingungen der menschlichen Existenz geben können, deren Verwobenheit mit dem Naturgeschehen, über die Eingriffsmöglichkeiten des Menschen und die daraus resultierenden Folgen, über die Veränderungen, die durch Wissenschaft erzeugt wurden und künftig möglich sind.[...] Wichtiger als die Beherrschung des formalen Instrumentariums der Physik ist im Rahmen dieses Kompetenzgefüges beispielweise die Fähigkeit, quantitative Aussagen auf der Basis von Abschätzungen machen zu können, von Einzeldaten auf größere Zusammenhänge schließen zu können. Moralische Urteilsfähigkeit, Aufgeschlossenheit und politisches Engagement, Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung sind Beispiele für Tugenden, die im Rahmen des Orientierungswissens im Vordergrund stehen.“ [*Muckenfuß*,1995, S.65-66]

Außerdem betont *Muckenfuß*, dass der Zusatz „Wissen“ in beiden Begriffen im umfassenden Sinne benutzt wird. Darunter sind nicht nur Inhalte, sondern auch Fähigkeiten und Kompeten-

zen zu verstehen. Das Verfügungswissen wird daher auch aus der Sicht der Kenntnisse, des Könnens und der dazugehörigen Tugenden definiert:

„Für den Physikunterricht beinhaltet das Verfügungswissen auf der Ebene der Wissensinhalte die Kenntnis grundlegender Begriffe, Definitionen, Gesetze und Verfahren [...]. Beim Können geht es um die Beherrschung fachlicher Methoden, wie z.B. eine Größe genau messen können, mit gegebenen Formeln umgehen können, etwas berechnen können, Störvariablen durch gezielte Strategien auffinden. Bei den Tugenden werden hochbewertet: Sorgfältigkeit, Sachlichkeit, Geduld, Zielstrebigkeit, Teamfähigkeit“ [Muckenfuß, 1995, S. 67]

Das Verfügungswissen wird vom Autor als „unabdingbarer Bestandteil des Orientierungswissens“ aufgefasst. Im Gegensatz dazu umfasst das Verfügungswissen nicht unbedingt das Orientierungswissen. Beide Begriffe zieht *Muckenfuß* für die Erklärung der Befragungsergebnisse heran: Das hohe Interesse an „Energiesparen“ und „Solarenergie“ bei beiden Schülergruppen ist auf den hohen Anteil des Orientierungswissens dieser Thematiken zurückzuführen. Das Verfügungswissen überwiegt bei den Unterrichtsinhalten „mechanische Maschinen“, „elektrische Energie in der Wohnung“ sowie „Hebel und Hebelgesetze in der Natur“. Daher schneiden sie bei den Schülern schlechter ab. Der Autor begründet auch den festgestellten Zusammenhang zwischen der Beliebtheit der Physik und den curricularen Inhalten mit den Anteilen an Verfügungs- bzw. Orientierungswissen in den Themengebieten verschiedener Klassenstufen. Schließlich wird auch die beschriebene Diskrepanz bezüglich der Physik als Folge einer Zentrierung auf Verfügungswissen im Physikunterricht erklärt.

***Elster*: ROSE (The Relevance of Science Education)**

Bei dieser Studie handelt es sich um eine internationale Befragung, an der sich mehr als 40 Nationen beteiligten, darunter auch Deutschland. Die vorliegende Untersuchung beschäftigte sich mit Einflussfaktoren naturwissenschaftlichen Lernens und erfasste neben den naturwissenschaftlichen Interessen der Jugendlichen auch ihre Einstellungen und Erfahrungen. Der Fragebogen enthielt 250 Items. Diese stammen aus sieben Kategorien, nämlich „Worüber ich lernen möchte“, „Mein zukünftiger Beruf“, „Einstellungen gegenüber Umweltproblemen“, „Einstellungen gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht“, „Meinungen zu Naturwissenschaft und Technik“, „Außerschulische Erfahrungen“, „Ich als Forscher“. [Elster, 2007] Von besonderem Interesse ist hier die erstgenannte Kategorie, die aus insgesamt 108 Items besteht und im Folgenden ausführlich anhand des Artikels von *Elster* [2007] vorgestellt wird:

Die Befragung in Deutschland und Österreich fand im Zeitraum zwischen Oktober 2004 und Juni 2006 statt. An ihr nahmen 1247 Schüler im Alter von 14-17 Jahren teil, 626 von ihnen stammen aus Deutschland. Analog zur IPN-Studie wurden auch hier Inhalte und Kontexte berücksichtigt. Auf der Inhaltsebene wurde zwischen den Themen Astronomie, Geowissenschaften, Humanbiologie, Zoologie, Botanik, Chemikalien, Licht/Farbe/Strahlung, Akustik, Energie/Elektrizität, Technik/Technologien unterschieden. Bei Kontexten differenzierte man zwischen Umweltschutz, praktischen Nutzen, spektakulären Phänomenen, besonderer Relevanz für Jugendliche, Gesundheit/Medizin, Fitness, Mystik/Wunder, ästhetischen Aspekten, gesellschaftlicher Relevanz.

Die Auswertung zeigte, dass sich beide Geschlechter gleichermaßen für die Themenbereiche Astronomie, Zoologie sowie Licht/Strahlung interessieren. Mädchen interessieren sich besonders stark für Humanbiologie, Jungen - für Elektrizität/Energie sowie Technik und Chemie. Geologie war für beide Geschlechter laut ROSE weniger interessant. Botanik fanden Jugendliche eher uninteressant. Besonders spannend fanden Mädchen Fragestellungen zu Träumen, Krebs, erster Hilfe, HIV, Schwerelosigkeit im All, Drogen, Unerklärtem, Alkohol/Nikotin usw. Jungen dagegen fanden die Frage bezüglich Atombomben am interessantesten, danach folgten die Themen Schwerelosigkeit, Schwarze Löcher, Computer, Unerklärtes, Meteoriten etc.

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der ROSE folgendermaßen formulieren: Jugendliche interessieren sich im Bereich der naturwissenschaftlichen Themen stark für Universum, Humanbiologie, Medizin und Zoologie. Die Kontexte im Zusammenhang mit Bedrohung und Gefahren für Menschen werden als besonders interessant empfunden. Es folgen die Kontexte Gesundheit, Fitness, Mystik/Spektakuläres.

3.6 Zusammenfassung und Bildung der Thesen

In der pädagogischen Interessentheorie wird Interesse als Konstrukt aus zwei Komponenten definiert, dem situationalen sowie dem individuellen Interesse. Beide Komponenten wechselwirken miteinander. Laut dieser Theorie könnte das individuelle Interesse aus dem situationalen erwachsen. [Prenzel, Krapp und Schiefele, 1986; Krapp, 1992 a, b] Das bedeutet, dass sich die Interessantheit eines bestimmten Themas oder Themengebietes zu einem individuellen Interessensgegenstand einer Person entwickeln kann. *Daher könnte eine Schülerbefragung bezüglich der Interessantheit von Themen bzw. Themengebieten richtungsweisend für die Förderung des individuellen Schülerinteresses sein.*

Die Untersuchungen von *Kasten* und *Krapp* belegen, dass die Interessensentwicklung bei Kindern durch übereinstimmende Bedingungen in den Bildungseinrichtungen und in der Familie begünstigt wird [*Kasten* und *Krapp*, 1986; zitiert nach *Hartinger* und *Fölling-Albers*, 2002]. *Somit liegt die Vermutung nicht fern, dass thematische Kongruenzen in der Grundschule und in der weiterführenden Schule eine positive Wirkung auf die Förderung des Schülerinteresses haben könnten.* Insbesondere im Hinblick auf die Ergebnisse von *Gardner* [1987] und *Todt* [1987], die einen Abwärtstrend in Bezug auf physikalisch-technisches Interesse verzeichnen, erscheint es plausibel, *dem Interessensverfall in den Naturwissenschaften durch solche interessanten Themenbereiche entgegenzuwirken, die bereits in der Primarstufe zu den Inhalten des Sachunterrichtes gehören.*

Die Ergebnisse der Untersuchung von *Hansen* und *Klinger* [1998] geben deutliche Hinweise darauf, dass Grundschüler umweltphysikalische Inhalte als besonders interessant wahrnehmen. Bezüglich dieses Themenbereiches zeigen beide Geschlechter ein gleich hohes Interesse, obwohl sich bei anderen Thematiken bereits in der Grundschule geschlechterbezogene Unterschiede feststellen lassen. Diese Feststellung basiert jedoch auf nur drei umweltbezogenen Items, *daher ist eine detailliertere Befragung zu diesem Themengebiet notwendig. Darüber hinaus soll geklärt werden, ob auch Jugendliche umweltphysikalische Themen als interessant einstufen und ob Genderaspekte in diesem Alter zum Vorschein treten.*

Roßberger und *Hartinger* [2000] stellen fest, dass die Bewertung eines Themas in der Grundschule durch die Art der Tätigkeiten und nicht durch die Kontexte entscheidend beeinflusst wird. *Bei der Konstruktion des Interessensfragebogens für Primarstufenschüler könnten also die verschiedenen Kontexte, in die ein Thema eingebettet werden soll, weggelassen werden. Dafür sollte, wenn überhaupt, zwischen verschiedenen Tätigkeiten differenziert werden.*

Die erste Auswertung der IPN-Interessenstudie von *Hoffmann* und *Lehrke* [1985] zeigt, dass sich Jugendliche von der fünften bis zur zehnten Klasse stark für astrophysikalische Themen interessieren und zwar unabhängig vom Geschlecht der Befragten. Das stark ausgeprägte Interesse an diesem Fachgebiet bleibt im Verlauf der Sekundarstufe I auf einem hohen Niveau, ein abwärts gerichteter Entwicklungstrend wird hier nicht beobachtet. Dieser Befund wird auch von *Muckenfuß* [1995] bestätigt. In den erweiterten Auswertungen der IPN-Studie von *Hoffmann et al.* [1998] stellt sich heraus, dass sich Schüler in Abhängigkeit von Kontext und Tätigkeit unterschiedlich stark für die einzelnen Themengebiete des Physikunterrichtes interessieren. Dabei scheint der Kontext – wohlgemerkt erst ab Klassenstufe fünf - eine bedeutende Rolle zu spielen. Die Kontexte „Physik als Mittel zur Bereicherung emotionaler Erfah-

rungen“ und „Physik in ihrer Bedeutung für die Gesellschaft“ schneiden bei beiden Geschlechtern besonders gut ab. Bei dem erstgenannten Bereich handelt es sich insbesondere um die Thematisierung der Naturphänomene, die als eine bereichernde Erfahrung angesehen werden. *Der Befund lässt darauf schließen, dass die meisten geophysikalischen und umweltphysikalischen Themen, die sich um Naturphänomene drehen, für Kinder und Jugendliche von besonderem Interesse sein können. Ob das Interesse an diesen Themengebieten eine vergleichbare Ausprägung annimmt wie das Interesse an Astrophysik, wäre ebenfalls entscheidend.* Die ROSE-Studie [Elster, 2007] bestätigt weitgehend die Ergebnisse der IPN-Befragung. In dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die Kontexte Gesundheit, Fitness, Mystik/Spektakuläres und Gefahren für Menschen und Natur vom besonderen Interesse für Jugendliche sind. Wohl gemerkt haben geologische Themen in dieser Studie schlechter abgeschnitten als medizinische und astronomische. Ob dieses auch für geophysikalische Inhalte zutrifft, muss in der eigenen Befragung geprüft werden.

Häußler et al. [1996] identifizieren bei Schülern drei Interessentypen in Bezug auf physikalisch-technische Themen: Typ A interessiert sich für alle Inhalte des Physikunterrichtes; Typ B findet die Aspekte des Nutzens der Physik im Bereich der Medizin und die Naturphänomene spannend; Typ C zeigt Interesse an sozialen Folgen des Technologieeinsatzes aber auch an Naturphänomenen. Diese Ergebnisse stützen die These, dass geophysikalische sowie umweltphysikalische Themen, die sich verstärkt mit Naturphänomenen und mit sozialen Folgen der Physik beschäftigen für die Mehrheit der Schüler der Sekundarstufe I vom besonderen Interesse sein könnten. Aufschlussreich wäre auch der Vergleich zwischen den genannten Themenbereichen und dem als interessant eingestuften Gebiet der Medizin.

In den von Muckenfuß [1995] beschriebenen Studien schneiden die Themen „Entstehung von Wolken und Niederschlägen“ sowie „Himmelsfarben“ bei allen Schülern sehr gut ab. Das Interesse an Themen wie „Energiesparen“ und „Solarenergie“ liegt bei den Schülern ebenfalls auf einem sehr hohen Niveau. Dieser Befund wird vom Autor durch einen hohen Anteil an Orientierungswissen innerhalb dieser Thematiken erklärt. *Das Verständnis der geo- und umweltphysikalischen Aspekte gehört dem Orientierungswissen an. Daher sollten diese Themen vermutlich auf ein hohes Interesse bei Schülern stoßen.*

4 Interessensbefragung im Schülerlabor der Universität Siegen

Das Schülerlabor der Universität Siegen verfolgt das Ziel, das Interesse der Kinder und Jugendlichen an Naturwissenschaften, insbesondere an Physik, zu wecken und zu fördern. Die Entwicklung der interessenorientierten Schülerlaborangebote sollte unter Berücksichtigung der aktuellen Interessensforschung geschehen. Daher wurden im Kapitel 3 Ergebnisse einiger bisher durchgeführten Untersuchungen vorgestellt. Trotz der soliden Ergebnisse dieser Studien besteht Bedarf an weiteren Forschungsarbeiten in diesem Bereich. Diese sollen Untersuchungslücken füllen und neue Richtungen im Bereich der Interessensforschungen aufzeigen. *Prenzel, Lankes und Minsel* [2000] geben Hinweise darauf, welchen Fragen angesichts der aktuellen Forschungslage nachgegangen werden soll:

„Erforderlich sind ohne Frage solide Bestandserhebungen über das Interesse von Kindern im Grundschulalter. Allerdings müssen solche Überblickstudien inhaltlich auf bestimmte Gegenstandsbereiche konzentriert werden, eventuell auf Bereiche, die im späteren Schulcurriculum oder in Hinblick auf absehbare gesellschaftliche Anforderungen besondere Bedeutung gewinnen.“ [*Prenzel, Lankes und Minsel*, 2000, S. 25]

Im Kapitel 3.6 wurden aus den vorgestellten Studien zu physikalisch-technischen Schülerinteressen Thesen abgeleitet. Diese deuten mögliche Richtungen für die weiterführenden Untersuchungen auf diesem Gebiet an. Im vorliegenden Kapitel werden aus diesen Thesen Arbeitshypothesen für die eigene Befragung gebildet. Stichprobe, Design sowie Ergebnisse der eigenen Untersuchung werden vorgestellt und anschließend diskutiert.

4.1 Darstellung der zugrundeliegenden Idee und Bildung der Arbeitshypothesen

Gardner [1987], *Todt* [1987] sowie *Hoffmann et al.* [1998] berichten über die Abnahme des Interesses an physikalischen Inhalten im Verlauf der Sekundarstufe I. Durch übereinstimmende Bedingungen in Familie und Bildungseinrichtungen kann dieser Entwicklung laut *Kasten* und *Krapp* entgegengewirkt werden [*Kasten und Krapp*, 1986; zitiert nach *Hartinger und Fölling-Albers*, 2002]. Möglicherweise können interessante Themenbereiche, die in der Primarstufe angefangen und in der Sekundarstufe I weitergeführt werden, als eine solch günstige Voraussetzung angesehen werden. Thematische Gebiete müssen für die Mehrheit der Schüler

spannend und wertvoll sein. Die erste Arbeitshypothese, die in der eigenen Befragung geprüft werden soll, lautet daher:

- I. *Es gibt physikalische Themengebiete, die für Schüler der Primar- und der Sekundarstufe I gleichermaßen interessant sind. Diese Themenbereiche können angesichts ihres hohen Potenzials dem Interessensverfall an physikalischen Themen entgegenwirken.*

Einige Hinweise darauf, um welche Themenbereiche es sich dabei handeln könnte, wurden ebenfalls in den vorgestellten Interessensstudien gefunden: So halten *Hansen* und *Klinger* [1998] fest, dass Grundschüler umweltbezogene Fragestellungen spannend finden. Dieser Befund gibt einen Anlass zur Vermutung, dass sich Grundschul Kinder für die meisten Themen aus dem Bereich der Umweltphysik interessieren könnten. Die Feststellung von *Hansen* und *Klinger* basiert jedoch auf einigen wenigen umweltbezogenen Fragestellungen und muss daher einer genaueren Prüfung unterzogen werden.

Hoffmann et al. [1998] fanden heraus, dass Jugendliche ein besonders hohes Interesse an den Kontexten „Physik als Mittel zur Bereicherung emotionaler Erfahrungen“ (also an Naturphänomenen) und „Physik in ihrer Bedeutung für die Gesellschaft“ zeigen. Auch dieses Ergebnis stützt die These, dass umweltphysikalische Themen, die sich mit Naturphänomenen und mit der Bedeutung der Physik für die Gesellschaft auseinandersetzen, aber auch geophysikalische Themen, die Naturphänomene im Fokus haben, für die Mehrheit der Jugendlichen von besonderem Interesse sein könnten. Die Untersuchung von *Häußler et al.* [1996] deutet auf das gleiche hin, denn die Autoren stellen bei zwei von drei identifizierten Interessentypen (insgesamt etwa 80 Prozent aller Schüler) ein hohes Interesse für Naturphänomene und bei 25 Prozent der Schüler ein besonders hohes Interesse für soziale Folgen des Einsatzes von Technologien fest.

Muckenfuß [1995] vertritt die Meinung, dass alle Themen, die einen hohen Anteil an Orientierungswissen aufweisen, auf ein besonders hohes Interesse der Schüler im Physikunterricht stoßen sollten: Die Themen, „[...] die Aufschluss über die Bedingungen der menschlichen Existenz geben können, deren Verwobenheit mit dem Naturgeschehen, über die Eingriffsmöglichkeiten des Menschen und die daraus resultierenden Folgen, über die Veränderungen, die durch Wissenschaft erzeugt wurden und künftig möglich sind [...]“, sollten für Schüler bedeutend und interessant sein [*Muckenfuß*, 1995, S.65]. Geo- und umweltphysikalische Themen erfüllen diese Forderung im hohen Maße.

Hemmer et al. [2005] untersuchten das Interesse der Schüler an geowissenschaftlichen Themen unter Berücksichtigung der biologischen, chemischen, physikalischen und geographischen Betrachtungsweisen. Dabei stellten Autoren ein signifikant höheres Interesse an biologischen und geographischen Aspekten fest. Nur die Jungen zeigen laut dieser Untersuchung ein hohes Interesse für physikalische Aspekte der Geowissenschaft. [*Hemmer et al.*, 2005] Diese Aussage gilt es in der eigenen Befragung zu prüfen. Aus den geschilderten Befunden heraus lässt sich die zweite Arbeitshypothese formulieren:

II. Das Interesse an geo- und umweltphysikalischen Themen ist bei den meisten Kindern und Jugendlichen relativ hoch ausgeprägt.

Um die Interessensausprägung an den erwähnten Themengebieten zu ermitteln, sollte das Interesse an Fragestellungen aus diesen Themenbereichen mit dem an anderen Inhaltsbereichen des Physikunterrichtes verglichen werden. Es bietet sich an, auf die Ergebnisse der bereits vorliegenden Studien zurückzugreifen und die geo- und umweltphysikalischen Themen mit den bereits als interessant eingestuften Themengebieten zu vergleichen: *Hoffmann* und *Lehrke* [1985] weisen darauf hin, dass astronomische bzw. astrophysikalische Themen für Sekundarstufenschüler besonders interessant sind. Auch *Muckenfuß* [1995] berichtet, dass über 70 Prozent der Jungen und über 80 Prozent der Mädchen ein starkes Interesse an den astronomischen Fragen wie „Ob die Sonne sich allmählich abkühlt“, „Warum der Mond täglich seine Gestalt verändert“ und „Warum wir von der Drehung der Erde nichts merken“ zeigen. Die Astronomie/Astrophysik bildet also den ersten Vergleichsbereich des Physikunterrichtes.

In der Untersuchung von *Häußler et al.* [1996] zählen medizinische Fragestellungen zu den interessantesten Themenbereichen innerhalb des Physikunterrichtes. Im Rahmen dieser Studie zeigten etwa 55 Prozent aller Schüler ein sehr hohes Interesse und ca. 25 Prozent ein hohes Interesse an medizinischen Themenstellungen. Die physikalischen Aspekte der Medizin sollten daher als zweiter Themenbereich zum Vergleich der Interessensausprägungen gewählt werden.

Muckenfuß [1995] vertritt die Meinung, dass die Beliebtheit der Unterrichtsfächer vieles über das Interesse an den Themen dieses Faches aussagt. Gehört ein Unterrichtsfach zu den beliebten Fächern, so bedeutet es, dass Schüler sich gerne mit den Unterrichtsinhalten auseinandersetzen. Der Begriff der Beliebtheit hat demnach eine Aktivitätskomponente, die nach den gängigen Interessensdefinitionen ein wesentlicher Bestandteil des Interesses ist. Die Befra-

gungen zur Beliebtheit der Unterrichtsfächer im Buch von *Muckenfuß* [1995] sowie in der IPN-Interessensstudie [*Hoffmann et al.*, 1998] zeigten, dass Biologie zum beliebtesten naturwissenschaftlichen Fach gehört, gerade bei Mädchen. In der vorliegenden Untersuchung sollte die Biophysik daher als ein weiterer Vergleichsthemenbereich betrachtet werden. Aus diesen Überlegungen heraus lässt sich die dritte Arbeitshypothese ausformulieren:

III. Das Interesse an geo- und umweltphysikalischen Themen ist bei den meisten Kindern und Jugendlichen in etwa so hoch ausgeprägt, wie das Interesse an den bereits als interessant eingestuften Themengebieten Astronomie/Astrophysik, Medizin sowie an Biophysik.

In der bereits ausführlich beschriebenen pädagogischen Interessenstheorie wird das Interesseskonstrukt als ein Gebilde aus zwei Komponenten aufgefasst, dem situationalen und dem individuellen Interesse, dabei wechselwirken beide Komponenten ständig miteinander [*Prenzel, Krapp und Schiefele*, 1986; *Krapp*, 1992a, b]. In der vorliegenden Befragung soll in erster Linie das situationale Interesse an geo- und umweltphysikalischen Themen, also das Potenzial dieser Themengebiete in Bezug auf ihre Interessanztheit für Kinder und Jugendliche untersucht werden.

Die drei formulierten Hypothesen lassen sich wie folgt zu einer Arbeitshypothese zusammenfassen:

Das Interesse an geo- und umweltphysikalischen Themen ist bei den meisten Kindern und Jugendlichen in etwa so hoch ausgeprägt, wie das Interesse an den bereits als interessant eingestuften Themenbereichen Medizin, Astronomie/Astrophysik sowie an Biophysik. Geo- und umweltphysikalische Themen, die das Potenzial des situationalen Interesses in sich tragen, können die Ausbildung des individuellen Interesses an physikalischen Themen bereits während der Grundschulzeit begünstigen und somit dem Interessesverfall im Bereich der Sekundarstufe I entgegenwirken.

4.2 Untersuchungsdesign und Stichprobe

Die Befragung wurde einmalig im Rahmen eines Schülerlaborbesuches im Klassenverband am Ende der Veranstaltung durchgeführt. Sie fand im Zeitraum von April 2011 bis Februar 2012 statt. Die Fragebögen wurden von Schülern unter Anleitung des Schülerlaborleiters beantwortet.

Die Stichprobe beinhaltete 313 Schüler der Klassenstufen drei, vier, sieben, acht, neun und zehn. Die Verteilung der Befragten auf die Klassenstufe, Schulform bzw. Geschlecht ist in der Tab. 4.1 abgebildet:

Klassenstufe			Schulform			Geschlecht		
	n	%		n	%		n	%
3	78	24,9	Grundschule	175	55,9	Jungen	148	47,3
4	97	31,0	Hauptschule	25	8,0	Mädchen	165	52,7
7	27	8,6	Gymnasium	35	11,2	Gesamt	313	100
8	13	4,2	Gesamtschule	78	24,9			
9	46	14,7	Gesamt	313	100			
10	52	16,6						
Gesamt	313	100						

Tab. 4.1: Zusammensetzung der Stichprobe bei der Schülerbefragung.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eine Befragung der Grundschullehrkräfte durchgeführt. An ihr nahmen 62 Personen teil. Diese Zusatzbefragung diente dem Zweck, die Angaben der Schüler mit denen der Lehrer zu vergleichen. Die Grundschullehrer sollten als Experten einen ausgewählten Teil der Items in Bezug auf ihre Interessantheit für Dritt- und Viertklässler einschätzen. Dabei mussten sie zwischen dem Interesse der Mädchen und dem der Jungen unterscheiden. Die Tab. 4.2 zeigt die Verteilung der befragten Lehrer in Bezug auf ihr Geschlecht, ihre Ausbildung und ihre Berufserfahrung.

im Sachunterricht ausgebildet oder fachfremd			Geschlecht			Anzahl der Jahre im Schuldienst		
	n	%		n	%		n	%
ausgebildet	23	37,1	männlich	16	25,8	1 bis 5	14	22,6
fachfremd	39	62,9	weiblich	46	74,2	6 bis 10	7	11,3
gesamt	62	100,0	gesamt	62	100,0	11 bis 20	21	33,9
						21 bis 30	8	12,9
						mehr als 31	12	19,4

Tab. 4.2: Die Zusammensetzung der Stichprobe bei der Lehrerebefragung

Bei der vorliegenden Lehrerbefragung handelt es sich um eine gemeinsame Untersuchung der Institute für Chemie- und Physikdidaktik. Sie wurde im Zeitraum von November 2011 bis März 2012 durchgeführt. Die Fragen konnten freiwillig zu einem beliebigen Zeitpunkt online beantwortet werden. Die Abb. 4.1 stellt das Design der kompletten Untersuchungsbefragung schematisch dar und verdeutlicht, dass diese aus zwei Teilbefragungen besteht.

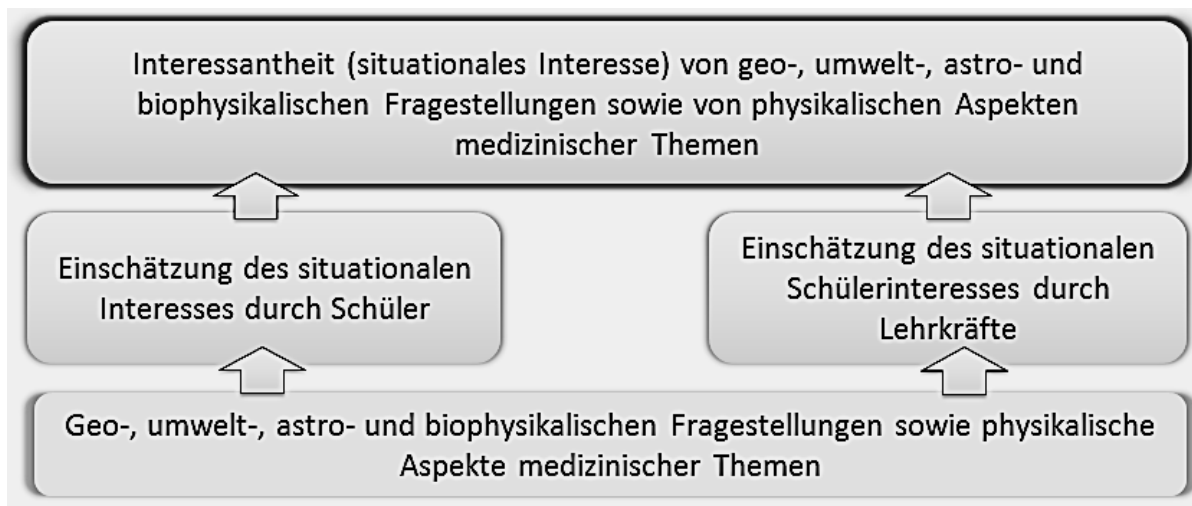


Abb. 4.1: Design der Interessensbefragung

4.3 Erhebungsinstrument

Um die Arbeitshypothese zu überprüfen, wird in der vorliegenden Arbeit die Fragebogenmethode genutzt. Die Befragung richtet sich an Schüler der Primar- und Sekundarstufe I. Aufgrund der großen Altersspanne wurden zwei verschiedene Fragebögen entwickelt. Insbesondere die Tatsache, dass jüngere Schüler über eine geringere Konzentrationsfähigkeit und Lesekompetenz verfügen und daher keine langen Fragetexte aufmerksam lesen und beantworten können, führte zur Überlegung, zwei unterschiedliche Bögen einzusetzen. Beide Erhebungsbögen sind im Anhang dieser Arbeit abgebildet (Anhang 0.1 bis Anhang 0.4). Der erste von ihnen richtet sich an Kinder von der dritten bis zur sechsten Klasse und stellt die gekürzte Version des zweiten Fragebogens dar, der für Jugendliche von der siebten bis zur zehnten Klasse konzipiert wurde. Bei der Erfassung der Interessantheit ausgewählter Themenbereiche durch Lehrkräfte handelt es sich um einen kleinen Teil einer umfangreichen Grundschullehrerbefragung der Universität Siegen (siehe Erläuterungen im Kapitel 4.2). Für die Einschätzung der Schülerinteressen wurden zehn Items eingesetzt, die aus dem Fragebogen der jüngeren Schüler entnommen wurden (Anhang 0.5).

Aufbau der Fragebögen

Beide Fragebögen weisen einen identischen Aufbau auf. Sie bestehen im Wesentlichen aus drei Teilen: Im ersten Abschnitt werden die Persönlichkeitsmerkmale wie Alter, Geschlecht usw. festgehalten. Im zweiten Teil des Fragebogens befinden sich Items, mit deren Hilfe das Interesse an den fünf ausgewählten Bereichen Medizin, Astronomie/Astrophysik, Biophysik, Geophysik und Umweltphysik erfasst wird. Im dritten Teil wird das eventuell bereits vorhan-

dene individuelle Interesse an einem der Themen durch zwei weiterführende Fragen angesprochen. Eine von ihnen trägt den Charakter einer offenen Frage, bei der Schüler ihr Interesse an einem der Items begründen sollen; die zweite bezieht sich auf die möglichen Auseinandersetzungen mit dem genannten Thema in der Freizeit, hierbei sind die Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Nur im zweiten Bereich unterscheiden sich die beiden Fragebögen und zwar durch die Anzahl der Interessensitems.

Interessensitems zu den fünf Themenbereichen

Hartinger und *Fölling-Albers* [2002] weisen auf die Schwierigkeiten hin, die bei der Befragung von Kindern zu berücksichtigen sind. Die Autoren sind der Meinung, dass der Begriff Interesse für Kinder schwierig nachzuvollziehen ist. Daher wurde bei der Formulierung der Fragestellungen auf diesen Begriff weitgehend verzichtet und stattdessen Wörter wie Spaß und Freude genutzt, die die emotionale Komponente des Interesses beschreiben.

Roßberger und *Hartinger* [2000] stellen fest, dass Tätigkeiten und nicht Kontexte eine herausragende Rolle bei Interessenbefragungen der jüngeren Schüler spielen. Daher wird in der vorliegenden Befragung nur zwischen den Tätigkeiten differenziert. Zwischen verschiedenen Kontexten wird nicht unterschieden, vor allem aus dem Grund, dass alle fünf Themenbereiche als Kontexte zur Behandlung von Inhalten im Sach- bzw. Physikunterricht angesehen werden können.

In der schülerlaborinternen Interessensbefragung wird das situationale Interesse erfasst und verglichen. Um das Interesse an den Bereichen Medizin, Astronomie/Astrophysik, Biophysik, Umweltphysik und Geophysik zu ermitteln, wurden zu den Inhaltsgebieten Medizin und Biophysik vier Items (bzw. fünf Items für ältere Schüler) formuliert; in den übrigen Themengebieten wurden 4 bzw. 6 Items eingesetzt. Die Anzahl der Items variiert, weil die Bereiche Geo- und Umweltphysik (aber auch die Astrophysik) im Fokus dieser Befragung stehen. Die verwendeten Fragestellungen sind der Tab. 4.3 zu entnehmen. Die fett markierten Fragen wurden nur bei der Befragung der Jugendlichen eingesetzt.

Alle Items wurden in der Testphase des Fragebogens von Grundschullehrern auf Verständlichkeit geprüft. Daraufhin wurden Missverständnisse in den Formulierungen behoben. Probefragungen wurden mit Schülern der dritten Klassenstufe durchgeführt.

Themenbereich	Fragestellung	Einschätzung durch...
Medizin	Welche Methoden benutzt ein Augenarzt zur Untersuchung von Augen und wie funktionieren diese?	Plätze
	Wie werden innere Organe z.B. Magen oder Darm untersucht?	Plätze
	Wie funktioniert ein medizinisches Gerät zum Abhören des Herzens?	Plätze
	Warum sehen einige Brillenträger nahe und andere ferne Gegenstände schlecht?	Punkte
	Was ist Blutdruck und wie kann man ihn messen?	Punkte
Biophysik	Warum friert ein Eisbär nicht?	Plätze
	Wie können Fledermäuse im Dunklen jagen?	Plätze
	Warum fliegt die Ahornfrucht?	Plätze
	Wie finden Bienen den Weg zurück zu ihrem Bienenhaus?	Punkte
	Pinguine benötigen sehr wenig Energie beim Schwimmen. Warum ist das so?	Punkte
Astronomie/Astrophysik	Warum gibt es Sonnen- und Mondfinsternisse?	Plätze
	Wie funktioniert ein Fernrohr, das zum Beobachten von Sternen und anderen Himmelsobjekten benutzt wird?	Plätze
	Was sind Schwarze Löcher?	Plätze
	Wie sind die Planeten entstanden?	Punkte
	Sind Kometen eigentlich Sterne? Wieso haben sie einen leuchtenden Schweif?	Punkte
Warum können wir immer nur die eine Seite des Mondes sehen?	Punkte	
Geophysik	Warum gibt es Erdbeben?	Plätze
	Wie sieht es im Inneren der Erde aus und warum wird sie mit einem riesigen Magneten verglichen?	Plätze
	In den Polargebieten kann man am nächtlichen Himmel beeindruckende Lichtschaulspiele beobachten, diese heißen Polarlichter. Doch wie entstehen sie?	Plätze
	Wie kommt es zu den Ausbrüchen von Geysiren und Vulkanen?	Punkte
	Warum ist die Erde im Inneren so heiß und wie kann man diese Wärme nutzen?	Punkte
Können sich Kontinente bewegen, Ozeane verschwinden und neu entstehen?	Punkte	
Umweltphysik	Wie entsteht ein Gewitter?	Plätze
	Was ist das Ozonloch und wie gefährlich ist es für den Menschen?	Plätze
	Wie entstehen Meeresströmungen und wie beeinflussen sie das Klima?	Plätze
	Was würde mit der Erde passieren, wenn das ganze Eis am Nord- und Südpol schmelzen würde?	Punkte
	Wie kann man die Energie der Sonne und des Windes nutzen?	Punkte
Wie entstehen Gletscher und wie werden sie untersucht?	Punkte	

Tab. 4.3: Eingesetzte Items geordnet nach Themengebieten. Fett markierte Fragen sind Zusatzfragen und wurden nur im zweiten Fragebogen für Jugendliche eingesetzt.

Bei der Wahl der Items wurde insbesondere darauf geachtet, dass diese (unabhängig davon aus welchem Themenbereich sie stammen) durch einen physikalischen oder technischen Sachverhalt im Rahmen des Sach- bzw. Physikunterrichtes der Sekundarstufe I erklärt werden können. Darüber hinaus sollte es möglich sein, die formulierten Items im Unterricht durch Schülerexperimente oder Modelle zu behandeln.

Die biophysikalischen Fragstellungen stammen aus der Broschüre zu der Wanderausstellung „Inspiration Natur“. Es handelt sich dabei um ein Projekt, das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und dem Bionik-Kompetenznetz gemeinsam veranstaltet wird. Das zentrale Forschungsfeld wird als Bionik bezeichnet. Dieses Themengebiet beschäftigt sich damit, Technologien oder technische Verfahren dadurch zu optimieren, dass man Strukturen und Prozesse aus der Natur auf die Technik überträgt. [Wunderlich, 2006] Der Wissenschaftszweig Bionik gehört dem Gebiet der Biophysik an und wird in der vorliegenden Befragung daher auch so bezeichnet.

Die Items zum Themenbereich Medizin und die Möglichkeiten ihrer Behandlung im Unterricht wurden aus mehreren Lektüren entnommen. So stammen die Fragen „Warum sehen einige Brillenträger nahe und andere ferne Objekte schlecht?“ sowie „Welche Methoden zur Untersuchung der Augen ein Augenarzt benutzt und wie diese funktionieren?“ aus der Handreichung „Physik in interessanten Kontexten“ [Müller, 2006]. Darüber hinaus wurden aus den Beiträgen von Colicchia und Wiesner [1999] sowie Müller [2000] Fragestellungen „Wie funktioniert ein medizinisches Gerät zum Abhören des Herzes?“ sowie „Was ist Blutdruck und wie kann man ihn messen?“ abgeleitet. Der Item „Wie werden innerer Organe z.B. Magen oder Darm untersucht?“ und dessen Behandlung im Unterricht konnte aus einem weiteren Aufsatz von Müller [2000] übernommen werden. Medizinbezogene Fragestellungen aus der IPN-Interessenstudie konnten in der eigenen Befragung leider nicht berücksichtigt werden. Der Grund hierfür liegt in den unterschiedlichen Zielgruppen der beiden Untersuchungen. Die Items für die vorliegende Befragung durften keine komplexen Sachverhalte ansprechen und mussten so einfach wie möglich formuliert sein, da sie sich in erster Linie an die Grundschüler richteten.

Einige Fragestellungen zur Astrophysik bzw. zur Astronomie wurden auf der Grundlage eines Items aus der IPN-Physikstudie formuliert. In der IPN-Interessenserhebung wurde dieses Wissenschaftsgebiet durch die Frage repräsentiert „Wie das Weltall entstanden ist und was es mit Fixsternen, Planeten und Kometen auf sich hat?“ [Hoffmann et al., 1984, zitiert nach Bleichroth, 1989]. Diese Fragestellung spricht gleichzeitig mehrere Themen innerhalb der

Himmelskunde an. In der vorliegenden Untersuchung wurde daher zu jedem dieser Themen ein Item verfasst. So entstanden die Fragen nach „Wie sind die Planeten entstanden?“ und „Sind Kometen eigentlich Sterne? Wieso haben sie einen leuchtenden Schweif?“. Sonnen- und Mondfinsternisse sowie Mondphasen und damit auch die Bewegung des Mondes um die Erde stellen Inhalte des Kernlehrplans für Physik der Sekundarstufe I des Landes Nordrhein-Westfalen dar [Ministerin für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011]. Sie wurden daher ebenfalls in die Befragung integriert. Die Fragestellung zum Fernrohr wurde aus der Arbeit von *Muckenfuß* [1995] entnommen. Die schwarzen Löcher werden aus Erfahrung sehr oft von Kindern und Jugendlichen angesprochen und wurden daher als Item in die Erhebung aufgenommen.

Alle umweltphysikalischen Fragestellungen wurden aus den allgemeinen Definitionen dieser Forschungsdisziplinen abgeleitet:

„Die 'Umweltphysik' versteht sich als Teilgebiet der Physik. Sie beschäftigt sich mit Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Fluß von Energie und Materie in der Umwelt, d.h. innerhalb der klassischen Umweltsysteme Wasser, Boden, Luft und Ökosystemen, sowie zwischen diesen Systemen (Transferprozesse an den Grenzen). Das Wort 'Physik' weist auf die spezielle Methode hin, quasi auf den Blickwinkel, unter dem die Probleme betrachtet werden. Ein methodischer Aspekt der Umweltphysik ist die Modellbildung, die dem Systemcharakter der Umwelt Rechnung trägt.“ [Fachverband Umweltphysik, 1997]

Das gleiche gilt auch für alle geophysikalischen Items:

„Die Geophysik beschreibt die Erde und die in ihr wirkenden Prozesse mit den Methoden der Physik. Sie gehört in Hinsicht auf ihr Forschungsobjekt zu den Geowissenschaften [...], in Hinsicht auf die wissenschaftliche Methodik zur Physik.“ [Clauser, 2014, S. 2]

Zum Teilbereich „Geophysik“ zählen *Clauser* [2014] und andere Wissenschaftler die Seismologie (hierbei werden Erdbeben, seismische Wellen und Aufbau des Erdinneren untersucht), die Geodäsie und die Gravimetrie (hierzu zählen Messungen zum Erdkörper und seinem Schwerfeld), den Erdmagnetismus (dabei wird das Magnetfeld der Erde und seine Veränderung erkundet) und die Geothermik (es handelt sich um Erkundungen und Messungen der thermischen Prozesse der Erde).

Ausgehend von diesen Definitionen wurde ein Fragenkatalog mit Themen entwickelt. Die formulierten Fragen wurden mit Inhalten der Kinderbücher zum Thema „Erde“ verglichen [z.B. *Bayrhuber und Fischer*, 2005]. Gleichzeitig wurde bei der Wahl der Items darauf geachtet, dass die aus den Definitionen abgeleiteten Fragestellungen mit Experimenten und Modellen im Rahmen des Sach- bzw. Physikunterrichtes beantwortet werden können.

Um die fünf Themengebiete besser miteinander vergleichen zu können, wurden sie in zwei verschiedenen Bewertungsverfahren gegenübergestellt. Im ersten sollten Schüler für die fünf

angebotenen Items Plätze vergeben (ein Item pro Inhaltsbereich). Dadurch ergab sich eine Reihenfolge bezüglich der Beliebtheit der Themengebiete. Jeder Platz (Platz 1 - sehr viel Freude bis Platz 5 - keine Freude) durfte dabei nur ein Mal vergeben werden. Bei der zweiten Bewertungsvariante konnten Schüler für die angebotenen Items Punkte vergeben (von 0 Punkte – kein Spaß bis 3 Punkte – sehr viel Spaß). Dabei durfte die gleiche Punkteanzahl auch mehrmals vergeben werden.

4.4 Ergebnisse

4.4.1 Ergebnisse der Schülerbefragung

Im Folgenden wird nur auf die Ergebnisse der Schülerbefragung eingegangen. Die Befragung der Grundschullehrer wird im Abschnitt 4.4.2 erläutert.

Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Themengebiete

Um die Interessantheit eines Themengebietes zu ermitteln, wurden Mittelwerte aus den Bewertungen aller dazugehörigen Items gebildet. So wurde aus der Bewertung der Fragen „Warum gibt es Erdbeben?“ und „Wie sieht es im Inneren der Erde aus und warum wird sie mit einem riesigen Magneten verglichen?“ die Interessantheit des Themengebiets Geophysik (Bewertung durch Plätze) bestimmt.

Die Befragten wurden in zwei Altersgruppen unterteilt, in die Schülergruppe der Klassenstufen drei bis vier (diese wird auch als Gruppe der Kinder bezeichnet) und in die Gruppe der Schüler von der siebten bis zehnten Klasse (diese wird im Folgenden auch Gruppe der Jugendlichen genannt). Es kamen, wie bereits erläutert, zwei Fragebögen zum Einsatz. Die Tab. 4.4 enthält jedoch drei Bewertungsbereiche. Einer davon gibt Bewertungen von Kindern der Klassenstufen drei bis vier wieder, zwei beziehen sich auf die Bewertungen von Jugendlichen der Klassen sieben bis zehn. In den Spalten drei und sechs der Tab. 4.4 wurden nur die Fragen berücksichtigt, die auch in dem Fragebogen der Kinder vorkamen. Dies ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit der Interessensausprägung in den beiden Schülergruppen. Die Spalten vier und sieben, die sich ebenfalls auf Bewertungen der Jugendlichen beziehen, enthalten außerdem Zusatzfragen. In der Tab. 4.4 wurde darüber hinaus zwischen der Bewertung nach Plätzen und der Bewertung nach Punkten unterschieden.

	Bewertung der Themenbereiche durch Platzvergabe						Bewertung der Themenbereiche durch Punktevergabe					
	Klasse 3-4		Klasse 7-10		Klasse 7-10 (inkl. Zusatzfragen)		Klasse 3-4		Klasse 7-10		Klasse 7-10 (inkl. Zusatzfragen)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	S
Med.	3,8	1,0	3,5	1,2	3,5	1,1	1,1	0,9	1,1	0,7	-	-
Bioph.	3,2	1,1	3,5	1,0	3,7	0,8	2,0	0,7	1,5	0,7	-	-
Astro.	2,9	1,0	3,1	1,0	2,8	0,8	2,3	0,7	2,0	0,7	1,8	0,6
Geoph.	2,5	1,0	2,3	0,9	2,4	0,7	2,4	0,6	2,0	0,7	2,0	0,6
Umweltph.	2,7	0,9	2,6	0,9	2,7	0,8	2,2	0,6	1,9	0,7	1,8	0,6

Tab. 4.4: Mittelwerte sowie Standardabweichungen der Bewertungen von Themengebieten. Links Bewertung durch die Vergabe der Plätze (Platz 1 - sehr viel Freude bis Platz 5 - keine Freude). Rechts Bewertung durch Punktevergabe (von 0 Punkte – kein Spaß bis 3 Punkte – sehr viel Spaß).

Unter Berücksichtigung der Standardabweichungen ist festzuhalten, dass die Mittelwerte relativ nah beieinander liegen. Die vorsichtige Schlussfolgerung, die anhand dieser ersten Auswertung angemessen erscheint, lautet daher: Die Themengebiete Geophysik und Umweltphysik schneiden bei Schülern mindestens genauso gut ab, wie die Themengebiete Astrophysik, Biophysik und Medizin, die bereits in der Literatur als interessant bezeichnet wurden (siehe dazu Kapitel 3). Die Abb. 4.2 stellt die errechneten Mittelwerte graphisch dar.

Bewertung der Themenbereiche- unten nach Plätzen, oben nach Punkten

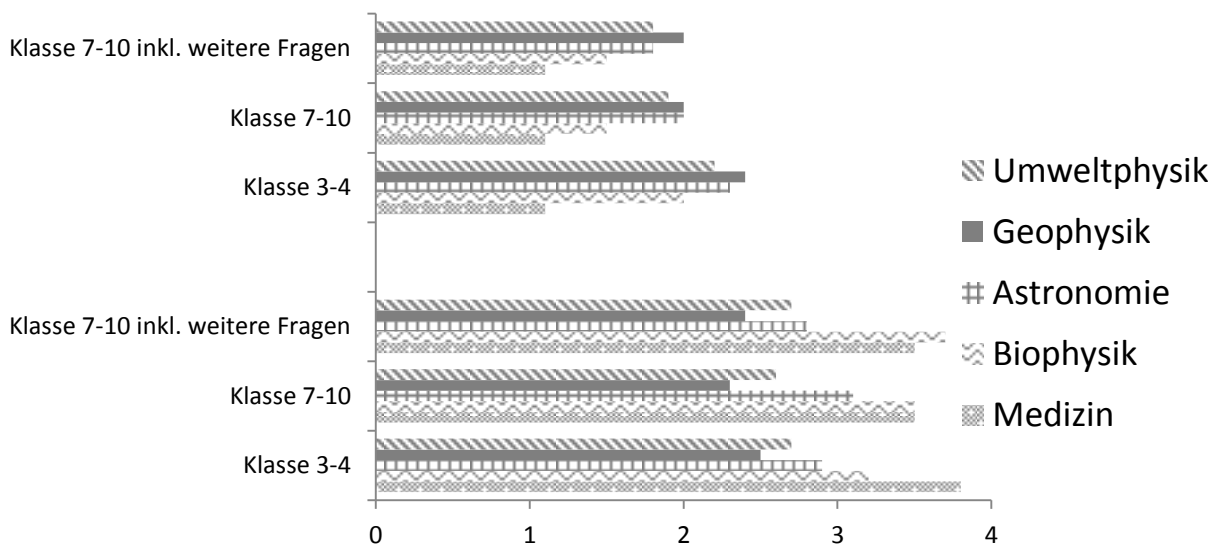


Abb. 4.2: Grafische Darstellung der Mittelwerte aus der Tab. Tab. 4.4 (unten Bewertung durch die Vergabe der Plätze, oben Bewertung durch Punktevergabe).

Um genauere Aussagen zu der vorliegenden Erhebung treffen zu können, wurden die errechneten Mittelwerte mittels T-Tests verglichen. Die Ergebnisse dieser Vergleiche werden im

Folgenden vorgestellt: Der erste T-Test (bei verbundenen Stichproben, Anhang 0.6 und Anhang 0.7) stellte Unterschiede in der Wertung der einzelnen Themenbereiche fest. Dieser Test zeigte für die Gruppe der Kinder, dass Medizin signifikant schlechter bewertet wird, als alle anderen Themenbereiche. Eine ähnliche Situation ergibt sich auch für Biophysik. Die Themengebiete Astrophysik, Geophysik und Umweltphysik finden Kinder der Grundgesamtheit in etwa gleich interessant. In der Gruppe der Jugendlichen brachte der Vergleich einzelner Themengebiete ein ähnliches Ergebnis: Medizin schneidet in der Gruppe der Jugendlichen schlechter ab. Vergleicht man die Themengebiete unter der Berücksichtigung der zusätzlichen Fragestellungen, so ergibt sich eine identische Situation. Dies deutet darauf hin, dass ausgewählte themenbezogene Fragestellungen die Inhaltsbereiche gut abbilden. Auch biophysikalische Fragestellungen bewerteten Jugendliche der Grundgesamtheit schlechter als die drei übrigen Bereiche. Im Gegensatz dazu schneiden Astro-, Geo- und Umweltphysik in etwa gleich gut ab.

Unterschiede zwischen der Bewertung der Kinder und Jugendlichen

Die möglichen Unterschiede in der Interessensausprägung der Kinder und der Jugendlichen an den fünf genannten Themengebieten wurden anhand des Vergleiches der Mittelwerte bei unabhängigen Stichproben untersucht. Der T-Tests deckte einige signifikante Unterschiede auf (Anhang 0.8). Kinder der Grundgesamtheit bewerteten biophysikalische Fragen signifikant besser als Jugendliche. Auch astro-, geo- und umweltphysikalische Fragen finden Kinder der Grundgesamtheit interessanter als Jugendliche. Bei der Medizin ließen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen, wobei das Interesse an diesem Themenbereich bei beiden Gruppen im Mittel geringer ausfiel. Diese Feststellung ist keinesfalls überraschend, denn bereits im Kapitel 3 wurde auf einen Rückgang des naturwissenschaftlichen Interesses in der Sekundarstufe I verwiesen. Die Abnahme des Interesses scheint jedoch in hier untersuchten Themenbereichen nicht so stark ausgeprägt zu sein.

Unterschiede zwischen den Geschlechtern

Die bisherigen Studien legen nahe, dass es Unterschiede in den naturwissenschaftlich-technischen Interessen der Mädchen und Jungen gibt. Ob das auch bei den hier untersuchten Themenbereichen der Fall ist, soll durch den Vergleich der Mittelwerte festgestellt werden.

Der Mittelwertvergleich (Anhang 0.9) deutet jedoch darauf hin, dass sich das Interesse der Mädchen und Jungen in Bezug auf die hier vorgeschlagenen Themengebiete nicht unterscheidet. Dieses Ergebnis bezieht sich sowohl auf die Gruppe der Kinder als auch auf die der Ju-

gendlichen. Das bedeutet, sowohl Mädchen als auch Jungen zeigen im Mittel ein gleich hohes Interesse für die angebotenen Fragestellungen. Die Mittelwerte für die Bewertung der einzelnen Themenbereiche unterteilt nach Geschlecht sind dem Anhang 0.9, der Tab. 4.5 und der Abb. 4.3 zu entnehmen.

	Bewertung der Fragen nach Punkten (Zusatzfragen nicht berücksichtigt):											
	Jungen						Mädchen					
	allgemein		Kl. 3-4, n=83		Kl. 7-10, n=65		allgemein		Kl. 3-4, n=92		Kl. 7-10, n=73	
	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>
Med.	1,1	0,8	1,0	0,9	1,1	0,6	1,1	0,9	1,1	0,9	1,0	0,8
Bioph.	1,7	0,8	1,9	0,7	1,5	0,7	1,8	0,8	2,1	0,7	1,5	0,8
Astro.	2,3	0,7	2,4	0,7	2,1	0,6	2,1	0,7	2,3	0,7	1,9	0,7
Geoph.	2,3	0,6	2,4	0,6	2,1	0,6	2,1	0,7	2,3	0,6	1,8	0,7
Umweltph.	2,1	0,7	2,1	0,7	2,0	0,6	2,1	0,7	2,3	0,6	1,8	0,7

Tab. 4.5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bewertungen von Jungen und Mädchen (Bewertung nach Punkten; die Statistik zur Bewertung nach Plätzen kann dem Anhang 0.9 entnommen werden).

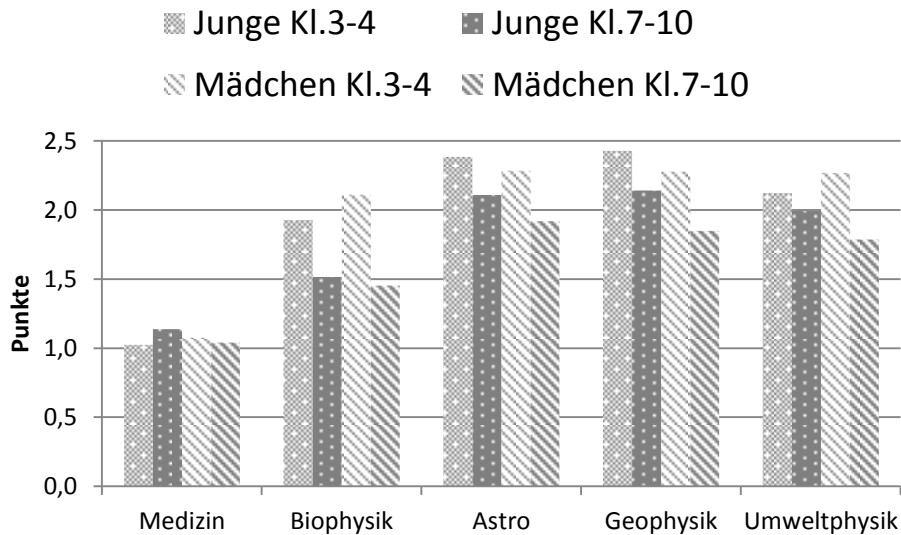


Abb. 4.3: Grafische Darstellung der Mittelwerte aus der Tab. 4.5.

Unterschiede zwischen gleichgeschlechtlichen Kindern und Jugendlichen

Bereits aus der Tab. 4.5 und Abb. 4.3 kann entnommen werden, dass sich die Bewertungen der Jungen der Klassenstufen 3-4 und der Jungen der Klassenstufen 7-10 sowie die Interesseinschätzungen der Mädchen der Klassenstufen 3-4 und der Mädchen der Klassenstufen

7-10 voneinander unterscheiden. Ob diese Unterschiede signifikant sind, wurde ebenfalls mit dem T-Test ermittelt.

Es ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Jungen der Klassenstufen 3-4 und 7-10 (Anhang 0.10). Es handelt sich dabei um biophysikalische Fragestellungen. Laut T-Test finden Jungen der Klassenstufen 3-4 biophysikalische Fragen interessanter als Jungen der Klassenstufen 7-10.

Zwischen den Mädchen der Klassenstufen 3-4 und 7-10 ergaben sich signifikante Unterschiede in Bezug auf die Bewertung aller Themenbereiche bis auf die Medizin: Bio-, astro-, geo- und umweltphysikalische Fragestellungen schneiden bei Mädchen der Klassenstufen 3-4 besser ab als bei Mädchen der Klassenstufen 7-10 (Anhang 0.11). Dieser abwärts gerichtete Interessenstrend (allerdings hier nur sehr schwach ausgeprägt) wurde bei Mädchen auch in der Literatur zum Interesse (siehe Kapitel 3) festgestellt.

Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Fragestellungen

Nicht nur die Interessensausprägung an den kompletten Themenbereichen, sondern auch an den einzelnen Items innerhalb eines Gebietes ist von Bedeutung. Schließlich sollen zu einigen ausgewählten Fragestellungen im weiteren Verlauf der Arbeit Schülerversuche entwickelt werden. Aus didaktischer Sicht sollte man sich bei der Auswahl der Themen zwar nicht nur nach den Interessen der Kinder richten, jedoch ist dies ein wichtiges Auswahlkriterium.

Wie bereits erläutert, bewerten Kinder und Jugendliche astro-, geo- und umweltphysikalische Fragestellung im Allgemeinen sehr gut. Jedoch gibt es Items, die auf ein besonders hohes Interesse stoßen. Als handhabbares Beurteilungsmerkmal für die besondere Attraktivität eines Inhaltes wurde folgendes Kriterium festgelegt: Mindestens 50 Prozent der Schüler sollten die Fragestellung auf Platz 1 und 2 gewählt haben. Besonders interessante Themen im Bereich der Geophysik sind demnach Fragestellungen zu Erdbeben und zum Magnetfeld der Erde. Im Bereich der Umweltphysik schneidet das Item zum Ozonloch sehr gut ab. Im Bereich der Astronomie ist die Fragestellung nach den Sonnen- und Mondfinsternissen für die Schüler der Klassenstufen drei bis vier besonders attraktiv. Die Frage nach Schwarzen Löchern bricht in der Gruppe der Jugendlichen alle Rekorde, denn 78 Prozent der Schüler setzen diese Frage auf die Plätze 1 und 2 (Tab. 4.6).

Bewertung durch Vergabe der Plätze										
in beiden Fragebögen aufgeführte Themen								zusätzliche Fragen		
		Geoph.: Erdbeben	Geoph.: Erdmagnetfeld	Umweltph.: Gewitters	Umweltph.: Ozonloch	Astro.: Sonnen- und Mondfinsternisse	Astro.: Fernrohr	Geoph.: Polarlichter	Umweltph.: Meeresströmungen	Astro.: Schwarze Löcher
Kl.3-4	1. Platz	24,4	37,1	23,4	27,3	26,7	10,4	-	-	-
	2. Platz	27,3	22,9	21,1	24,4	23,3	21,4	-	-	-
	3. Platz	19,8	15,3	21,6	22,7	27,3	24,9	-	-	-
	4. Platz	20,9	16,5	18,7	17,4	13,4	24,9	-	-	-
	5. Platz	7,6	8,2	15,2	8,1	9,3	18,5	-	-	-
Kl.7-10	1. Platz	28,1	39,9	22,1	29,2	25,5	10,3	25,7	7,5	51,1
	2. Platz	33,3	24,6	24,3	31,4	21,2	16,2	22,8	27,8	26,7
	3. Platz	19,3	16,7	24,3	19,0	21,9	15,4	24,3	26,3	14,8
	4. Platz	14,1	13,0	18,4	12,4	18,2	25,0	17,6	21,8	3,7
	5. Platz	5,2	5,8	11,0	8,0	13,1	33,1	9,6	16,5	3,7

Tab. 4.6: Häufigkeiten der Nennungen bei der Vergabe von Plätzen.

Das Auswahlkriterium für die beliebtesten Themen, wenn es um die Vergabe von Punkten geht, lautet hier: Mindestens 50 Prozent der Kinder und Jugendlichen sollten für diese Inhalte eine volle Punktzahl vergeben haben. Demnach zählen zu den interessantesten Fragen im Bereich der Geophysik die, bei denen es sich um Geysire und Vulkane sowie um die Wärme aus dem Erdinneren handelt. Das Item bezüglich der Folgen der Polkappenschmelze aus dem Bereich der Umweltphysik scheint nach diesem Kriterium beide Gruppen sehr zu interessieren. Im Bereich der Astronomie schneidet die Frage nach der Entstehung von Planeten in beiden Gruppen besser ab, als andere Fragen, denn etwa 63 Prozent der Kinder und etwa 58 Prozent der Jugendlichen bewerten dieses Thema mit der vollen Punktzahl (Tab. 4.7).

Bewertung durch Vergabe der Plätze										
in beiden Fragebögen aufgeführte Themen								zusätzliche Fragen		
		Umweltph.: Schmelzen der Polkappen	Umweltph.: Sonnen- und Windenergie	Geoph.: Geysire und Vulkane	Geoph.: Wärme aus dem Erdinneren	Astro.: Entstehung von Planeten	Astro.: Kometen	Umweltph.: Gletscher	Geoph.: Plattentektonik	Astro.: Mond- und seine Bewegung
BKl.3-4	0 Punkte	2,3	5,8	1,7	2,9	4,6	4,0	-	-	-
	1 Punkt	13,1	20,8	12,1	14,9	8,6	16,2	-	-	-
	2 Punkte	29,7	37,6	30,5	32,2	23,4	35,8	-	-	-
	3 Punkte	54,9	35,8	55,7	50,0	63,4	43,9	-	-	-
Kl.7-10	0 Punkte	2,2	16,7	6,6	7,2	3,6	16,7	17,4	5,8	16,7
	1 Punkt	15,2	34,1	15,3	25,4	8,8	29,0	27,5	17,4	31,2
	2 Punkte	32,6	35,5	43,1	36,2	29,9	31,9	40,6	37,7	34,8
	3 Punkte	50,0	13,8	35,0	31,2	57,7	22,5	14,5	39,1	17,4

Tab. 4.7: Häufigkeiten der Nennungen bei der Vergabe von Punkten.

Interessensfavoriten der Schüler

Die entwickelten Fragebögen enthielten neben den Items zu den fünf Themenbereichen eine offene Frage. In dieser sollten Schüler ein Thema aus dem Fragenkatalog nennen, das ihnen am meisten Freude bereiten würde. Darüber hinaus sollten sie eine Begründung formulieren, wieso sie ausgerechnet dieses Item ausgewählt haben. Zur Diskussion standen nur solche Fragen, die durch Punktevergabe bewertet wurden. Diese offene Frage lieferte einen zusätzlichen Hinweis in Bezug auf die besonders attraktiven Themen. Darüber hinaus konnte anhand der Begründungen festgestellt werden, ob Schüler wirklich situatives Interesse an ausgewählten Themen im Sinne von *Krapp* zeigen.

Die Frage nach der Entstehung von Planeten wurde besonders oft als das interessanteste Thema bezeichnet. Etwa 23 Prozent der Dritt- und Viertklässler sowie etwa 29 Prozent der Siebt- bis Zehntklässler lieferten eine Begründung für das hohe Interesse an diesem Thema (Tab. 4.8 und Abb. 4.4). Schüler gaben oft an, dass sie speziell an der Entstehung der Erde interessiert seien. Am zweithäufigsten wählten Schüler das Item zu den Folgen des Eisschmelzens an den Erdpolen. Etwa 18 Prozent der Dritt- und Viertklässler und sogar etwa 28 Prozent der Jugendlichen bekundeten ein besonderes Interesse an dieser Frage. Sehr oft äußerten Schüler dabei ihre Sorge um die Erde. Das an dritter Stelle genannte Thema in der Gruppe der Jugendlichen

ist die Neuentstehung der Ozeane. Etwa 11 Prozent der Jugendlichen brachten Argumente dafür, wieso sie ausgerechnet diese Frage am spannendsten fanden. Da diese Frage nicht im Fragebogen der Kinder enthalten war, konnte das Interesse der Kinder hierzu nicht ermittelt werden.

begründete Frage	Klasse 3-4 %	Klasse 7-10 %	Gesamt %
Med.: Fehlsichtigkeit	0,7	2,2	1,3
Med.: Herz	3,4	-	2,1
Bioph.: Pinguine	15,2	2,2	10,2
Bioph.: Bienen	2,8	2,2	2,6
Astro.: Entstehung von Planeten	23,4	28,9	25,5
Astro.: Kometen	8,3	4,4	6,8
Astro.: Mond	-	1,1	0,4
Geoph.: Geysire und Vulkane	17,2	8,9	14,0
Geoph.: Erdwärme	2,8	2,2	2,6
Geoph.: Plattentektonik	-	11,1	4,3
Umweltph.: Schmelzen der Polkappen	17,9	27,8	21,7
Umweltph.: Sonnen- und Windenergie	8,3	5,6	7,2
Umweltph.: Gletscher	-	3,3	1,3
	100	100	100

Tab. 4.8: Die Häufigkeiten der Begründungen eines besonders interessanten Themas.

In der Gruppe der Kinder steht das Thema „Geysire und Vulkane“ an dritter Stelle. Etwa 17 Prozent der Kinder gaben eine Begründung dafür ab, wieso sie ausgerechnet diese Frage am spannendsten finden. Im Gegensatz dazu entschieden sich nur 9 Prozent der Jugendlichen für diesen Inhalt. Die Schwimmtechnik der Pinguine wurde von Kindern ebenfalls besonders oft ausgewählt. Etwa 15 Prozent der Kinder verfassten eine Begründung zu ihrem Interesse an dieser Frage. Jedoch fiel auf, dass Kinder sehr oft mit Sätzen wie „weil ich Pinguine süß finde“ oder „weil ich Tiere mag“ argumentierten. Daher kommen Zweifel auf, ob Kinder tatsächlich an dem wirklich gemeinten Sachverhalt interessiert waren. Diese Zweifel werden auch dadurch gestützt, dass nur 2 Prozent der Jugendlichen dieses Thema als interessant wahrgenommen haben.

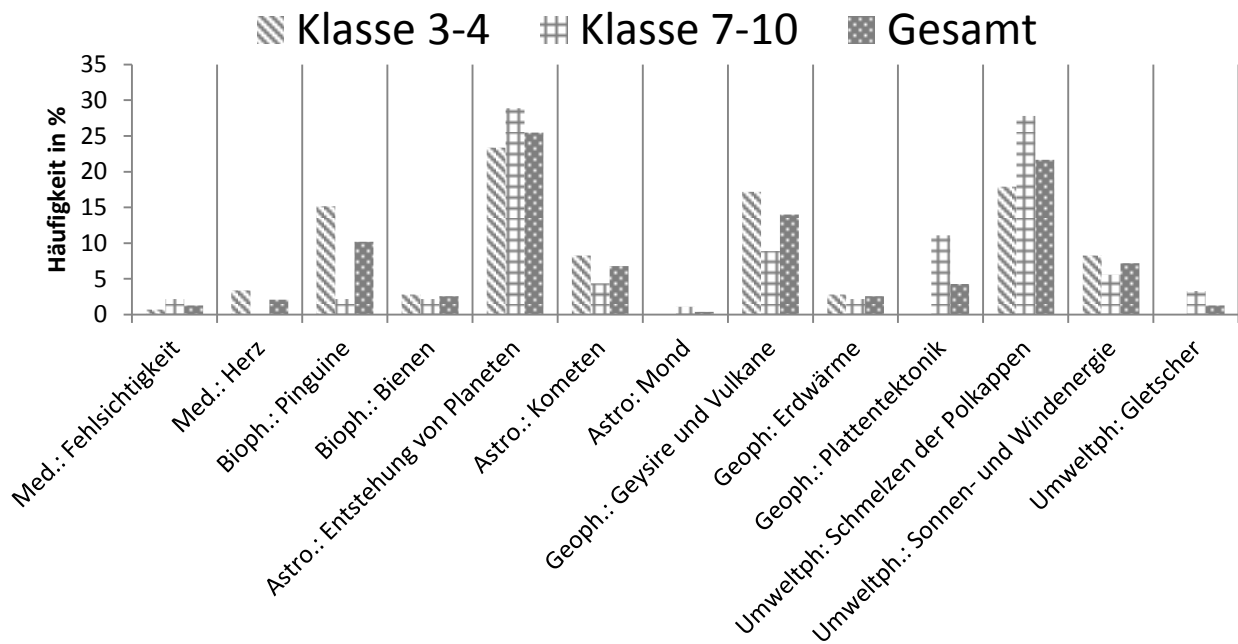


Abb. 4.4: Grafische Darstellung der Häufigkeiten aus der Tab. 4.8.

Kategorisierung der Begründungen

Nicht nur die Häufigkeiten sondern auch die Inhalte der Begründungen geben einen Aufschluss über das situationale Interesse des Kindes bzw. des Jugendlichen. Da es sich bei dem Begründungsitem um eine offene Fragestellung handelte, wurden die abgegebenen Argumente zuerst gesichtet. Im zweiten Schritt wurden Begründungskategorien gebildet, um eine quantitative Erfassung zu ermöglichen. Die Kategorien und die Häufigkeiten ihrer Nennungen sind der Tab. 4.9 und der Abb. 4.5 zu entnehmen.

Die Begründungskategorie „Weil ich es wissen möchte“ stellt offensichtlich die kognitive Komponente des Interesses nach *Krapp* dar. Bei der Kategorie „Weil ich es spannend/ toll finde“ handelt es sich um die emotionale Komponente. Die Begründungen „Weil es wichtig ist“ und „Weil es gefährlich ist/ich mir Sorgen mache“ repräsentieren die wertbezogene Komponente des Interesses. Anhand der Argumente, die von Schülern innerhalb dieser offenen Frage geäußert wurden, lässt sich schlussfolgern, dass es sich bei der erhobenen Variable tatsächlich um das situationale Interesse im Sinne der pädagogischen Interessentheorie handelt. In den Äußerungen wie „Weil mich dieses Thema interessiert“ und „Weil mich das ganze Themengebiet interessiert“ spiegelt sich das Interesse der Kinder und Jugendlichen direkt wider.

Etwa 32 Prozent der Kinder und ca. 27 Prozent der Jugendlichen zeigten mit der Antwort „Weil ich es wissen möchte“ ihre neugierige Haltung gegenüber den Fragestellungen, die dem situationalen Interesse entspricht. Diese Äußerung ist die häufigste Begründung in der Gruppe der Kinder und die zweithäufigste in der Gruppe der Jugendlichen. Etwa 32 Prozent der Jugendlichen gaben an, dass sie ein hohes Interesse an dem Thema haben. Im Gegensatz dazu benutzen Kinder nur in etwa 17 Prozent der Fälle diese Aussage. Etwa 11 Prozent der Kinder antworteten, dass sie die Frage spannend finden. Diese Begründung wurde von nur etwa 3 Prozent der Jugendlichen abgegeben. Vermutlich konnten sie diesen emotionalen Zustand dem Begriff „Interesse“ direkt zuordnen, ohne noch einmal schriftlich in besonderer Weise darauf einzugehen.

Begründung (Mehrfachnennungen mögl.)	Klasse 3-4	Klasse7-10	Gesamt
Weil mich dieses Thema interessiert	16,6	32,2	22,6
Weil mich das ganze Themengebiet interessiert	12,4	13,3	12,8
Weil ich es wissen möchte	32,4	26,7	30,2
Weil ich es spannend/ toll finde	11,0	3,3	8,1
Weil es gefährlich ist/ich mir Sorgen mache	7,6	10,0	8,5
Weil es wichtig ist	4,1	13,3	7,7
Weil ich Tiere mag	4,1	1,1	3,0
Sonstiges	18,6	14,4	17,0

Tab. 4.9: Begründungskategorien und die Häufigkeiten ihrer Nennungen.

Überraschend ist, dass etwa gleich viele Kinder und Jugendliche die Fragen einem bestimmten Themenbereich richtig zuordnen konnten. Sie bekundeten dabei ein bereits vorhandenes Interesse an einem kompletten Themengebiet. Erwartungsgemäß antworteten Jugendliche öfter „Weil es wichtig ist“. Sie benutzten dieses Argument in etwa 13 Prozent aller Fälle. Kinder begründeten so oft mit der Aussage „Ich mag Tiere“, dass diese als eine gesonderte Kategorie aufgefasst werden musste. Die Abb. 4.5 stellt die beschriebene Antwortsituation grafisch dar.

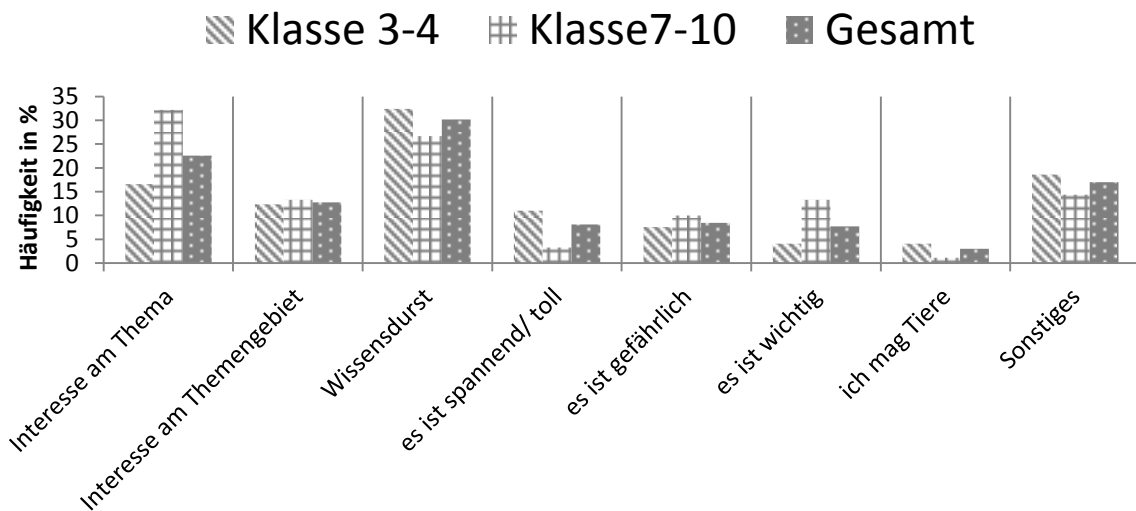


Abb. 4.5: Grafische Darstellung der Begründungshäufigkeiten aus der Tab. 4.9.

Beschäftigungen mit ausgewählten naturwissenschaftlichen Themen in der Freizeit

Der eingesetzte Fragebogen enthielt darüber hinaus ein Item zu Freizeitbeschäftigungen. Kinder und Jugendliche sollten dabei angeben, ob sie sich mit einem der Themenbereiche in ihrer Freizeit beschäftigen. Sie konnten dabei zwischen verschiedenen Tätigkeiten wählen. Dazu standen folgende Antwortmöglichkeiten zur Auswahl: Unterhaltung mit Freunden, Eltern, etc.; Lesen der Bücher; Recherche im Internet und Schauen von Fernsehsendungen. Erstaunlicherweise gaben etwa 61 Prozent der Kinder und etwa 43 Prozent der Jugendlichen an, dass sie sich mit den begründeten oder ähnlichen Themen in ihrer Freizeit auseinandersetzen (Abb. 4.6). Es wird daher davon ausgegangen, dass Schüler bei diesem Item die naturwissenschaftlichen Themen im Allgemeinen meinen. Kinder kreuzten am häufigsten an, dass sie Bücher dazu lesen (etwa 52 Prozent) und sich Fernsehsendungen anschauen (etwa 49 Prozent). Jugendliche schauen sich, ihrer Angabe nach, viel öfter Fernsehsendungen an (ca. 79 Prozent). Die zweithäufigste Antwort in der Gruppe der Jugendlichen lautete „Unterhaltung mit den Freunden und Familie“ (etwa 47 Prozent). Jugendliche lesen entsprechend ihrer Selbstausskunft seltener Bücher zu naturwissenschaftlichen Themen als Kinder. Gleich oft recherchieren Kinder und Jugendliche im Internet (etwa 33 Prozent).

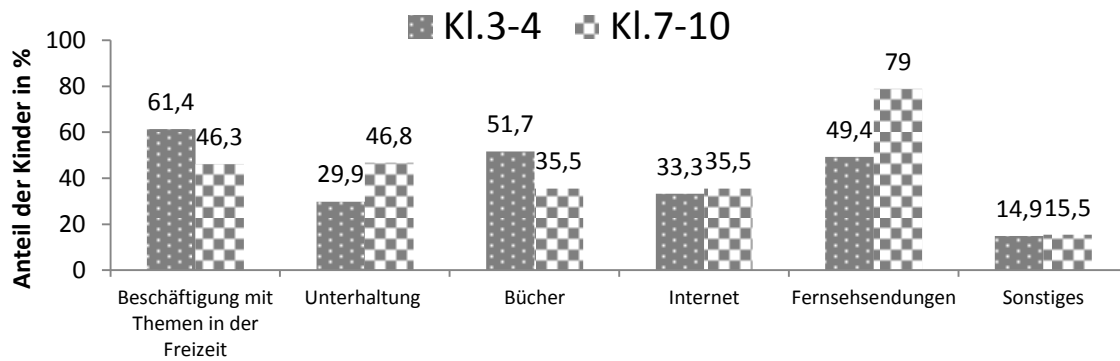


Abb. 4.6: Angaben zur Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen in der Freizeit.

4.4.2 Ergebnisse der Lehrerbefragung

Wie bereits erläutert, wurde neben der interessenbezogenen Schülerbefragung auch eine Erhebung der Lehrereinschätzung vorgenommen. Grundschullehrer traten dabei als Experten auf und sollten angeben, wie stark sich Mädchen und Jungen der Primarstufe für die vorgeschlagenen Themenbereiche interessieren. Hervorzuheben ist, dass Lehrer dabei zwischen den Interessen der beiden Geschlechter unterscheiden sollten.

In der Tab. 4.10 und in der Abb. 4.7 sind die Mittelwerte der Lehrereinschätzungen aufgeführt. Die Grundschullehrkräfte sollten das Interesse der Schüler an ausgewählten Fragestellungen (Anhang 0.5) durch die Vergabe der Punkte (von 0 Punkte – kein Interesse bis 3 Punkte – sehr hohes Interesse) schätzen. Die Items aus dem Lehrerfragebogen stimmten mit den Items aus dem Schülerfragebogen der Klassenstufen drei bis vier überein. Damit sollte eine möglichst genaue Vergleichbarkeit der Einschätzungen erreicht werden. In die Lehrerbefragung wurden nur die Items einbezogen, die Schüler durch die Vergabe von Punkten bewertet hatten.

	Einschätzung der Interessantheit von Themenbereichen			
	Interessant für Jungen		Interessant für Mädchen	
	n=62		n=62	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Med.	1,7	0,6	1,7	0,6
Bioph.	1,7	0,6	1,9	0,7
Astro.	2,2	0,7	1,8	0,8
Geoph.	2,2	0,6	1,8	0,6
Umweltph.	2,4	0,6	2,2	0,5

Tab. 4.10: Wie Grundschullehrer das Interesse der Mädchen und das der Jungen an den ausgewählten Themenbereichen einschätzen (0 Punkte – kein Interesse, 3 Punkte – sehr hohes Interesse).

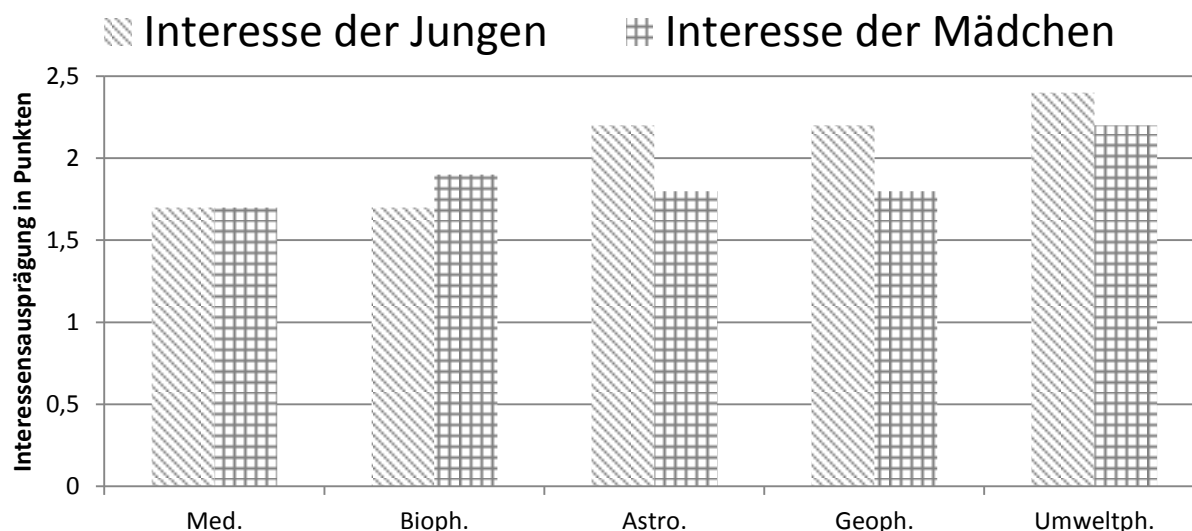


Abb. 4.7: Graphische Darstellung der Mittelwerte aus der Tab. 4.10.

Bereits die Abb. 4.7 gibt einen Anlass zur Vermutung, dass Lehrkräfte bereits in der Primarstufe das Interesse der Jungen an den Themenbereichen Astro-, Geo- und Umweltphysik höher einschätzen als das der Mädchen. Der Mittelwertvergleich hat ergeben, dass Lehrkräfte die Interessen der Jungen und die der Mädchen an allen Themenbereichen bis auf die Medizin tatsächlich signifikant verschieden einschätzen (Anhang 0.12). Die Ausprägung des Interesses an den Bereichen Astronomie, Geophysik und Umweltphysik schätzen Lehrer bei Jungen höher als bei Mädchen ein. Biophysik schneidet ihrer Meinung nach bei Mädchen besser ab als bei den Jungen. Das Interesse an Medizin wird bei beiden Geschlechtern als gleich stark ausgeprägt eingeschätzt (wohlgemerkt ergab die Schülerbefragung keine geschlechtsbedingten Unterschiede). Die Lehrkräfte sind außerdem der Meinung, dass Mädchen besonders stark an Umweltphysik interessiert sind. Jungen zeigen ihrer Meinung nach das höchste Interesse an den Themenbereichen Astro-, Geo- und Umweltphysik.

Demnach stimmen die Einschätzungen der Lehrer mit denen der Schüler insofern überein, als dass beide Gruppen die fünf angebotenen Themenbereiche als sehr interessant einstufen. Lehrer vermuten bereits im Grundschulalter geschlechterspezifische Unterschiede. Grundschüler selbst schätzen ihr Interesse unabhängig vom Geschlecht gleich ein.

4.5 Wahl des Themenschwerpunktes für das Schülerlabor der Universität Siegen

Wie die laborinterne Befragung gezeigt hat, wird jeder der fünf untersuchten Themengebiete von Schülern als interessant empfunden. Die Bereiche Astro-, Geo- und Umweltphysik schneiden dabei besser ab als Medizin und Biophysik. Nichts desto trotz sind alle fünf Themengebiete aus der Perspektive der Interessantheit als Arbeitsschwerpunkte des Labors gut geeignet. Astronomische bzw. astrophysikalische Fragestellungen haben in der Physikdidaktik der Universität Siegen eine lange Tradition. Die Universitätssternwarte, die von der Arbeitsgruppe betreut wird, trägt einen wesentlichen Teil dazu bei. Astronomische Fragestellungen werden daher im Schülerlabor von Anfang an im Rahmen verschiedener Veranstaltungen behandelt.

Neben der Interessantheit weisen alle fünf Themengebiete sicherlich einen hohen Anteil an Orientierungswissen im Sinne von *Muckenfuß* auf (mehr dazu entnehme man dem Kapitel 3), sodass aus dieser Hinsicht keines der Inhaltsbereiche bevorzugt werden kann.

Anders sieht es aus, wenn man die Themen im Hinblick auf die gesellschaftliche Relevanz analysiert. In Anbetracht der aktuellen gesellschaftlichen Probleme wie Globalisierung, Klimawandel, Bevölkerungswachstum, hoher Energiebedarf und Knappheit der Ressourcen erscheinen die Bereiche Geo- und Umweltphysik besonders bedeutungsvoll. Das folgende Zitat aus der Zusammenfassung des IPCC-Berichtes für politische Entscheidungsträger deutet auf die globale Bedeutung der Klimaproblematik hin, mit der sich heutige und zukünftige Generationen auseinandersetzen müssen:

„Der menschliche Einfluss auf das Klimasystem ist klar. Das ist offensichtlich aufgrund der ansteigenden Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, dem positiven Strahlungsantrieb, der beobachteten Erwärmung und des Verständnisses des Klimasystems.[...] Der menschliche Einfluss wurde in der Erwärmung der Atmosphäre und des Ozeans, in Veränderungen des globalen Wasserkreislaufs, in der Abnahme von Schnee und Eis, im Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels und in Veränderungen einiger Klimaextreme erkannt. Die Indizien für den menschlichen Einfluss haben seit dem AR4 zugenommen. Es ist *äußerst wahrscheinlich*, dass der menschliche Einfluss die Hauptursache der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts war. [...] Die kumulativen CO₂-Emissionen bestimmen weitgehend die mittlere globale Erwärmung der Erdoberfläche bis im späten 21. Jahrhundert. Die meisten Aspekte des Klimawandels werden für viele Jahrhunderte bestehen bleiben, auch wenn die Emissionen von Treibhausgasen gestoppt werden. Dies bedeutet einen unabwendbaren Klimawandel von beträchtlichem Ausmaß über mehrere Jahrhunderte hinweg, der durch vergangene, gegenwärtige und zukünftige Emissionen von CO₂ verursacht wird.“ [IPCC, Klimawandel 2013, S. 2]

Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung gehören daher zu wesentlichen Bildungsaspekten in der heutigen und zukünftigen Gesellschaft. Zum umweltbewussten Verhalten tragen sicherlich Vorstellungen und Einstellungen zur Natur und Umwelt am stärksten bei. Geo- und umweltbezogenes Wissen spielt dabei eine wichtige Rolle. Dieses hilft die Erde als System wahrzunehmen und die Folgen des menschlichen Handelns als global anzusehen. Darüber hinaus befähigen Kenntnisse der grundlegenden geo- und umweltphysikalischen Aspekte zur Eigenständigkeit in der Bewertung der Umweltprobleme und ihrer Folgen.

Neben den Betrachtungen zur Interessantheit von fünf ausgewählten Themenbereichen untermauert die Analyse der wesentlichen gesellschaftlichen Probleme die Entscheidung, geo- und umweltphysikalische Inhalte als thematische Schwerpunkte des Schülerlabors der Universität Siegen zu etablieren. Dabei liegen astronomische Inhalte, die von Anfang an für das Schülerlabor der Universität Siegen eine wichtige Rolle spielten, in keiner Weise quer zu den neu etablierten Themen. Auch die astronomische Betrachtung des Planeten Erde, als einen besonderen Himmelskörper, unterstützt den Gedanken des bewussten und nachhaltigen Umganges mit den Ressourcen unseres Planeten.

4.6 Zusammenfassung und Diskussion

Die Befragung im Schülerlabor der Universität Siegen zeigte, dass sowohl Grundschüler als auch Sekundarstufenschüler die Themengebiete Medizin, Biophysik, Astronomie/Astrophysik, Geophysik sowie Umweltphysik als sehr interessant wahrnehmen. Vergleicht man die Themengebiete miteinander, so ergeben sich jedoch Unterschiede in der Einschätzung der Interessantheit: So schneidet der Themenbereich Medizin in der Gruppe der Kinder deutlich schlechter ab, als die übrigen Themenbereiche. Astronomie/Astrophysik, Geophysik und Umweltphysik bezeichnen Schüler im Mittel als etwa gleich interessant. Das Interesse an Biophysik scheint in der Gruppe der Kinder etwas schwächer ausgeprägt zu sein als bei den drei zuletzt genannten Themenbereichen, jedoch liegt es immer noch über der Interessensausprägung für Medizin.

Vergleicht man die Interessantheit eines Themengebietes innerhalb der einzelnen Gruppen, so stellt man fest, dass alle Themenbereiche bis auf die Medizin in der Gruppe der Kinder etwas besser abschneiden als in der Gruppe der Jugendlichen. In vielen Interessensstudien wird wiederholt ein Rückgang des naturwissenschaftlichen Interesses bei Jugendlichen verzeichnet, daher ist dieses Ergebnis nicht überraschend. Darüber hinaus ist positiv anzumerken, dass der

Interessensrückgang an den hier untersuchten Themengebieten deutlich schwächer ausgeprägt ist.

Die Auswertung zeigt außerdem, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt. Das bedeutet, Mädchen und Jungen finden die fünf angebotenen Inhaltsgebiete im Mittel gleich interessant. Innerhalb der Geschlechtergruppen fällt das Interesse der jugendlichen Mädchen an allen Themenbereichen bis auf die Medizin etwas schwächer aus als bei Mädchen aus der Gruppe der Kinder. Der numerische Effekt ist zwar nicht sehr stark ausgeprägt, dennoch sind die Unterschiede der Mittelwerte signifikant.

Nicht nur die Ausprägung des Interesses an dem kompletten Themengebiet, sondern auch an den einzelnen Fragestellungen ist von Bedeutung. Es wurde festgestellt, dass Fragestellungen zu Erdbeben, zum Erdmagnetfeld, zu Geysiren und Vulkanen, zur Wärme aus dem Erdinneren, zum Ozonloch, zu Folgen des Polkappenschmelzens, zu Sonnen- und Mondfinsternissen, zur Entstehung von Planeten und zu Schwarzen Löchern für Kinder und Jugendliche von besonderem Interesse sind. Die Befragten begründeten ihr Interesse entsprechend den Interessenskomponenten nach *Krapp*. Die kognitive und die emotionale Komponente kamen dabei besonders häufig vor. Dies äußerte sich in Aussagen wie „Weil ich es wissen möchte“ oder „Weil ich es spannend/ toll finde“. Auch wertbezogene Begründungen, z.B. „Weil es gefährlich ist/ich mir Sorgen mache“ und „Weil es wichtig ist“ wurden sehr oft angegeben.

Für einen Vergleich wurde eine zusätzliche Grundschullehrerbefragung durchgeführt. Die Lehrer sollten das Interesse von Jungen und Mädchen der Klassenstufen drei bis vier an den gleichen Themengebieten schätzen. Auch Lehrer bezeichneten das Interesse der Grundschüler an den fünf angebotenen Themenbereichen als hoch. Die Befragung ergab darüber hinaus, dass Lehrer das Interesse der Jungen an allen Themengebieten (bis auf die Medizin) höher einschätzen als das Interesse der Mädchen. Das bedeutet: Grundschullehrer sind der Meinung, dass es bereits in der Grundschule geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf die Interessantheit der Fragestellungen gibt. An dieser Stelle stimmen die beiden Befragungen allerdings nicht überein.

Lehrer sind darüber hinaus der Meinung, dass Jungen besonders stark an den astro-, geo- und umweltphysikalischen Themen interessiert seien. Mädchen sollten ihrer Meinung nach an den umweltphysikalischen Themen einen besonderen Gefallen finden. Auch hierbei stimmen die Meinungen der Lehrer und der Schüler nicht ganz überein.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Kinder und Jugendliche ein hohes Interesse an allen fünf verglichenen Themenbereichen zeigen. Die astro-, geo- und umweltphysikalischen Bereiche schneiden bei den Jugendlichen etwas besser ab als die übrigen Themengebiete. In der Gruppe der Kinder gehört auch die Biophysik zu den Favoriten. Es gibt dabei keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede. Die Einschätzung der Lehrer in Bezug auf Geschlechterunterschiede stimmt in einigen Details nicht mit der Selbsteinschätzung der Schüler überein.

Ausgehend aus der dargestellten interessenbezogenen Analyse von Themenbereichen und aus den erläuterten Betrachtungen der gegenwärtigen und zukünftigen gesellschaftlichen Relevanz dieser Themen wurde beschlossen, geo- und umweltphysikalische Fragestellungen als thematischen Arbeitsschwerpunkt im Schülerlabor der Universität Siegen zu etablieren.

5 Vorunterrichtliche Vorstellungen - Ausgangslage der Lernprozesse

Im Kapitel 3 dieser Arbeit wurden erste fundierte Vermutungen hinsichtlich des Interesses von Kindern und Jugendlichen an geo- und umweltphysikalischen Themen auf der Basis von Interessenstudien abgeleitet. In einer eigenen Befragung (siehe Kapitel 4) wurde das Interesse der Schüler an diesen Themenbereichen untersucht. In dem vorliegenden Abschnitt der Arbeit soll betrachtet werden, ab welchem Alter die Beschäftigung mit geo- und umweltphysikalischen Fragen erfolgen kann. Dies soll anhand von einigen entwicklungspsychologischen sowie fachdidaktischen Literaturquellen zu vorunterrichtlichen Vorstellungen der Kinder geschehen.

Zunächst wird auf die Rolle der vorunterrichtlichen Vorstellungen für das Lernen im Allgemeinen eingegangen. Dafür werden Beiträge von *Duit* [1993a, 1993b], *Jung* [1986] und *Wodzinsky* [1996] betrachtet (siehe Kapitel 5.1). Danach werden Ansichten und Einstellungen der Kinder und Jugendlichen zu den umweltbezogenen Themen aufgeführt. Dazu gehören die Arbeiten von *Haan* und *Kuckartz* [1996], *Fuhrer* und *Wölfling* [1997], *Lappe*, *Tully* und *Wahler* [2000] und *Albert* [2010].

Anschließend werden einige internationale Studien über die Sichtweisen der Kinder bezüglich der Gestalt der Erde sowie bezüglich der Erdanziehungskraft detailliert vorgestellt (siehe Kapitel 5.3). Die ausführliche Vorstellung dieser Studien ist für die vorliegende Arbeit geboten, da diese Studien eine Validierungsgrundlage für die eigene Befragung im Rahmen des Schülerlabors bilden. Erläutert werden dabei Studien von *Nussbaum* und *Novak* [1976] sowie von *Nussbaum* [1979], von *Mali* und *Howe* [1979], von *Sneider* und *Pulos* [1983] und von *Vosniadou* und *Brewer* [1992]. Diese älteren Studien stellen eine Basis für viele neuere Untersuchungen dar und werden daher auch hier ausführlich diskutiert. Die Untersuchungen von *Sommer* [2001] sowie *Siegeal*, *Butterworth* und *Newcombe* [2004] gehören zu den weiterführenden Arbeiten auf diesem Gebiet und vermitteln den aktuellen Stand der Forschung.

5.1 Warum vorunterrichtliche Vorstellungen berücksichtigt werden sollen

Schüler, auch wenn es sich um Lernende der Primarstufe handelt, besitzen zu vielen Themen, Phänomenen und Prinzipien vorunterrichtliche Erfahrungen und Ansichten. Man muss also zu Beginn jeder neuen Unterrichtseinheit, ja am Anfang eines jeglichen Lernprozesses, stets da-

von ausgehen, dass Schüler neue Inhalte durch die Brille des bereits Bekannten sehen. Sehr oft stimmen diese vorunterrichtlichen Vorstellungen mit den wissenschaftlichen Sichtweisen nicht überein. Dieses bringt häufig Lernschwierigkeiten mit sich. Es empfiehlt sich daher, sich vor Beginn des Unterrichtes mit ihnen auseinanderzusetzen. [Duit, 1993a, 1993b]

In der didaktischen Literatur finden sich viele verschiedene Bezeichnungen für Erfahrungen und Ansichten, die sich bereits vor dem Unterricht ausgebildet haben. *Wodzinski* [1996] weist auf die Fülle der möglichen Bezeichnungen für dieses Phänomen in ihrem Artikel hin. So gibt es im deutschsprachigen Raum die Bezeichnungen: Schülervorstellungen, Alltagsvorstellungen, Fehlvorstellungen, Schülervorverständnis, Präkonzepte, Sichtweisen; im englischsprachigen Raum sind es: alternative frameworks, childrens` science, intuitive science, facets of knowledge, die für das Phänomen benutzt werden, im Wesentlichen meinen alle diese Bezeichnungen jedoch in etwa dasselbe [*Wodzinski*, 1996].

Wodzinski [1996] zielt in ihrem Artikel darauf ab, die Herkunft der vorunterrichtlichen Sichtweisen ausfindig zu machen: So entstehen Präkonzepte nach *Strike* und *Posner* durch die Alltagssprache, die Bilder und Bedeutungen transportiert [*Strike* und *Posner*, 1992; zitiert nach *Wodzinski*, 1996]. Nach *Anderson* [1985] haben die Schülervorstellungen ihre Wurzeln in den alltäglichen Erfahrungen, die ab der frühen Kindheit gesammelt und im Denkapparat verankert werden [*Anderson*, 1985; zitiert nach *Wodzinski*, 1996]. Eine solche Erfahrung ist die Täter-Opfer-Gestalt. Darunter fallen Vorstellungen wie „Täter hat das Ziel, den Status des Opfers zu verändern“. Im Mechanikunterricht äußert sich diese Vorstellung z.B. bei der Betrachtung der Stoßprozesse: In der Situation, in der ein Wagen gegen einen anderen stehenden Wagen fährt, ist der auffahrende Wagen der Täter, der stehende Wagen ist dabei das Opfer. [*Wodzinski*, 1996]

Jung [1986] zählt zu den Ursachen von Präkonzepten die evolutionsbedingten Auffassungen sowie die, die sich aus der Eltern-Kind-Interaktion ergeben. Solche Auffassungen helfen den Heranwachsenden sich in der Umwelt zurechtzufinden, insbesondere die Ansichten aus dem sozialen Bereich, wie die vom „Geben und Nehmen“, „Gewinn, Behalten und Verlust“. Auch die Alltagserfahrungen, sowie die Formulierungen aus dem alltäglichen Sprachgebrauch listet *Jung* [1986] als eine mögliche Quelle von vorunterrichtlichen Vorstellungen auf.

Alltagsvorstellungen führen oft dazu, dass Kinder und Jugendliche gar nicht verstehen, was der Lehrer oder die Lehrbücher erläutern, weil sie von ihren eigenen Ansichten ausgehen, die keine oder kaum Anschlussfähigkeit an die fachwissenschaftliche Hypothesen- oder Theori-

enbildung aufweisen. Oft beobachten Schüler in den Experimenten das, was ihren eigenen Sichtweisen entspricht, obwohl der Lehrer mit dem Versuch genau das Gegenteil zeigen möchte. Vorunterrichtliche Vorstellungen erweisen sich also als sehr hartnäckig. Daher wird die wissenschaftliche Sicht auf die Dinge von den Schülern keineswegs automatisch angenommen. [Duit, 1993a]

Aus der Interessensforschung wurde im Kapitel 3 dieser Arbeit abgeleitet, dass geo- und umweltphysikalische Themen für Schüler neben den astronomischen, medizinischen und biophysikalischen Fragen im Physikunterricht interessant sein können. Im Kapitel 4 wurde diese Vermutung durch die Befragung von Schülern bestätigt. Zur Erarbeitung eines Lehrkonzeptes für das Schülerlabor müssen aus den oben erläuterten Gründen auch vorunterrichtliche Vorstellungen bezüglich der genannten Themenbereiche betrachtet werden.

Für den Einstieg in den umweltphysikalischen Themenbereich sind die Erkenntnisse über die Ansichten der Kinder zum Komplex „Umwelt/Umweltschutz/Nachhaltigkeit“ von hoher Bedeutung. Diese Auffassung wird auch durch den Kernlehrplan für das Fach Sachunterricht des Landes NRW bestätigt. Dort wird empfohlen, umweltbezogene Fragestellungen zuerst anhand des Themas „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ zu behandeln [Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2008]. Aber auch das Bild von der Erde als „etwas Zusammenhängendes“, also von der Erde als einem System, ist von großem Interesse.

Vor der Beschäftigung mit dem geophysikalischen Themenbereich ist es wichtig, sich mit den Ansichten der Kinder über die Gestalt der Erde vertraut zu machen. Durch die Betrachtung von Kindervorstellungen zu diesem Themengebiet kommt man darüber hinaus zu der Erkenntnis, ab welchem Alter die Beschäftigung mit geophysikalischen Aspekten überhaupt sinnvoll ist.

In den Abschnitten 5.2 und 5.3 werden daher Studien vorgestellt, die sich mit den umweltbezogenen Sichtweisen und Vorwissen der Jugendlichen sowie mit den vorunterrichtlichen Kindervorstellungen bezüglich der Erdgestalt beschäftigen. In wie weit diese Ergebnisse in der heutigen sehr stark von Medien beherrschten Zeit aktuell sind und ob sie auf die Schülerlaborbesucher der Universität Siegen zutreffen, wird schließlich in einer eigenen Untersuchung im Rahmen des Schülerlabors geprüft (siehe Kapitel 6).

5.2 Ergebnisse der Studien zum Thema Umweltwissen und Umweltbewusstsein der Kinder und Jugendlichen

Die Entwicklung eines Umweltbewusstseins ist eines der aktuellsten Anliegen der heutigen Gesellschaft. Umweltbewusstseinsforschung hat eine über dreißigjährige Tradition: So begannen in den 70er Jahren Psychologen aus USA sich mit dieser Thematik zu beschäftigen [Haan und Kuckartz, 1996]. Als Umweltbewusstsein versteht man das Umweltwissen einer Person, ihre Umwelteinstellung und ihr Umweltverhalten. Verschiedene Wissenschaften beschäftigen sich mit dem Thema Umweltbewusstsein, z.B. Psychologie, Soziologie, Betriebswirtschaftslehre aber auch Erziehungswissenschaften [Haan und Kuckartz, 1996]. Die Studien, die sich mit der Zielgruppe Jugendliche und Schüler befassen, sind für diese Arbeit von besonderer Bedeutung. Sie werden daher im Folgenden vorgestellt.

Es existieren viele Studien, die Umweltbewusstsein, -wissen und -handeln von Jugendlichen untersuchen. In der Arbeit von Fuhrer und Wölfling [1997] wird ein guter Überblick über die älteren Studien mit der Zielgruppe Jugendliche gegeben: So vergleicht Blum [1987] das Umweltwissen der Sechzehn- bis Achtzehnjährigen in England, Australien, USA und Island. Dabei können Jugendliche nur in etwa 50 Prozent der Fälle eine richtige Antwort auf umweltbezogene Fragen geben; die Befragten geben an, ihr Wissen in erster Linie aus den Medien zu schöpfen, darüber hinaus geben sie auch den Biologieunterricht, Gespräche mit den Eltern und anderen Jugendlichen als Quelle an. [Blum, 1987; zitiert nach Fuhrer und Wölfling, 1997].

Braun [1987] sowie Malinowski, Holtappels und Hugo [1987] stufen das damalige Umweltwissen der deutschen Jugendlichen als schwach bis mittelmäßig ein und [zitiert nach Fuhrer und Wölfling, 1997]. Zwar werden in der Studie von Waldmann u.a. [1992] nur ökologisch interessierte Jugendliche befragt, sodass die Ergebnisse der Studie nicht die Gesamtheit der Jugendlichen repräsentieren, jedoch liefert diese Arbeit einige wichtige Anhaltspunkte zum Problembewusstsein der Jugendlichen: Sie zeigen sich von Problematiken wie Verschmutzung der Umwelt durch Müll und Abgase, Wasser- sowie Luftverschmutzungen, Waldsterben, Pflanzen- und Tierartenaussterben betroffen; dabei reagieren Mädchen auf diese Probleme sensibler als Jungen [zitiert nach Lappe, Tully und Wahler, 2000].

In Bezug auf Umweltwissen als eines der Aspekte des Umweltbewusstseins kommen Haan und Kuckartz [1996] zum gleichen Ergebnis wie auch Fuhrer und Wölfling [1997]: Sie sind der Meinung, dass das Wissen der Jugendlichen in Bezug auf die Umwelt nicht besonders um-

fangreich ist: Das Wissen über die Natur allgemein, über Tiere und Pflanzen ist noch geringer ausgeprägt als das Wissen über die Umweltprobleme; das umweltbezogene Wissen nimmt mit steigendem Alter jedoch zu.

Zu weiteren Studien auf diesem Gebiet zählt auch die Studie von *Lappe, Tully* und *Wahler* aus dem Jahre 2000. Sie befragten 141 Jugendliche in Bezug auf ihr Umweltbewusstsein; den Zusammenhang zwischen Wahrnehmung, Verarbeitung und Handeln im Bereich Umwelt bezeichnen die Autoren als Umweltbewusstsein [*Lappe, Tully* und *Wahler*, 2000].

Die Ergebnisse der Befragung von *Lappe, Tully* und *Wahler* [2000] lassen sich zu folgenden Aussagen zusammenfassen: Jugendliche nennen meistens die Luftverschmutzung als eines der Umweltprobleme im Zusammenhang mit Verkehr und Mobilität. Jedoch haben sie trotz dieser Kenntnis eine positive Einstellung zum Auto und eher eine negative zu den öffentlichen Verkehrsmitteln wie der Bahn. Autobahngebühren sowie Tempolimits nehmen die befragten Jugendlichen als Umweltschutzmaßnahme in Kauf, Spritpreiserhöhungen jedoch nicht. Nach der Meinung der Jugendlichen können die Umweltprobleme durch technische Errungenschaften gelöst werden. Das Interesse an politischen Organisationen und das Vertrauen in ihre Problemlösekompetenz fällt eher gering aus. [*Lappe, Tully* und *Wahler*, 2000]

Darüber hinaus schlussfolgern die Autoren aus ihrer Befragung, dass viele Jugendliche ein ausgeprägtes Umweltbewusstsein aufweisen. Als Umweltprobleme werden meistens Klimawandel sowie Belastung der Umwelt durch Müll verstanden. Darüber hinaus werden vermehrt Waldsterben, Luftverschmutzung sowie die Gefährdung der Tiere genannt. Den Gedanken daran, auf umweltbelastende Freizeitbeschäftigungen der Umwelt zuliebe zu verzichten, akzeptieren die Befragten grundsätzlich, sie erklären sich jedoch beim weiteren Nachfragen nicht bereit auf Aktivitäten wie Fernreisen usw. zu verzichten. [*Lappe, Tully* und *Wahler*, 2000]

Lappe, Tully und *Wahler* [2000] haben außerdem vier verschiedene Typen in Bezug auf das Umweltverhalten der Befragten klassifizieren können: „Konsistenter Aktiver“ ist der Jugendliche, der sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass er sich bezüglich der Umweltprobleme persönlich betroffen zeigt; der zweite Typ wird als „konsistenter Delegierer“ bezeichnet, dieser Typ überträgt die Verantwortung auf die Politik, Unternehmen usw.; der „Inkonsistente“ ist der Jugendliche, der sich einerseits kritisch und problembewusst zeigt, jedoch die Verantwortung gerne mal auf die anderen überträgt; der vierte Typ ist der „Desinteressierte“. Bei den ersten drei Typen zeigen die Wissenschaftler eine Parallele zu dem psychologischen

Konzept der Persönlichkeitsstruktur des Kontrollbewusstseins auf. Herrschen in Familie und Schule demokratische Strukturen, so zeigt die Person ein internes Kontrollbewusstsein, das dem Typ „konsistenter Aktiver“ in Bezug auf Umweltbewusstsein entspricht. [Lappe, Tully und Wahler, 2000]

Zu den jüngeren Studien auf dem Gebiet der Umweltbewusstseinsforschung gehört die Shell Jugendstudie, die u. a. das Wissen und die Haltung der Jugendlichen in Bezug auf das Thema Klimawandel untersucht [Albert, 2010]. Die Abb. 5.1 zeigt, in welche Kategorien sich die Jugendlichen in Bezug auf ihre Einstellungen zu der Umweltproblematik des Klimawandels in der Shell Studie einteilen lassen. Die Autoren berichten darüber hinaus, dass 84 Prozent der zwölf- bis fünfundzwanzigjährigen Jugendlichen mit dem Begriff Klimawandel etwas anfangen können; 29 Prozent sind der Meinung dass Klimawandel „ein sehr großes Problem“ darstellt; 48 Prozent bezeichnen die menschlichen Eingriffe in die Umwelt „als großes Problem“; 80 Prozent denken, dass Klimawandel hauptsächlich von Menschen verursacht wird; 65 Prozent der Befragten machen die reichen Industrieländer dafür verantwortlich; 2 von 3 Jugendlichen glauben, dass diese Problematik die menschliche Existenz bedroht [Albert, 2010].

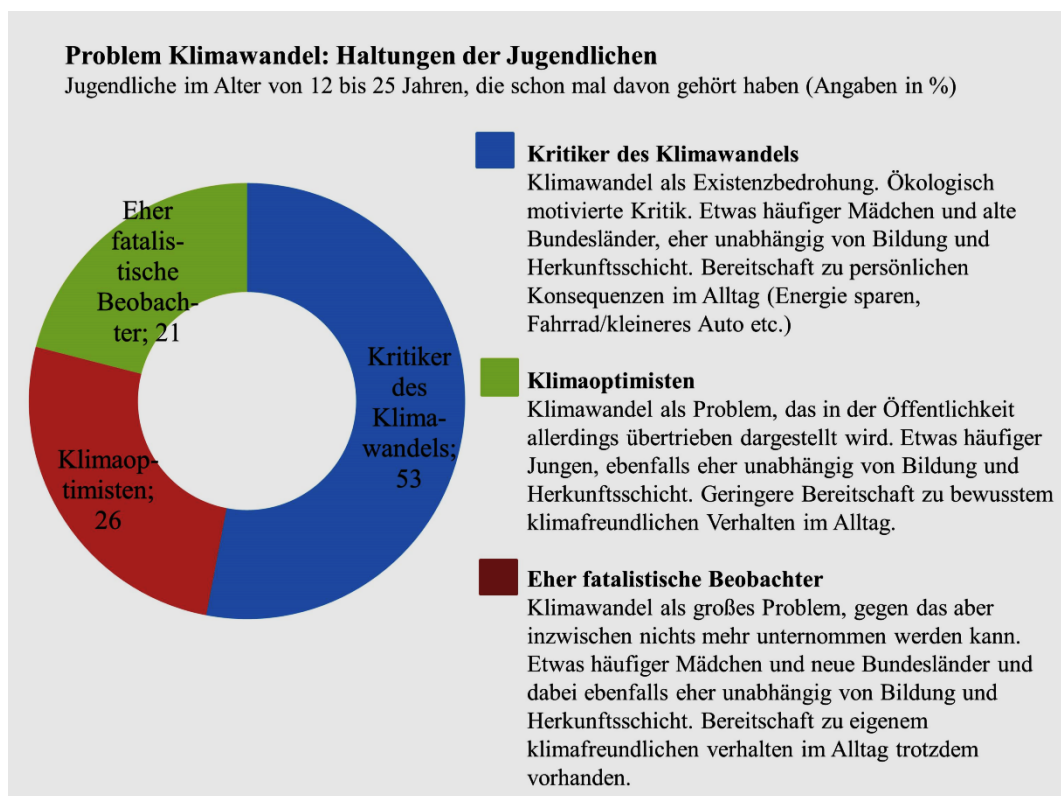


Abb. 5.1: Einstellungen von Jugendlichen zur Umweltproblematik Klimawandel (nach Albert et al., <http://www.shell.de/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/youth-study-2010climate.pdf>)

Weniger verbreitet sind Studien über das Umweltbewusstsein und -wissen der Primarstufenschüler: Langeheine und Lehmann [1986] stellen in ihrer Studie „Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewusstsein“ fest, dass die naturnah aufgewachsenen Kinder eine andere

Einstellung zu den Umweltfragen wie Tierschutz, Energiesparen oder ökologische Lebensführung haben als die Kinder aus Großstädten [zitiert nach *Haan und Kuckartz, 1996*]. *Gebauer* [1994] untersucht in der Studie „Kind und Umwelt“, wie sich die schulische Umwelterziehung auf die Grundschüler auswirkt und welche Faktoren für die Ausprägung des Umweltbewusstseins von Grundschulern relevant sind [zitiert nach *Haan und Kuckartz, 1996*].

Sommer [2005] untersucht das Systemdenken der Schüler im Bereich Biologie am Thema „Biologie des Weißstorchs“. Die Autorin prüft im Rahmen ihrer Untersuchung, ob die Vermittlung des Systemdenkens bereits in der Grundschule gelingen kann. In der Studie von *Sommer* [2005] wurden zwei Kategorien der Systemkompetenzen gefunden, nämlich Kompetenzen im Bereich Systemorganisation sowie die im Bereich Systemeigenschaften. Am Ende der Unterrichteinheit zeigen Kinder gute Leistungen im Bereich Systemorganisation sowie sehr heterogene im Bereich der Systemeigenschaften [*Sommer, 2005*]. Die Erkenntnisse dieser Studie lassen den Schluss zu, dass das Systemdenken bereits in der Grundschule vermittelt werden kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Jugendliche nur ein mageres umweltbezogenes Wissen aufweisen, sich jedoch gegenüber Umweltproblemen sehr sensibel zeigen. Über das umweltbezogene Wissen und Vorstellungen der Kinder liegen nicht so viele Untersuchungen vor, die im Rahmen dieser Arbeit verwendet werden können. Es bedarf also einer eigenen Untersuchung zum Zwecke der Bestimmung eines geeigneten Alters für die Beschäftigung mit umweltphysikalischen Fragen.

5.3 Ergebnisse der Studien zu Kindervorstellungen von der Erde als einem kosmischen Körper

Nussbaum und Novak: An Assessment of Children`s Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews

Die Methodik sowie Ergebnisse der oben genannten Studie werden anhand des gleichnamigen Artikels beschrieben [*Nussbaum und Novak, 1976*]:

In der Studie von *Nussbaum und Nowak* wurden 26 Kinder einer zweiten Klasse aus Ithaca (New York) interviewt. Diese Kinder wurden in zwei Gruppen unterteilt: Die erste Gruppe erfuhr keine Einführung in das Thema Erde, Kosmos und Erdanziehungskraft; die zweite Gruppe erfuhr eine solche Einführung und wurde nach dem Unterricht befragt. Für die Behandlung des Themas wurden Lernmaterialien in Form von Audiokassetten zu den Themen

Kraft, Raum, Erdanziehungskraft und Erdform entwickelt. Kinder sollten sich die Themen selbständig ohne die Instruktion der Lehrkräfte aneignen. Die Interviewfragen bezogen sich auf die Form der Erde, auf die Informationsquellen über die Form der Erde, auf den freien Fall der Körper an verschiedenen Orten der Erde und auf das Verhalten von Wasser in einer Flasche an verschiedenen Orten der Erde (siehe Abb. 5.2). Zuerst wurden Kinder ohne zusätzliche Materialien befragt, um die ursprüngliche Ansicht des Kindes über die Erde nicht zu beeinflussen. Danach wurden auch Hilfsmaterialien wie Bälle als Modelle der Erde verwendet um die identifizierte Vorstellung zu überprüfen.

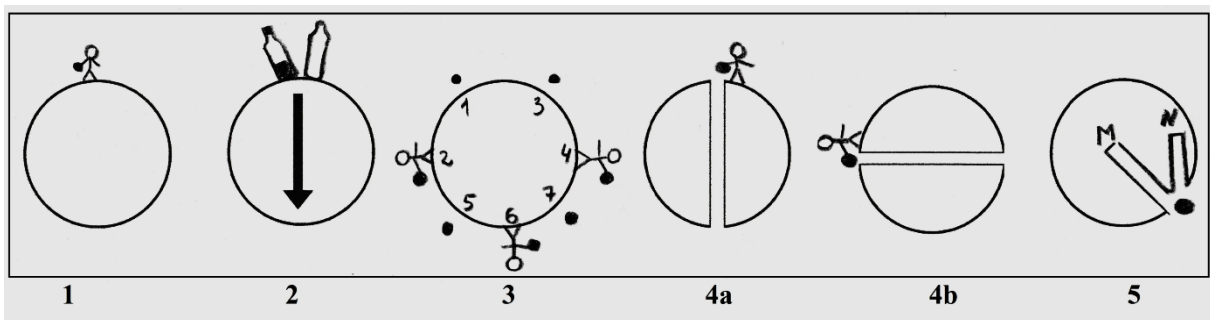


Abb. 5.2: Die im Interview von Nussbaum und Novak benutzten Aufgaben (nach Nussbaum und Novak [1976, S.538-546]).

Die Autoren kamen in ihrer Studie zum Schluss, dass die Entwicklung des Konzeptes vom kosmischen Raum mit der des Konzeptes über die Erde eng zusammenhängt. Darüber hinaus wurden 5 Vorstellungsniveaus über die Erde gefunden (Abb. 5.4), die im Folgenden erläutert werden:

Niveau I: Kinder glauben, dass die Erde flach ist, mit einem horizontal darüber verlaufenden Himmel; dass die Erde „rund“ ist, erwähnen Kinder ebenfalls, jedoch wird die „Rundheit“ der Erde auf die im Kreis verlaufenden Straßen, Hügel oder Berge bezogen; einige Kinder glauben, dass es eine Erde, also einen Planeten im All gäbe, zu dem nur Astronauten gelangen können, wir leben jedoch auf der flachen Erde. Zu diesem Niveau gehören auch Kinder, die denken, dass wir auf der flachen Erde leben und dass der Himmel die Form einer Kuppel hat. Diese verschiedenen Ausprägungen des Levels I sind in der Abb. 5.3 dargestellt.

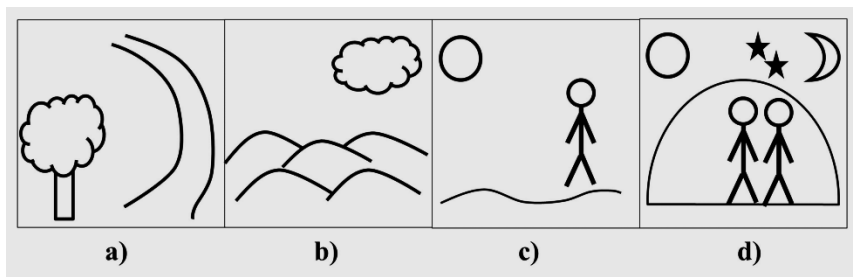


Abb. 5.3: Verschiedene Ausprägungen des Vorstellungsniveaus I von Nussbaum und Novak (nach Nussbaum und Novak [1976, S. 543]).

Niveau II: Kinder stellen sich die Erde kugelförmig vor, jedoch zeichnen sie den Himmel und den Boden als eine horizontale Schicht über und unter der Erde. Es gibt noch keine Vorstellung vom kosmischen Raum (Abb. 5.4, II).

Niveau III: Die Erde ist kugelförmig und die Ansicht vom kosmischen Raum ist bereits ausgebildet; das Konzept der Erdanziehungskraft entspricht nicht der wissenschaftlichen Sicht; nach der Ansicht der Kinder gibt es im kosmischen Raum verschiedene Richtungen wie oben und unten (Abb. 5.4, III).

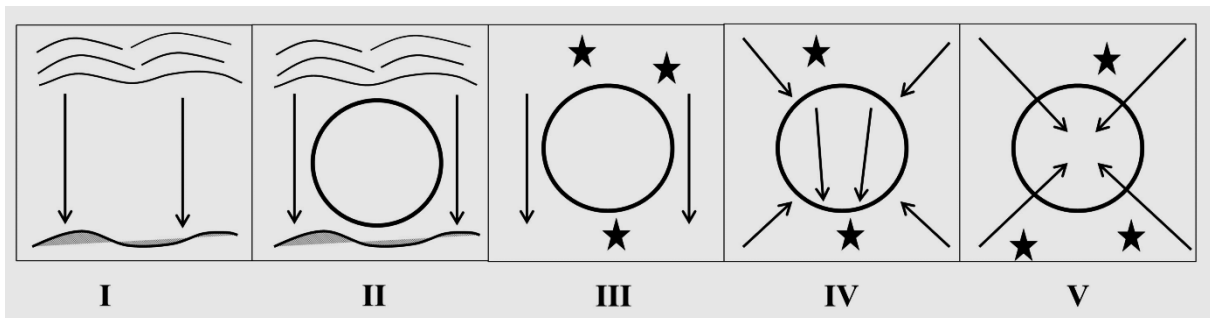


Abb. 5.4: Vorstellungsniveaus I bis V von *Nussbaum* und *Novak* (nach *Nussbaum* [1979, S.83]).

Niveau IV: Kinder stellen sich die Erde ebenfalls kugelförmig vor; sie wissen auch, dass Menschen überall auf der Erde leben können und dass Gegenstände an jedem Ort der Erde zu Boden fallen. Das wissenschaftliche Konzept der Erdanziehungskraft, als einer zum Mittelpunkt der Erde gerichteten Kraft, ist noch nicht ausgebildet (Abb. 5.4, IV).

Niveau V: Die Erde ist kugelförmig und die Vorstellung von der Erdanziehungskraft entspricht bereits dem wissenschaftlichen Bild über diese fundamentale Kraft (Abb. 5.4, V).

Nussbaum: Children`s Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study

Die Beschreibung der vorliegenden Untersuchung erfolgt anhand eines Zeitschriftenartikels von *Nussbaum* [1979]:

In dieser Studie versuchte *Nussbaum*, die fünf Vorstellungen der Kinder über die Erde, die er und sein Kollege *Novak* im Jahre 1976 identifiziert hatten, zu bestätigen oder zu ergänzen. Außerdem suchte *Nussbaum* in dieser Studie nach einem allgemeinen Muster für die Entwicklung der Ansicht über die Erde als einen kosmischen Körper.

Die Stichprobe der vorliegenden Studie beinhaltete Kinder und Jugendliche der Klassenstufen vier bis acht, die von ihren Lehrern vor dem eigentlichen Interview in drei Kategorien bezüglich ihrer schulischen Leistungen (hoch, mittel, schwach) unterteilt wurden. Interessanterweise untersuchte *Nussbaum* neben den Kindern, die noch keinen Astronomie- oder Geogra-

phieunterricht hatten, auch solche, die zum Thema „Planet Erde“ bereits unterrichtet wurden. Nussbaum wählte aus jeder Leistungskategorie und aus jeder Klassenstufe 16 Kinder und Jugendliche zufällig aus, sodass pro Klassenstufe 48 und somit insgesamt 240 Kinder und Jugendliche durch individuelle Interviews befragt wurden.

Neben der Variablen „Schulleistung“ erfasste *Nussbaum* mittels eines Fragebogens den familiären Hintergrund und den IQ der Kinder. Das Interview zu den Sichtweisen von der Erde begann damit, dass jedes Kind aufgefordert wurde, ein Bild von der Erde, dem Himmel, der Sonne, dem Mond und einem Menschen auf der Erde zu malen. Damit sollte die ursprüngliche Ansicht des Kindes von der Erde ermittelt werden, bevor diese durch Fragen beeinflusst und verändert wird. Danach fand ein Interview mit multiple-choice Fragen statt, deren Antwortmöglichkeiten in Form von Bildern vorgegeben wurden. Diese Bilder entsprachen den fünf Konzepten von der Erde, die in der Studie von *Nussbaum* und *Novak* als Kinderantworten aufgetreten sind. Darüber hinaus standen einige Mittel zur Verfügung, mit deren Hilfe Kinder ihre Vorstellungen den Interviewern verdeutlichen konnten, darunter eine Styroporkugel als Modell der Erde, eine Menschenfigur, sowie eine Styroporkugel mit einem Loch in der Mitte für die Untersuchung des Konzeptes über die Schwerkraft.

Die Analyse ergab fünf Kategorien: Eine davon lag in der Studie von *Nussbaum* und *Novak* jedoch noch nicht vor und wurde in der vorliegenden Untersuchung als Level II aufgefasst. Das erste und das zweite Vorstellungsniveau aus der Studie von 1976 wurden entsprechend den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung zu einer neuen Kategorie I zusammengefasst. Die drei letzten Levels aus der Untersuchung von 1976 traten in dieser Studie ebenfalls auf und blieben daher unverändert. Die erste und die zweite Kategorie, die nun zu der Liste der Ansichten neu hinzugekommen sind, werden im Folgenden ausführlich beschrieben:

Die *Kategorie I* setzt sich, wie bereits angedeutet, aus dem ersten und dem zweiten Niveau aus der Studie von *Nussbaum* und *Novak* [1976] zusammen. Diese Ansicht geht von der flachen Erde und einem parallel dazu verlaufenden Himmel aus. Die meisten Kinder, die diese Vorstellung vertreten, kennen bereits die Reise von Christoph Kolumbus und die aus dem Weltall geschossenen Bilder von der kugelförmigen Erde. Diese Informationen werden von den Kindern folgendermaßen in das bestehende Bild von der flachen Erde integriert: Einige Kinder stellen sich die Erde als eine runde Scheibe vor, andere glauben die kugelförmige Erde wäre ein Planet, zu dem nur Astronauten gelangen können (Abb. 5.5, I a-c).

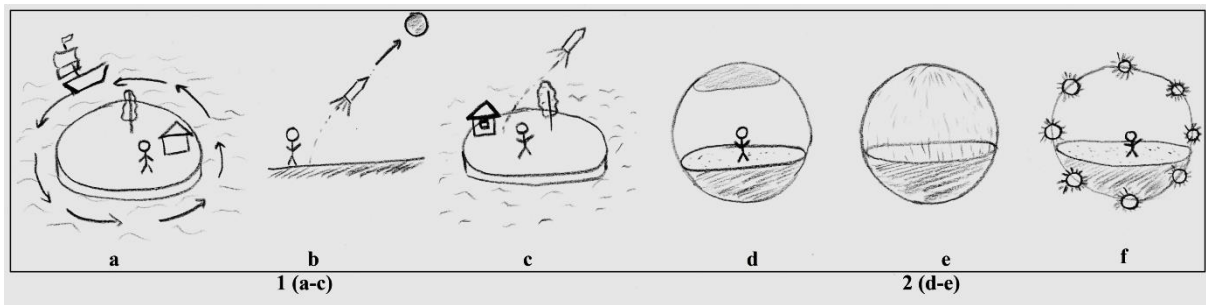


Abb. 5.5: Verschiedene Ausprägungen der Vorstellungsniveaus I und II von Nussbaum (nach Nussbaum [1979, S.88]).

Die *Kategorie II* ist die neu eingeführte Kategorie: Sie beschreibt die Erde als einen hohlen Ball mit zwei Hemisphären, die untere Hemisphäre ist der Boden, auf dem Menschen leben; die obere Sphäre ist der Himmel, der entweder als eine Kuppel oder als eine flache Scheibe mit einer dazwischen liegenden Luftschicht dargestellt wird. Diesem Niveau angehörende Kinder behaupten, dass wir „in der Erde“ leben und dass es unmöglich ist, "auf ihr" zu leben (Abb. 5.5 II d-e). Sie haben jedoch bereits eine Vorstellung vom Weltall entwickelt und wissen, dass im Weltall keine Luft vorzufinden ist, da Astronauten dort ohne Raumanzug nicht überleben können. Sonne, Mond und Sterne befinden sich ihrer Meinung nach entweder außerhalb des Balles oder auf seiner Oberfläche. Es besteht außerdem die Ansicht über die Existenz eines „absoluten Unten“ im Kosmos. Nussbaum ist der Meinung, dass das *Niveau II* gegenüber dem *Niveau I* eine deutliche Weiterentwicklung darstellt. Die *Kategorien III bis V*, die in dieser Studie ermittelt wurden, stimmen mit den Kategorien der Untersuchung aus dem Jahre 1976 überein. Alle von Nussbaum ermittelten Levels sind in der Abb. 5.6 zeichnerisch zusammengefasst.

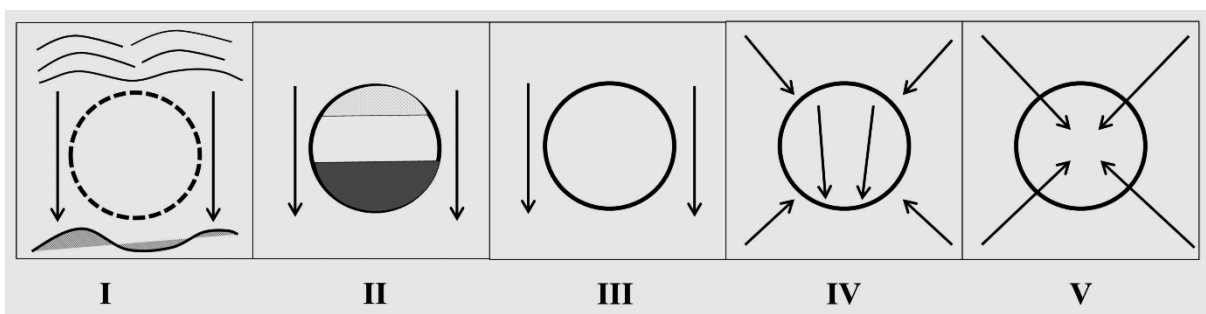


Abb. 5.6: Vorstellungsniveaus I bis V von Nussbaum (nach Nussbaum [1979, S.89]).

Der Autor fasste die Ergebnisse seiner Studie zu folgenden Aussagen zusammen: Die Befragung bestätigt die Existenz der fünf Vorstellungskategorien von der Erde als einen kosmischen Körper. Trotz des Querschnittscharakters der Studie vertritt Nussbaum die Meinung, dass diese Studie Schlüsse auf die Entwicklung der kindlichen Sichtweisen zulässt. Der Autor vermutete, dass das Kind im Laufe seiner Entwicklung verschiedene Stadien durchläuft. Die

kindliche Vorstellungsentwicklung ähnelt also der geschichtlichen Entwicklung des heliozentrischen Weltbildes in der Wissenschaft. Jedoch betont *Nussbaum*, dass die Entwicklung der kindlichen Ansichten ausgehend von der naiven Sicht über die flache Erde bis zum wissenschaftlich konformen Modell nicht zwingend alle festgestellten Kategorien durchlaufen muss.

***Mali* und *Howe*: Development of Earth and Gravity Concepts among Nepali Children**

Im Folgenden wird die Studie von *Mali* und *Howe* anhand des von den beiden Autoren verfassten Artikels dargestellt [*Mali* und *Howe*, 1979]:

Mali und *Howe* befragen im Frühling 1978 insgesamt 250 Schulkinder im Alter von 8, 10 und 12 Jahren. Die Kinder stammen aus 2 Regionen Nepals: Aus einem industrialisierten Gebiet samt der Hauptstadt Kathmandu und aus einem ländlich gelegenen Gebiet am Fuße des Himalaya Gebirges. Die Besonderheit des letztgenannten Gebietes besteht darin, dass die Mehrheit der Bevölkerung keinen Zugang zu den wissenschaftlichen Informationen hat, da nicht alle eine Schule besuchen und über Fernsehen oder sonstige Medien verfügen. Mit dieser Studie streben die Autoren nach Erkenntnissen darüber, ob die von *Nussbaum* und *Novak* gewonnenen Vorstellungskategorien bei den Kindern anderer Kulturen vorzufinden sind.

Die Daten werden durch individuelle Interviews, Zeichnungen und Vorzeigematerialien gewonnen. Die verwendeten Fragen und Hilfsmaterialien sind mit denen aus der Studie von *Nussbaum* und *Novak* identisch. Gefragt wurde nach der Erdform, nach den möglichen Fallrichtungen eines aus verschiedenen Orten der Erde geworfenen Steines, nach den möglichen Aufenthaltsorten der Menschen auf der Erde sowie nach dem Fallverhalten eines Steines durch einen Tunnel, der durch die Mitte der Erde verläuft.

Alle fünf Levels von *Nussbaum* und *Novak* wurden auch bei den Kindern aus Nepal identifiziert. Da aber die Mehrheit der Kinder sich auf der Ebene I befand, wurde diese Kategorie zusätzlich in drei Unterkategorien aufgeteilt (Abb. 5.7): *Kategorie I-a*): Das Kind hat noch nie zuvor den Begriff „Erde“ im Sinne eines kosmischen Körpers gehört oder gebraucht. Es hat auch keine Vorstellung von der Erdanziehungskraft ausgebildet; *I-b₁*): Das Kind ist mit dem Begriff „Erde“ vertraut. Es weiß, dass die Erde rund ist, allerdings glaubt das Kind, dass es sich dabei um eine runde Scheibe evtl. auch mehrere Scheiben (*I-b₂*) übereinander handelt. *I-c*): Das Kind stellt sich die Erde sphärisch vor, jedoch leben die Menschen auf einer flachen Scheibe innerhalb dieser Sphäre. Sonne, Mond und Sterne werden durch „übernatürliche Kräfte“ davon abgehalten auf die Erde zu fallen.

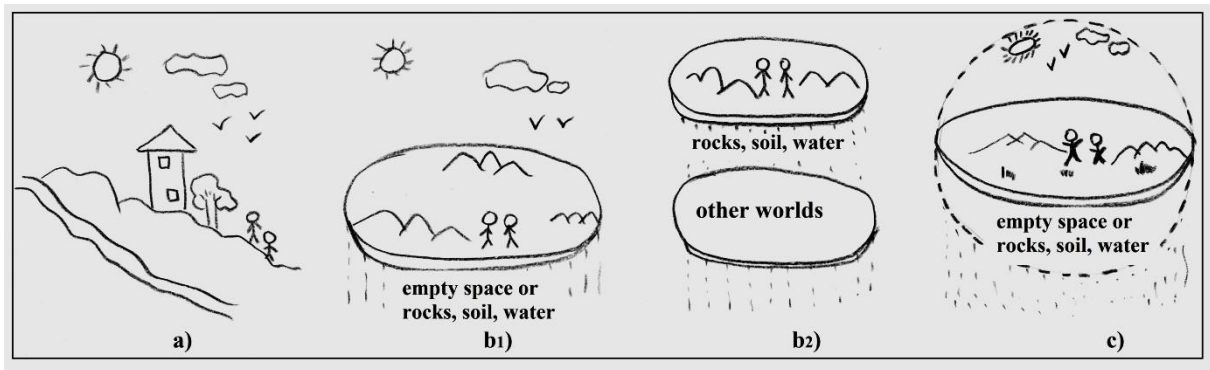


Abb. 5.7: Verschiedene Ausprägungen des Vorstellungsniveaus I von *Mali und Howe* (nach *Mali und Howe* [1979, S.687]).

Eine erweiterte Analyse der Daten ergab eine signifikante Korrelation zwischen den Sichtweisen über die Erde mit dem Alter der Kinder, der Anzahl der Schuljahre sowie den zur Verfügung stehenden Informationsquellen. Zusammenfassend lassen sich aus der vorliegenden Studie folgende Schlüsse ziehen: Kinder aus Nepal weisen ähnliche Ansichten über die Erde auf wie Kinder aus Amerika und Israel. Allerdings bleiben Kinder aus Nepal bis zu einem höheren Alter auf dem ersten Level. Die Entwicklung der Vorstellung über die Erde ist also von der kognitiven Entwicklung des Kindes, aber auch von schulischen oder anderen zur Verfügung stehenden Informationsquellen abhängig.

Sneider und Pulos (1983): Children`s Cosmographies: Understanding the Earth`s Shape und Gravity

Die Darstellung der vorliegenden Untersuchung erfolgt auf der Basis der Veröffentlichung von *Sneider und Pulos* [1983]:

An dieser Studie nahmen 159 kalifornische Kinder und Jugendliche im Alter von 9 bis 14 Jahren (Klassenstufen drei bis acht) teil. Dabei erhielten Kinder keine spezielle Einführung in die Thematik „Erde“, jedoch gaben sie bei der Befragung an, sich mit dem Thema bereits beschäftigt zu haben - die Hälfte mittels Schulliteratur und Exkursionen zu Museen und Planetarien, ein Drittel mittels Bücher, ein Sechstel mittels Gesprächen in der Familie, ein Achtel durch das Fernsehen und nur wenige anhand eigener Beobachtungen.

Die Autoren nutzten für ihre Analysen die von *Nussbaum und Novak* entwickelten Niveaus. Allerdings wurden diese in zwei Gruppen unterteilt: Die ersten vier Kategorien beziehen sich auf die Erdform und bilden somit die erste Vorstellungsgruppe, die drei weiteren Levels erfassen die Vorstellungen zur Erdanziehung (Abb. 5.8). Durch insgesamt sechs Fragen bzw. Aufforderungen zur Erstellung einer Zeichnung wurden die Vorstellungen der Kinder und

Jugendlichen über die Erde und über die Erdanziehungskraft ermittelt. Mit den Fragen und Zeichnungen versuchten die Autoren sowie die Lehrkräfte zu den Ansichten der Kinder über folgende Sachverhalte vorzudringen: Welche Form die Erde aufweist; wo sich die Erde im Weltall befindet; was mit dem Wasser in einer offenen Flasche passieren würde, wenn man auf der Südhalbkugel steht; was mit einem Stein passieren würde, wenn er in einen durch die Erde gebohrten Tunnel geworfen würde? Die Befragten wurden außerdem einigen Tests unterzogen, mit deren Hilfe die allgemeine kognitive Entwicklung erfasst wurde.

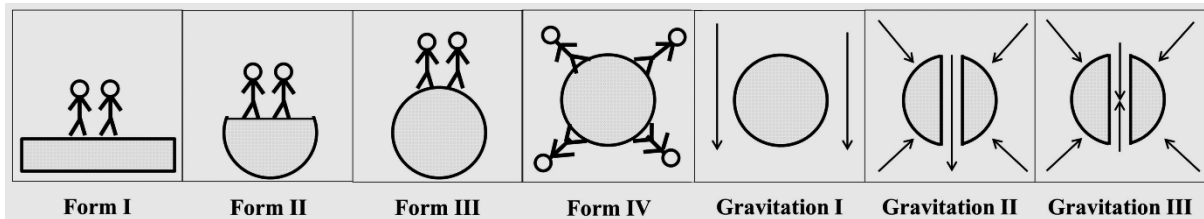


Abb. 5.8: Vorstellungen von der Erdform sowie von der Erdanziehungskraft von *Sneider und Pulos* (nach *Sneider und Pulos* [1983, S.212]).

Nach einer genauen Analyse der Daten wurden die Sichtweisen von der Erdform mit den Vorstellungen von der Erdanziehungskraft durch verschiedene Modellbetrachtungen verknüpft. Es ergab sich ein Modell aus insgesamt fünf Kategorien (Abb. 5.9). Eines der Niveaus lag bei *Nussbaum* nicht vor: Es handelt sich um Level III/IV. Hiernach wissen Kinder, dass Gegenstände auf die Erdoberfläche fallen, glauben jedoch nicht, dass Menschen auch auf der Südhalbkugel leben können. Die Kategorien I bis III beinhalten keine Entwicklung der Ansicht von der Erdanziehungskraft, die Niveaus IV und V geben einen Aufschluss darüber, dass das Bild von der Erdform sich bereits vollständig entwickelt hat. Jedoch unterscheiden sich diese Niveaus bezüglich der Auffassung über die Erdanziehung.

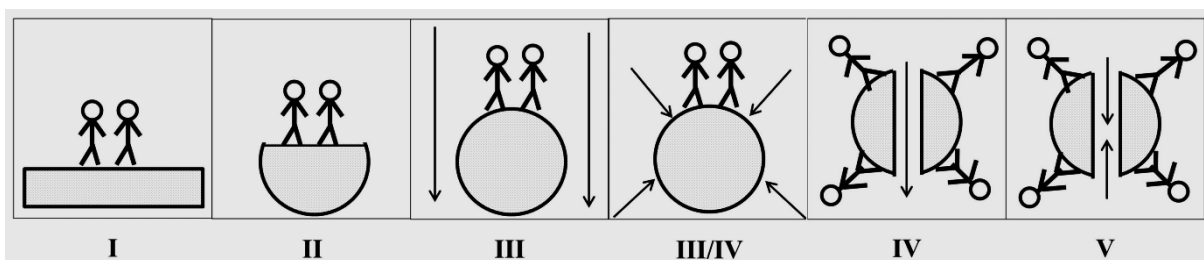


Abb. 5.9: Vorstellungsniveaus I bis V von *Sneider und Pulos* (nach *Sneider und Pulos* [1983, S. 214]).

Die Befragten verteilen sich folgendermaßen auf die einzelnen Niveaus: 75 Prozent der Dritt- bis Fünftklässler weisen Kategorie I bis III auf, d.h. die meisten Kinder haben eine Ansicht über die Existenz eines „absoluten Unten“. Dass Menschen senkrecht auf der Erdoberfläche stehen können, egal an welchem Ort der Erde sie sich befinden, verstehen nur 22 Prozent der Sechstklässler. Die Mehrheit der Siebt- und Achtklässler hat das Niveau IV oder V verinner-

licht. Darüber hinaus stellten sich die Variablen „verbale Fähigkeit“ sowie „räumliches Vorstellungsvermögen“ als sehr bedeutsam für die Entwicklung des Bildes von der Erde und seiner Anziehungskraft heraus. Der Vorstellungslevel ist also das Ergebnis der kognitiven Entwicklungsreife des Kindes sowie der zur Verfügung stehenden Informationsquellen wie Bücher, Fernseher, Eltern oder Lehrkräfte.

Vosniadou und Brewer: Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood

Die Grundlage für die Beschreibung der Studie von *Vosniadou* und *Brewer* bildet der Zeitschriftenartikel mit dem oben aufgeführten Titel [*Vosniadou und Brewer, 1992*]:

Diese Studie verfolgt zweierlei Ziele: Zum einen sollen Kindervorstellungen von der Erde ermittelt werden, zum anderen soll festgestellt werden, ob Kinder ihre Ansichten von der Erde zur Beantwortung verschiedener Fragen einheitlich benutzen oder ob sie zwischen verschiedenen Levels hin und her wechseln. *Vosniadou* und *Brewer* versuchen außerdem herauszufinden, ob das Bild von der Erde in Form einer mentalen Theorie oder in bruchstückhafter Form vorliegt.

Insgesamt werden 60 Kinder befragt: Davon sind 20 Erstklässler im Alter von sechs bis sieben Jahren; 20 Drittklässler im Alter von neun bis zehn Jahren und 20 Fünftklässler im Alter von zehn bis elf Jahren. Der Anteil der Jungen und Mädchen liegt bei etwa 50 Prozent. Die befragten Kinder besuchen eine Schule in Urbana in Illinois.

In einem 30- bis 45-minütigen Interview werden Kindern im Rahmen dieser Studie insgesamt 48 Fragen gestellt. Der Interviewer lässt ein Tonband laufen und macht Notizen. Die Autoren unterscheiden zweierlei Arten von Fragen: Fragen, bei denen Sachverhalte einfach wiedergegeben werden müssen, z.B. „Welche Form hat die Erde?“ und Fragen, bei denen Kinder die in ihren Köpfen verankerten Vorstellungen aufrufen und durch Nachdenken eine passende Antwort geben müssen, z.B. „Würdest du jemals das Ende der Erde erreichen können?“.

Zuerst wurden die Ansichten der Kinder grob den bereits bekannten und zuvor erläuterten Kategorien zugeordnet. Man unterschied dabei zwischen den folgenden Niveaus: „flache Erde“ (Drehscheibe oder rechteckige Platte); „zweifache Erde“ (für Kinder existieren hierbei zwei Erden, eine von ihnen ist kugelförmig und befindet sich im Himmel, die andere, auf der wir leben, ist flach); „Erde als eine hohle Kugel“ und „Erde als Kugel“ (Abb. 5.10). Die Einstufung geschah anhand eines Bogens, der die Antwortmuster für jede Frage enthielt. Der

Bogen beinhaltete außerdem akzeptable und unakzeptable Abweichungen von den Antwortmustern, damit die Antworten besser kategorisiert werden können. Eine akzeptable Abweichung war zulässig, da diese Abweichung auf die Doppeldeutigkeit zurückgeführt werden kann. Wie die Autoren im Hinblick auf ihre Methodik feststellen, ist es nicht auszuschließen, dass Kinder durch die Fragen des Interviewers beeinflusst werden und ihre Antworten so anpassen, dass diese den impliziten Ansprüchen genügen.

Die Auswertung der Befragung hat ergeben: Neben den in anderen Studien festgestellten Kategorien verfügen Kinder über ein weiteres Vorstellungsniveau. Es handelt sich dabei um die Ansicht von der Erde als einer abgeflachten Kugel (Abb. 5.10-IV). Von insgesamt 60 Kindern konnten elf keinem der Levels zugeordnet werden. Dies lag daran, dass diese Kinder zwischen den verschiedenen Niveaus wechselten oder widersprüchliche Antworten lieferten. Darüber hinaus wurde herausgefunden: Die meisten Kinder der ersten Klasse weisen die Sichtweise der zweifachen Erde auf; die Mehrheit der Kinder der dritten und der fünften Klassenstufe stellen sich die Erde kugelförmig vor.

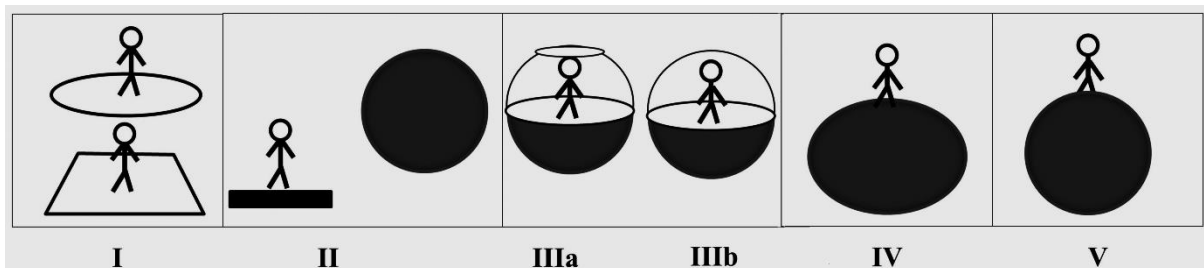


Abb. 5.10: Vorstellungsniveaus I bis V von *Vosniadou und Brewer* (nach *Vosniadou und Brewer* [1992, S. 549]).

Da die meisten Kinder ihre Antworten zügig abgaben, schlussfolgern *Vosniadou und Brewer*, dass Kinder ihr Bild über die Erde bereits vor dem Interview entwickelt hatten. Ihre Vorstellungen nutzten Kinder in 82 Prozent der Fälle einheitlich und durchgängig zur Beantwortung der Fragen. Die Autoren vermuten, dass alle Kinder anfänglich das Modell der flachen Erde aufweisen, es bildet sich aufgrund der alltäglichen Erfahrungen aus. Danach vergleichen Kinder diese Ansicht mit den Informationen, die ihnen in ihrem Umfeld zur Verfügung stehen (Bücher, Fernseher usw.). Nach einem solchen Vergleich sind zwei Entwicklungsabläufe denkbar: Kinder behalten ihre alte Vorstellung bei und versuchen die Informationen in das eigene Bild zu integrieren, so kommt es z.B. zur Ausbildung der Kategorie über eine zweifache Erde. Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Kinder ihre Ansichten anhand der erhaltenen Informationen erweitern und dadurch zu einem fortgeschrittenen Modell gelangen, z.B. dem der hohlen kugelförmigen Erde.

***Sommer*: Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen- eine Untersuchung von Schülervorstellungen**

Die Untersuchung von *Sommer* wird im Folgenden anhand eines Zeitschriftenartikels erläutert [*Sommer*, 2001]

Der Erfahrungsaustausch von *Sommer* mit den Grundschullehrkräften zeigt ein zu den früheren Studien widersprüchliches Bild in Bezug auf die Ansichten der Kinder von der Erde. *Sommer* vermutet, dass ein verstärkter Einfluss der Medien heutzutage zu einer früheren Ausbildung des naturwissenschaftlichen Bildes von der Erde beiträgt. Sie versucht diese Vermutung zu überprüfen. Darüber hinaus wird im Rahmen dieser Studie der Einfluss von Computerspielen auf die Entwicklung der Kindervorstellungen von der Erde untersucht. Sie befragt insgesamt 79 Schüler der zweiten, dritten und vierten Klasse in Schleswig-Holstein. Die Untersuchungsmethode von *Sommer* unterscheidet sich von den Methoden der vorherigen Studien insofern, dass die Studie in zwei Schritte unterteilt ist: Im ersten Schritt führt die Autorin eine Befragung zur Mediennutzung durch. Anhand dieser werden Schüler in drei Gruppen unterteilt: Gruppe der Langzeitspieler und der Kurzzeitspieler sowie die Kontrollgruppe. Die erstgenannte besteht aus Kindern, die bereits vor der Befragung Weltall-Computerspiele gespielt haben; die Kurzzeitspieler sind die Kinder, die erst nach der Befragung ein solches Spiel zur Verfügung gestellt bekommen; die Kontrollgruppe beinhaltet die Kinder, die noch kein Weltall-Computerspiel gespielt und auch keins bekommen haben.

Im zweiten Schritt werden Kinder mit Hilfe eines teilstrukturierten 20 bis 45-minütigen Interviews bezüglich ihrer Ansichten zur Gestalt der Erde befragt: Zuerst anhand des Fragenkatalogs von *Vosniadou* und *Brewer*, danach stellten Kinder ihre Vorstellungen als Zeichnung und anschließend auf Modellen vor. *Sommer* ist sich der Problematik des Einflusses dieser erweiterten Methode auf die Ergebnisse der Studie bewusst, nämlich, dass Kinder während des Interviews ihr Bild von der Erde den Fragen des Interviewers anpassen. Jedoch begründete sie ihre Methodenwahl damit, dass dreidimensionale Sachverhalte von Kindern dieser Altersstufe nur schwer als Zeichnung dargestellt werden können und dieses daher zu Fehlinterpretationen führen kann.

Sommer klassifiziert die Befragten im Hinblick auf ihre Vorstellungen entsprechend den fünf Kategorien nach *Nussbaum*. Das Kind wird erst dann einem der Levels zugeordnet, wenn es alle Fragen durchgehend gemäß einer der Kategorien beantwortet. Das Ergebnis der Untersuchung sieht wie folgt aus: Etwa die Hälfte der Kinder beantworten die Fragen zur Gestalt der

Erde konsistent auf dem Niveau IV. Die andere Hälfte der Kinder wechselt zwischen den Ansichten I bis IV (Abb. 5.11). Dies deutet nach Interpretation der Autorin auf eine noch nicht ausgereifte Vorstellung hin. In Anbetracht dieses überraschenden Ergebnisses weist *Sommer* auf die Notwendigkeit hin, weitere Untersuchungen mit noch jüngeren Schülern durchzuführen.

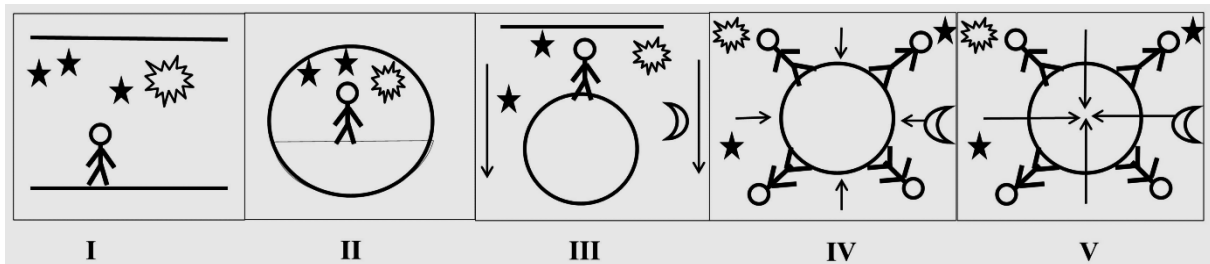


Abb. 5.11: Vorstellungsniveaus I bis V von *Sommer* (nach *Sommer* [2001, S. 76]).

Ein Vergleich innerhalb der drei gebildeten Gruppen (nach dem typischen Spielverhalten) zeigt: Ca. 62 Prozent der Langzeitspieler benutzen durchgehend das Niveau IV um Fragen zur Gestalt der Erde zu beantworten; in der Kontrollgruppe sind es nur 33 Prozent, die gemäß dieser Kategorie antworten. Dabei ist überraschend, dass ca. 90 Prozent der Kinder aus der Gruppe der Kurzzeitspieler in der Erklärung der Erdanziehungskraft konstant auf der vierten Ebene argumentieren, obwohl das ausgeteilte Spiel keine ausführlichen Erläuterungen zu dieser Thematik beinhaltete.

Aus diesen Ergebnissen schlussfolgert *Sommer*: Computersimulationen scheinen einen positiven Einfluss auf die Entwicklung von Vorstellungen zur Gestalt der Erde zu haben. Offensichtlich tragen die dreidimensionalen Darstellungen dazu bei, die wissenschaftliche Sichtweise auf den Erdkörper zu festigen. Darüber hinaus scheint bereits eine relativ kurze Beschäftigung mit dreidimensionalen Darstellungen am Computer zu genügen, um diesen Effekt zu erzielen.

Sommer vergleicht die Ergebnisse ihrer Studie mit früheren internationalen Untersuchungen und stellt fest, dass Grundschüler heute bereits im Alter von acht Jahren eine höher entwickelte Sichtweise von der Gestalt der Erde und von der Erdanziehung aufweisen. Diese Feststellung führt *Sommer* darauf zurück, dass Kinder in heutiger Zeit mit deutlich mehr Informationen zu dieser Thematik konfrontiert werden als in der Vergangenheit.

Siegal, Butterworth und Newcombe (2004): Culture and children`s cosmology

Die Ergebnisse und Methoden der oben genannten Studie werden nachfolgend anhand der gleichnamigen Veröffentlichung von *Siegal, Butterworth und Newcombe* [2004] dargestellt:

Siegal et al. befragen Kinder aus England und Australien im Alter von vier bis neun Jahren zur Erdform und zum Tag- und Nachtzyklus. Die beiden Länder wurden für die Untersuchung ausgewählt, weil sie sich auf verschiedenen Hemisphären der Erde befinden. Darüber hinaus erfahren Kinder in Australien (aufgrund der Lage des Kontinentes) sehr früh eine intensive Unterweisung zur Form der Erde und zur Tatsache, dass Menschen auf der gesamten Erdoberfläche leben können. Die Autoren sind der Meinung, dass die Ansicht von der Erde einer kulturellen und gesellschaftlichen Beeinflussung unterliegt. Daher möchten *Siegal et al.* überprüfen, ob australische Kinder bereits sehr früh eine Vorstellung über die Erde und den Tag- und Nachtzyklus entwickeln können, die eher der wissenschaftlichen Sichtweise ähnelt.

Befragt wurden 59 Kinder aus Australien sowie 71 Kinder aus England. Den Kindern wurden insgesamt 14 Fragen gestellt. Diese bezogen sich auf die Form der Erde/der Welt, auf die Vorstellung über den Tag- und Nachtzyklus. Durch zwei Fragen sollte das allgemeine räumliche Vorstellungsvermögen der Kinder festgestellt werden. Bei einer der Fragen zur Erdform sollten Kinder die Erde anhand von drei dreidimensionalen Modellen identifizieren. Diese Modelle stellen die drei von *Vosniadou und Brewer* [1992] identifizierten Niveaus dar: Flache Erde, kugelförmige Erde sowie hohle Erde.

Siegal et al. kommen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass Kinder aus Australien deutlich früher eine Vorstellung über die Erde aufweisen, die einer wissenschaftlichen Sichtweise von der Erde nahe kommt. Selbst im Alter von vier bis fünf Jahren erzielen die Kinder aus Australien einen deutlichen Vorsprung gegenüber den Kindern aus England. Die Studie zeigt auch, dass bereits sehr kleine Kinder von der Einführung in die wissenschaftliche Sicht der Welt profitieren und dadurch deutlich weiterentwickelte Vorstellungen von der Erde aufweisen.

5.4 Zusammenfassung und Thesen

Vorunterrichtliche Vorstellungen spielen eine wichtige Rolle für Lernprozesse. Sie haben ihren Ursprung in den alltäglichen Erfahrungen mit Gegenständen, aber auch die Alltagssprache trägt zu ihrer Entwicklung bei. Ein bekanntes Beispiel für eine solche Vorstellung (und gleichzeitig für eine Fehlvorstellung im Bereich des elektrischen Stromes) zeigt sich in der Formulierung: „Die Batterie ist leer“. Die Lernenden denken hierbei an eine Flüssigkeit, die

aus der Batterie herausgelaufen sein soll – eine alltägliche Ansicht, die in diesem Zusammenhang allerdings den Sachverhalt nicht korrekt beschreibt.

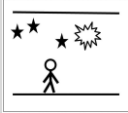

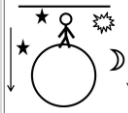
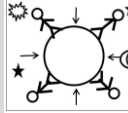
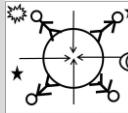
Das obere Beispiel zeigt, vorunterrichtliche Vorstellungen stimmen oft nicht mit der wissenschaftlichen Sichtweise überein. Dies kann zu Lernschwierigkeiten im Unterricht führen. Es ist also zwingend notwendig, wie in diesem Kapitel geschehen, sie zu analysieren. Hier ist dies für die Themenbereiche erfolgt, die im Kapitel 3 und 4 dieser Arbeit als interessant für die Schüler eingestuft wurden.

Das umweltbezogene Vorwissen der Jugendlichen in Deutschland fällt, wie verschiedene Studien belegen, nur durchschnittlich aus: Die von Jugendlichen meistgenannten Umweltprobleme sind Luftverschmutzung durch Abgase, Verschmutzung des Bodens sowie des Wassers durch menschliche Abfälle und das Aussterben von Tier- und Pflanzenarten. Das Problem der Klimaerwärmung wird von Jugendlichen ebenfalls oft erwähnt. Anhand der Analyse von Studien lässt sich die folgende These zur Entwicklung des Umweltbewusstseins formulieren: *Da alle genannten Umweltprobleme unter anderem durch zentrale elektronische Medien vermittelt werden, kann man davon ausgehen, dass Grundschul Kinder über ähnliche Vorstellungen bezüglich verschiedener Umweltprobleme verfügen wie die Jugendlichen in den bislang erfolgten Studien.*

Eine Übersicht zu den Ergebnissen der internationalen Studien bezüglich der Ansichten der Kinder zum Erdkörper liefern *Sneider* und *Pulos* in Form einer Tabelle. Diese wurde von *Sommer* [2001] in ihrer Veröffentlichung in veränderter Form abgebildet und durch eigene Ergebnisse ergänzt (Tab. 5.1). *Sneider* und *Pulos* [1983] schließen aus diesen Daten auf die Abhängigkeit der Vorstellungsniveaus vom Alter der Kinder. Jedoch weisen die Autoren darauf hin, dass diese Tabelle nur mit Vorsicht betrachtet werden soll, weil in den Studien oft sehr unterschiedliche Klassifikationen von Vorstellungen benutzt wurden. *Sneider* und *Pulos* [1983] fassen jedoch zusammen, dass sich die zehnjährigen Kinder im Mittel auf dem Level I bis III befinden und die Dreizehn- und Vierzehnjährigen im Durchschnitt auf den Niveaus IV und V vorzufinden sind (Tab. 5.1).

Die Autoren der hier betrachteten Studien sind der Meinung, dass die Vorstellung über die Erde vom Alter, dem Entwicklungsstand des Kindes und den zur Verfügung stehenden Informationsquellen abhängt. Die fünf Kategorien, die bereits ausführlich erläutert wurden, konnten in zahlreichen Studien nachgewiesen werden. Auch die verschiedenen Ausprägungen ein und desselben Niveaus sind aus den Studien zu entnehmen. *Aufbauend auf diesen Ergebnis-*

sen lässt sich vermuten, dass auch diejenigen Kinder, die das Schülerlabor besuchen, im Mittel ähnliche Vorstellungsniveaus aufweisen. Der Entwicklungsstand der Kinder in Bezug auf ihre Ansichten zur Erdform lässt sich problemlos durch ähnliche Methoden wie die in den Studien beschriebenen ermitteln.

Alter	Stu- die	N	I	II	III	IV	V
							
8	E	26	35	4	23	23	15
	A	44	89	9	0	2	0
	B	41	71	22	2	2	0
	F	77	47	38	3	12	0
	H	24	0	0	0	57	-
9	A	30	30	30	40	0	0
	H	18	0	0	0	42	-
10	C	48	30	13	19	13	6
	A	47	72	2	21	4	0
	B	52	50	19	17	12	2
	D	16	31	13	56	0	0
	H	37	0	0	0	53	-
11	C	48	6	19	17	15	44
	D	21	10	14	72	5	0
12	A	34	53	3	15	24	6
	B	36	31	6	14	42	6
	C	48	19	15	27	19	21
	D	23	26	0	44	22	9
13	C	48	0	4	19	17	60
	D	26	8	12	4	23	54
14	C	48	2	4	23	17	50
	D	28	14	18	18	11	39

Tab. 5.1: Übersicht über die Ergebnisse der Studien zu den Kindervorstellungen über die Erde, Angabe in %; A: Nepal, ländlicher Raum (Mali & Howe, 1979); B: Nepal, städtischer raum (Mali & Howe, 1979); C: Israel (Nussbaum, 1979); D: California, USA (Sneider & Pulos, 1983); E: New York: (Nussbaum & Novak, 1976); F: Israel (Nussbaum & Sharoni-Dagan, 1981); H: Deutschland (Sommer, 2001); I: Australien (Siegal et al., 2004); J: England (Siegal et al., 2004). (nach Sneider und Pulos [1983, S.215] und Sommer [2001, S. 76]).

6 Vorunterrichtliche Vorstellungen der Kinder zu geo- und umweltphysikalischen Themen – eine Befragung im Schülerlabor der Universität Siegen

Im Kapitel 5 wurde die Bedeutung der vorunterrichtlichen Vorstellungen- für den Lernprozess erläutert. Darüber hinaus wurden Studien vorgestellt, die Umweltwissen von Jugendlichen sowie Sichtweisen von Kindern zur Erdform und Erdanziehungskraft untersuchten. Viele Wissenschaftler, die sich mit der Entwicklung der Ansichten über die Erde befassen, sind der Meinung, dass das Abstraktionsniveau mit dem allgemeinen Entwicklungsstand des Kindes und mit der Menge der zur Verfügung stehenden Informationen zusammenhängt. Betrachtet man das Umweltwissen von Jugendlichen, so herrscht unter den Autoren Konsens darüber, dass dieses nur dürftig ausfällt, obwohl sich Jugendliche bezüglich der allgemeinen Umweltprobleme zumeist betroffen zeigen.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der im vorherigen Kapitel analysierten Studien wurde eine eigene Untersuchung im Schülerlabor der Universität Siegen geplant und durchgeführt. Diese soll den Entwicklungsstand der Kinder bezüglich der oben genannten zentralen Vorstellungen erheben. Die Kenntnis des exakten Entwicklungsstandes ist für die vorliegende Arbeit von großer Bedeutung, da im nächsten Kapitel ein experimentelles Angebot zu geo- und umweltphysikalischen Themen für Grundschüler erarbeitet wird. Darüber hinaus sollen sich geo- und umweltphysikalische Fragestellungen (neben den bereits herausgearbeiteten inhaltlichen Ausrichtungen) zu einem thematischen Schwerpunkt im Schülerlabor der Universität Siegen entwickeln. Ob solche Angebote bereits für Grundschüler geeignet sind, kann unter anderem anhand der vorunterrichtlichen Vorstellungen der Kinder beurteilt werden. Die im Schülerlabor durchgeführte Erhebung von kindlichen Sichtweisen wird nachfolgend ausführlich vorgestellt.

6.1 Untersuchungsvorhaben und Arbeitshypothesen

Festgestellt wurde, dass Kinder und Jugendliche Interesse an den geo- und umweltphysikalischen Fragestellungen bekunden. Das Interesse ist zwar eine notwendige jedoch keine hinreichende Bedingung für eine lernzuwacherzielende Beschäftigung mit bestimmten Themen. Da es sich bei geo- und umweltphysikalischen Themen um komplexe Zusammenhänge han-

delt, ist für das Zustandekommen von Lernprozessen neben dem Interesse auch der kognitive Entwicklungsstand der Kinder entscheidend.

Die Kinder, die noch keine Ansicht von der Erde als einen von uns Menschen bewohnten kosmischen Körper ausgebildet haben, können kein Verständnis für Fragestellungen aufbringen, die sich beispielsweise mit dem Schalenbau der Erde oder den Gezeiten befassen. Der Entwicklungsstand der Kinder verschiedener Klassenstufen kann z.B. durch die Betrachtung vorunterrichtlicher Vorstellungen beurteilt werden. Daher soll in einer eigenen Untersuchung im Rahmen des Schülerlabors betrachtet werden, welche Sichtweisen Kinder der Klassenstufen eins bis vier zur Gestalt der Erde sowie zu umweltrelevanten Themen entwickelt haben.

Ausgehend von den bereits im Kapitel 5.4 abgeleiteten Thesen, dass die in internationalen Studien festgestellten Vorstellungsmuster von Grundschulern im Prinzip mit denen deutscher Schüler übereinstimmen, lassen sich folgende Arbeitshypothesen formulieren:

- I. *Durchschnittlich etwa 70 Prozent der Kinder einer Klasse sollten vor dem Wahrnehmen des experimentellen Angebotes zu geo- und umweltphysikalischen Themen das Vorstellungsniveau III (nach Nussbaum) und höher aufweisen.*
- II. *Durchschnittlich etwa 50 Prozent der Kinder einer Klasse müssten vor dem Wahrnehmen des experimentellen Angebotes zu geo- und umweltphysikalischen Themen eine Vorstellung darüber entwickelt haben, dass die Menschheit dringend globale Umweltprobleme lösen muss.*

Diese Arbeitshypothesen werden in einer eigenen Untersuchung geprüft. Die Erhebung wird im Folgenden näher beschrieben.

6.2 Untersuchungsrahmen

Den Rahmen der Untersuchung bildet eine Grundschullehrerfortbildung an der Universität Siegen mit dem Titel QUASAR (Qualifizierungserweiterung von Sachunterrichtslehrern im MINT-Bereich in der Region Siegen-Wittgenstein). Die Fortbildung wird seit November 2011 gemeinsam von den Arbeitsgruppen der Chemie- und Physikdidaktik der Universität Siegen durchgeführt. Die Veranstaltung dient der Weiterqualifizierung von Sachunterrichtslehrern im naturwissenschaftlichen Bereich. Zum Schwerpunkt der Fortbildung gehören ausgewählte Themen, die im Lehrplan des Landes Nordrhein-Westfalen im Bereich der Grundschule vorgeschrieben sind. Auch astronomische Sachverhalte werden in der Fortbildung vermittelt. Einen weiteren Schwerpunkt bilden umweltbezogene Themen. Die teilnehmenden Lehrer

kommen aus der Region Siegen, sodass sie gemeinsam mit ihren Klassen das Schülerlabor der Universität besuchen können.

6.3 Untersuchungsdesign

Vosniadou und *Brewer* [1992] merkten bezüglich der eigenen Methodik kritisch an, dass Kinder durch die Rückfragen beim Interview in ihren Vorstellungen beeinflusst werden könnten. Somit könnten Rückfragen bewirken, dass Kinder ihre Sichtweisen bereits beim Interview überdenken und weiterentwickeln. Auch *Sommer* [2001] äußert in Bezug auf die Interview-Methode die Vermutung, dass diese Methodik unter Umständen für die Befragung der Kinder verbesserungsbedürftig sein könnte.

Diese kritischen Anmerkungen sowie die Ergebnisse früherer Studien führten die Autorin der vorliegenden Arbeit dazu, die Schülersichtweisen durch die zeichnerische Methode zu ermitteln, d.h. Kinder sollten anhand eines Auftragskatalogs Zeichnungen erstellen und durch keine Rückfragen dabei gestört werden. Diese von Kindern angefertigten Bilder erlauben Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Vorstellungswelt. Dabei war die bereits erwähnte Schwierigkeit zu berücksichtigen, dass jüngere Kinder generell Probleme beim Malen dreidimensionaler Darstellungen haben. Bei Berücksichtigung der erwähnten Problematik ist diese Einschränkung aber nicht so gravierend, dass man generell keine Vorstellungskategorie identifizieren könnte.

Die Befragung fand im Zeitraum von November bis Dezember 2011 statt. In einer gesonderten Sitzung wurden Lehrer über den Auftragskatalog zur Erstellung einer Zeichnung aufgeklärt. Die Anweisungen für die Kinder wurden von mehreren Lehrern auf ihre Verständlichkeit hin geprüft. Die Malaufträge sollten in Form einer Overheadfolie oder eines Aufgabenzettels vorgelegt und zeichnerisch beantwortet werden. Für die Anfertigung der Bilder stand den Kindern ein Zeitraum von etwa 90 Minuten zur Verfügung. Unklare Zeichnungselemente wurden im Anschluss an die Erhebung durch Rückfragen ermittelt und von Lehrern beschriftet.

Der Katalog beinhaltete sechs Aufträge zur Ermittlung von Vorstellungen über die Form der Erde. Aufgrund des jungen Alters der befragten Kinder wurde beschlossen nicht weiter auf Schülerkonzepte zur Erdanziehungskraft einzugehen. Stattdessen wurden zwei Aufträge zu umweltbezogenen Themen formuliert, nämlich zur Umweltverschmutzung und zu Ereignissen mit Auswirkungen auf die Geosysteme (Tab. 6.1). Die Aufträge eins bis sechs stimmen in-

haltlich mit Fragen aus den bereits beschriebenen Untersuchungen anderer Autoren überein. Die Anzahl der Aufträge wurde so gewählt, dass eine zeichnerische Ausführung auf einem DIN A3 Blatt möglich war.

Vorstellungsbereich	Auftrag
Erde als kosmischer Körper	1. Male die Erde! 2. Male das, was unter und über der Erde ist! 3. Male Sonne, Mond und Sterne! 4. Male dich auf der Erde! (Beschrifte!) 5. Male andere Menschen auf der Erde! 6. Male Wasser, Wiesen, Bäume, Berge sowie dein Haus auf der Erde!
Umweltreignisse und Umweltverschmutzung	7. Male Dinge, die die Erde verschmutzen! (Beschrifte!) 8. Male das, was in der letzten Zeit auf der Erde passiert ist! Beschreibe es in 2-3 Sätzen (nur für Kinder der Klassenstufen 2-4)!

Tab. 6.1: Auftragskatalog zur Anfertigung einer Zeichnung.

6.4 Stichprobe

Befragt wurden insgesamt 279 Schüler von der ersten bis zur vierten Klasse, also Kinder im Alter von sechs bis zwölf Jahren. Sie stammen aus den Grundschulen des Kreises Siegen-Wittgenstein und des Kreises Olpe des Landes Nordrhein-Westfalen. Die Mehrheit der Schüler stammt aus einer ländlichen Umgebung. Die Verteilung der Schüler auf die Klassen- sowie Altersstufen kann der Tab. 6.2 entnommen werden:

Alter			Klasse		
	n	%		n	%
6	43	15,4	1	63	22,6
7	38	13,6			
8	31	11,1	2	23	8,2
9	78	28,0			
10	73	26,2			
11	12	4,3	3	49	17,6
12	2	0,7			
k. Angabe	2	0,7	4	144	51,6
Gesamt	279	100			
				279	100

Tab. 6.2: Verteilung der Kinder der Stichprobe auf Alters- bzw. Klassenstufen; Angabe in Häufigkeit (n) und in Prozent.

Da den Kindern eine begrenzte Zeit für die Anfertigung ihrer Zeichnung zur Verfügung stand, konnte nicht jedes Kind alle acht Malaufträge ausführen, 150 von insgesamt 279 Kindern brachten vollständig verwertbare Resultate in die Erhebung ein (alle acht Fragen wurden voll-

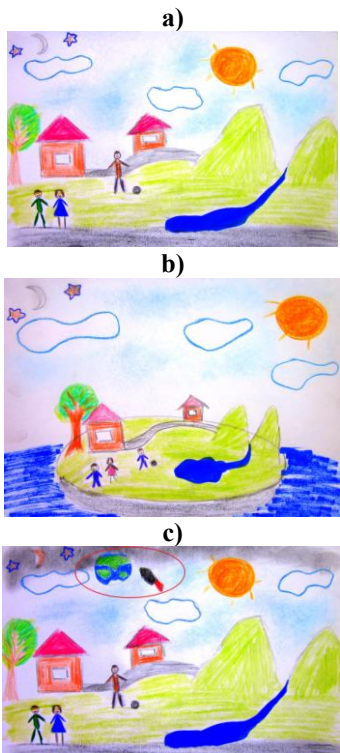
ständig zeichnerisch beantwortet). Die sechs Fragen zu der Erdform konnten jedoch alle 279 Kinder im vorgegebenen Zeitraum beantworten.

6.5 Auswertung von kindlichen Sichtweisen über die Erdform

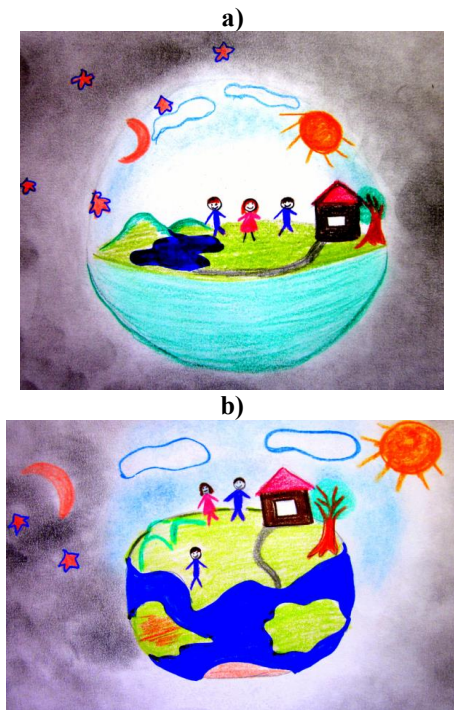
Die Identifizierung der Vorstellungen erfolgte anhand einer Auswertungsmatrix (Tab. 6.3). Sie enthält die Kategorien I bis IV nach *Nussbaum* sowie ihre verschiedenen Ausprägungen, die den bereits zitierten Untersuchungen entnommen wurden. Für eine bessere Zuordnung der Kinderzeichnungen zu den einzelnen Levels enthält die Auswertungsmatrix eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Niveaus sowie die zeichnerische Darstellung ihrer Ausprägungsformen.

Anhand der Auswertungsmatrix ordneten bewertungsneutrale Personen die Kinderzeichnungen den einzelnen Kategorien zu. Für eine eindeutige Klassifizierung zu einem der Niveaus musste pro Zeichnung maximal eine Abweichung von der Musterzeichnung bzw. Musterbeschreibung akzeptiert werden. Gab es in der Zeichnung mehrere Abweichungen, so wurde die Zeichnung dem Vorstellungsniveau „unbestimmt“ zugeordnet.

Niveau I: **a)** Die Erde ist flach, **oder b)** Die Erde ist wie eine scheibenförmige Insel **oder c)** Die Erde, auf der wir leben, ist flach, jedoch gibt es zusätzlich eine weitere Erde im Weltall, die wie ein Ball aussieht und die nur von Astronauten erreicht werden kann. Es existiert keine Vorstellung vom kosmischen Raum. Der Himmel mit Sonne, Mond und Sternen verläuft parallel zum Boden.



Niveau II: **a)** Die Erde ist eine hohle Kugel, Menschen leben im Inneren der Erde, entweder auf einer flachen Ebene oder auf der unteren Kreislinie der Kugel. Die obere Hemisphäre der Kugel ist der Himmel. Sonne, Mond und Sterne befinden sich noch innerhalb oder außerhalb der Kugel. **oder b)** Die Erde ist wie ein abgeplatteter Ball. Das Weltall umgibt diese abgeflachte Kugel. Bei beiden Ausprägungsformen fehlt die Vorstellung darüber, dass Menschen auf der Südhalbkugel „mit dem Kopf nach unten“ auf der Erdoberfläche stehen.



Niveau III: Die Erde ist ein Ball im Kosmos. Sonne, Mond, Sterne und der kosmische Raum umgeben sie. Menschen können nur auf dem oberen Teil der Erde also in der „Nordpolregion“ leben oder die Menschen können zwar überall auf der Erde außer am Südpol leben, sie sind jedoch alle mit dem Kopf Richtung nördliche Himmelssphäre platziert.



Niveau IV: Die Erde ist ein Ball im Kosmos. Menschen können überall auf der Erde leben und werden senkrecht zur Erdoberfläche auf der Erde platziert. Sonne, Mond und Sterne sowie der kosmische Raum umgeben die Erde.

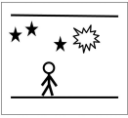
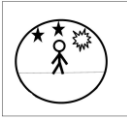
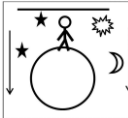
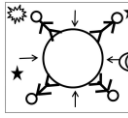


Tab. 6.3: Auswertungsmatrix für die Zuordnung der Kinderzeichnungen zu den einzelnen Kategorien.

6.6 Ergebnisse der Erhebung zu Vorstellungen über die Erdform

Für eine erfolgreiche Beschäftigung mit geo- und umweltphysikalischen Themen sollten Kinder idealerweise eine Vorstellung von der Erde aufweisen, die der wissenschaftlichen Sicht entspricht. Das Niveau III nach *Nussbaum* würde jedoch für den Einstieg in die Thematik bereits ausreichen. Denn die Kinder mit dieser Ansicht weisen ein richtiges Konzept über die Erdform auf und haben bereits eine annähernd richtige Sichtweise über den kosmischen Raum ausgebildet. Im Gegensatz dazu kann die Beschäftigung mit geo- und umweltphysikalischen Themen mit den Kindern der Kategorie I und II nicht gelingen, ohne dass eine zusätzliche Unterrichtsreihe zur Erdform und zur Einbettung der Erde in den kosmischen Raum stattgefunden hat. Aufbauend auf diesem Gedanken, wird in der Auswertung besonders auf die Gruppe der Kinder eingegangen, die den Level III und höher aufweisen.













Die erste Auswertung zeigt, dass etwa 50 Prozent der befragten Kinder bereits das Niveau III erreicht haben. Der Anteil der Kinder, die über die Vorstellungskategorie III und IV verfügen, beläuft sich in dieser Stichprobe sogar auf etwa 58 Prozent (Tab. 6.4).

	I	II	III	IV	?
					
n	64	22	140	22	31
%	22,9	7,9	50,2	7,9	11,1

Tab. 6.4: Verteilung der befragten Kinder auf die Vorstellungsniveaus I bis IV, in der letzten Spalte sind die Kinder erfasst, die in ihren Zeichnungen zwischen verschiedenen Kategorien wechselten. (N=279).⁴

Die Tab. 6.5 zeigt einige ausgewählte Zeichnungen der Kinder - geordnet nach den Vorstellungsniveaus und deren Ausprägung: Interessanterweise fand man in den Zeichnungen Sachverhalte, die Kinder auf ihre eigene Initiative hin darstellen wollten. So wurden auf dem rechten Bild zum Niveau III die Größenverhältnisse der kosmischen Körper und der innere Aufbau der Erde dargestellt. Von solchen Zeichnungen gibt es durchaus mehrere, vielfach bilden Kinder sogar andere Planeten und Schwarze Löcher ab.

⁴ Die zeichnerische Darstellung der Vorstellungskategorien wurde aus *Sommer* [2001] entnommen und wird in allen nachfolgenden Tabellen, die die Ergebnisse der Befragung darstellen, verwendet.

<p>Vorstellungsniveau I</p>		<p>Ia</p>		<p>Ia</p>		<p>Ic</p>
<p>Vorstellungsniveau II</p>		<p>IIa</p>		<p>IIa</p>		<p>IIb</p>
<p>Vorstellungsniveau III</p>						
<p>Vorstellungsniveau IV</p>						

Tab. 6.5: Ausgewählte Zeichnungen, geordnet nach Levels und deren Ausprägungen.

Die Unterteilung der Kinder in Altersgruppen zeigt, dass nur 28 Prozent der Sechsjährigen sich die Erde entsprechend dem Niveau III vorstellen (Tab. 6.6 und Abb. 6.1), bei den Neunjährigen sind es bereits 56 und bei den Zehnjährigen sogar 69 Prozent. In Bezug auf die Kategorie IV sieht die Situation wie folgt aus: Während etwa fünf Prozent der befragten Siebenjährigen die Erde entsprechend diesem Level zeichnen, denken bereits etwa 25 Prozent der befragten Elfjährigen auf dieser Vorstellungsebene. In der Abb. 6.1 sind diese beschriebenen Ergebnisse graphisch dargestellt.

Alter	N	I		II		III		IV		?	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
6	43	16	37,2	6	14,0	12	27,9	2	4,7	7	16,3
7	38	7	18,4	8	21,1	16	42,1	2	5,3	5	13,2
8	31	14	45,2	1	3,2	10	32,3	0	0	6	19,4
9	78	17	21,8	3	3,8	44	56,4	8	10,3	6	7,7
10	73	8	11,0	2	2,7	50	68,5	7	9,6	6	8,2
11	12	0	0	1	8,3	7	58,3	3	25,0	1	8,3
12	2	0	0	1	50,0	1	50,0	0	0	0	0
o. Angabe	2	2	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 6.6: Unterteilung der befragten Kinder nach Alter und nach Kategorie ihrer Ansicht.

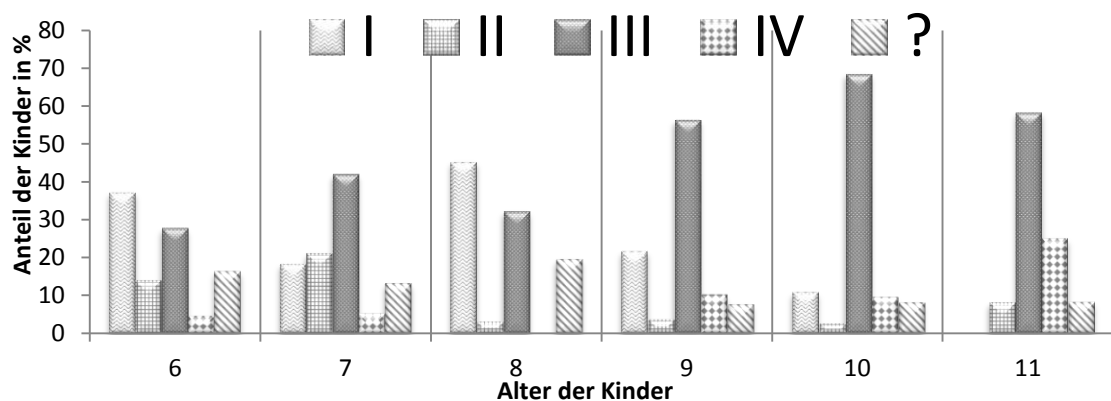
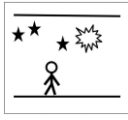

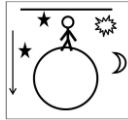
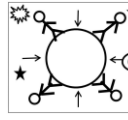


Abb. 6.1: Säulendiagramm zur Tab. 6.6

Die Kategorie III wurde bei dieser Erhebung als die notwendige Bedingung für die Beschäftigungen mit den geo- und umweltphysikalischen Themen festgelegt. Aus diesem Grund wäre

es wichtig zu erfahren, in welchem durchschnittlichen Alter die Kinder der Stichprobe das Niveau III erreichen. Die Tab. 6.7 zeigt das Durchschnittsalter in den einzelnen Kategorien. So beträgt es in der Vorstellungskategorie III etwa 9 Jahre und entspricht somit der Klassenstufe drei bis vier. Die Abb. 6.2 stellt das durchschnittliche Alter innerhalb der Levels grafisch dar.

I			II			III			IV			?		
														
n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
62	7,9	1,4	22	7,7	1,8	140	8,9	1,4	22	9,1	1,5	31	8,1	1,6

Tab. 6.7: Das mittlere Alter der befragten Kinder in Bezug auf die einzelnen Vorstellungsniveaus (N=277), n: Anzahl, \bar{x} : Durchschnittsalter, s: Standardabweichung des Mittelwertes.

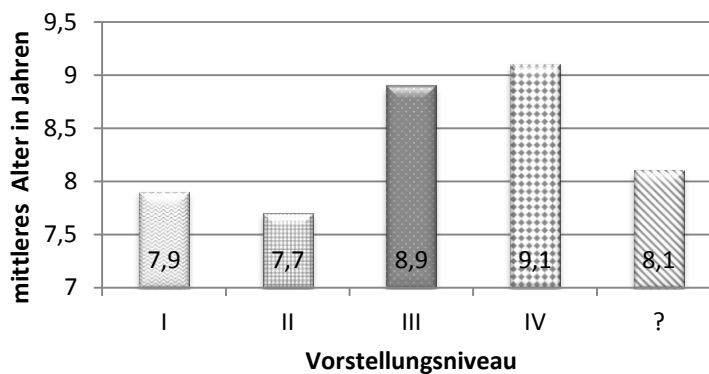


Abb. 6.2: Grafische Darstellung des Durchschnittsalters in Bezug auf die einzelnen Kategorien.

Um die Arbeitshypothese zu bestätigen oder zu verwerfen, muss die Unterteilung nach Klassenstufen vorgenommen werden (Tab. 6.8). Diese Aufteilung zeigt, dass etwa 65 Prozent der Viertklässler der Kategorie III sowie 13 Prozent der Kategorie IV angehören. Das bedeutet, dass etwa 78 Prozent der befragten Viertklässler sich die Erde entsprechend dem Niveau III oder entsprechend einem höheren Niveau vorstellen. Das Kreisdiagramm in der Abb. 6.3 macht deutlich, dass die überwiegende Mehrheit der Viertklässler die Voraussetzung für die Beschäftigung mit den geophysikalischen Themen erfüllt.

Kl.	N	I		II		III		IV		?	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	63	22	34,9	11	17,5	21	33,3	1	1,6	8	12,7
2	23	1	4,3	3	13	9	39,1	3	13	7	30,4
3	49	27	55,1	2	4,1	17	34,7	0	0	3	6,1
4	144	14	9,7	6	4,2	93	64,6	18	12,5	13	9

Tab. 6.8: Verteilung der Kinder auf die Klassenstufen und auf die Niveaus.

Vorstellungskategorien der Viertklässler

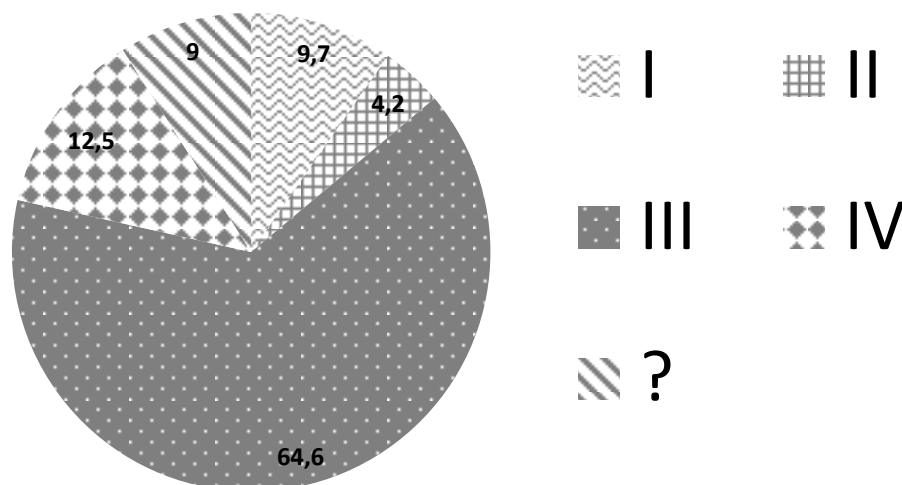


Abb. 6.3: Verteilung der Viertklässler auf die einzelnen Vorstellungsniveaus.

6.7 Auswertung der Vorstellungen über Umweltverschmutzung und Umweltereignisse

Die Auswertung der kindlichen Sichtweisen zur Umweltverschmutzung und zu Umweltereignissen verlief in mehreren Schritten: Zuerst wurden alle vorgekommenen Antworten auf die Aufträge sieben und acht des Katalogs in einem Auswertungsbogen festgehalten. Anschließend wurden aus den einzelnen Antworten Kategorien gebildet. Diese Kategorien wurden in eine Auswertungsmatrix übertragen (Tab. 6.9). Diese Matrix ermöglichte dann eine quantitative Einschätzung der Vorstellungen.

Eine Art von Umweltproblemen, nämlich „globale Umweltprobleme“, wurde in der Befragung nicht explizit erhoben, jedoch gingen Kinder von sich aus auf dieses Themenfeld durchaus häufig ein. Im Bereich der Umwelt ist diese Kategorie von besonderer Bedeutung. So teilt Kaazke [2008] Umweltprobleme ausgehend von der räumlichen Perspektive in drei Kategorien ein - in lokale, regionale und globale Umweltprobleme. Vorstellungen über globale Umweltprobleme könnten Ansichten darstellen, die sich aus Wahrnehmung zu Ereignissen und Problemen entwickeln, welche die Kinder zunächst nur in ihrem direkten Umfeld erkennen, später dann räumlich erweitern. Zur Erfassung dieser weiterentwickelten Sichtweise, wurde bei der Auswertung der Kinderansichten zu Umweltverschmutzungen bzw. zu Umweltereignissen darauf geachtet, ob Kinder Aussagen wie „CO₂ schädigt das Klima auf der Erde“, „die Polkappen schmelzen ab“ oder „die Wüstenregionen breiten sich aus“ treffen oder zeichnerisch darstellen.

Bereich	Kategorie	Beispiele für Nennungen	Ja/Nein
Umweltverschmutzung und globale Umweltprobleme	Abfall	Dosen, Flaschen, Tüten, Papier, Zigaretten, Bananenschalen, Schmutz, etc.	
	Emissionen	Autoabgase, Rauch, CO ₂ , Abwasser und Abgase der Fabriken, etc.	
	Radioaktive Strahlung	Atommüll, Katastrophen im Kernkraftwerk, etc.	
	Sonstiges	...	
	Globale Umweltprobleme	CO ₂ schädigt das Klima, Klimaerwärmung und daraus resultierende Naturkatastrophen etc.	
Umwelt Ereignisse	Ereignisse in der direkten Umgebung der Kinder	Schneefall, Autounfall, etc.	
	Politische und soziale Ereignisse	Hungersnöte, Krieg, Präsidentschaftswahlen, Demonstrationen, etc.	
	Naturkatastrophen	Erdbeben, Wirbelsturm, Überflutung, Waldbrand, etc.	
	Sonstiges	...	

Tab. 6.9: Auswertungsmatrix zur quantitativen Erfassung von kindlichen Sichtweisen zur Umweltverschmutzung und zu Umweltereignissen.

6.8 Ergebnisse der Erhebung zu Vorstellungen über Umweltverschmutzung und Umweltereignisse

Den ersten Eindruck von kindlichen Ansichten zum genannten Bereich erhält man, wenn man die Zeichnungen verschiedener Altersstufen betrachtet (Abb. 6.4). Man erkennt bereits durch einen ersten Blick auf die Bilder, dass sich die Vorstellungen der Kinder mit steigendem Alter weiterentwickeln. So malen Erstklässler Bananenschalen und Getränkeflaschen um ihr Haus oder um die Schule herum, wenn sie an die Dinge denken, die die Erde verschmutzen. Dritt- und Viertklässler denken ebenfalls an menschliche Abfälle als eine der Umweltverschmutzungen, jedoch malen sie im Gegensatz zu jüngeren Kindern ganze Berge von Müll, die wahrscheinlich Mülldeponien darstellen. Der Wahrnehmungshorizont des Kindes wächst also mit steigendem Alter; dabei werden auch die Vorstellungen von umweltbezogenen Themen erweitert.

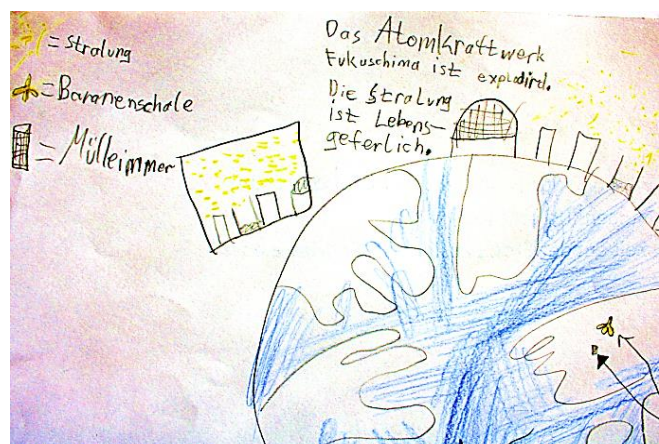


Abb. 6.4: Ausgewählte Kinderzeichnungen zeigen, wie Kinder sich die Umweltverschmutzung und Umweltereignisse vorstellen, die oberen Bilder wurden von Kindern der Klassenstufen 1 und 2 angefertigt, die unteren von Kindern der Klassenstufen 3 und 4.

Die quantitative Auswertung führte zu folgenden Ergebnissen: Auf die Frage, welche Dinge die Erde verschmutzen, gaben etwa 60 Prozent der Kinder menschliche Abfälle als Antwort an. Darüber hinaus wurden von etwa 35 Prozent der Befragten die Emissionen in Form von Autoabgasen sowie in Form von Abgasen der Fabriken genannt. Die radioaktive Strahlung erwähnten etwa 17 Prozent der Kinder (Tab. 6.10). Dieser relativ hohe Prozentsatz ist erstaunlich und man fragt sich, woher Kinder dieser Altersgruppe überhaupt den Begriff „radioaktive Strahlung“ kennen. Da einige Kinder den Begriff der Radioaktivität gemeinsam mit dem Kernkraftwerkunglück in Fukushima nannten, scheint klar, dass es sich hier um das Resultat eines aktuellen Ereignisses handelt, das in den Medien große Beachtung gefunden hat. Welche Vorstellungen Grundschul Kinder generell mit dem Begriff der Radioaktivität verbinden, wäre eine eigenständige Untersuchung wert, die allerdings nicht im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt werden konnte. Globale Umweltprobleme wurden von etwa zehn Prozent der befragten Kinder erwähnt.

		%
Umweltverschmutzung und globale Umweltprobleme	Abfall	62,7
	Emissionen	35,3
	radioaktive Strahlung	17,3
	Sonstiges	8,7
	Globale Umweltprobleme	10,0
Umweltereignisse	Ereignisse in direkter Umgebung	15,3
	politische und soziale Ereignisse	15,3
	Naturkatastrophen	49,3
	Sonstiges	6,0

Tab. 6.10: Die Häufigkeit der Nennungen in Prozent in der gesamten Stichprobe (N=150).

Die Antworten bezüglich der Umweltereignisse lassen sich in Kategorien „Ereignisse in der direkten Umgebung“, „politische und soziale Ereignisse“ sowie „Naturkatastrophen“ einteilen. Etwa 15 Prozent der Kinder erwähnten Vorfälle in ihrer direkten Umgebung wie Autounfälle in ihrem Dorf. Auch soziale und politische Ereignisse wie Kriege und Präsidentenwahlen traten bei etwa fünfzehn Prozent auf. Am häufigsten, nämlich in etwa 49 Prozent der Fälle, wurden Naturkatastrophen wie Erdbeben und Überflutungen genannt. Die Abb. 6.5 stellt die oben beschriebenen Ergebnisse grafisch dar. Es wird deutlich, dass Abfälle, Emissionen sowie Naturkatastrophen die häufigsten umweltbezogenen Nennungen der Kinder im Alter von sechs bis zwölf Jahren sind.

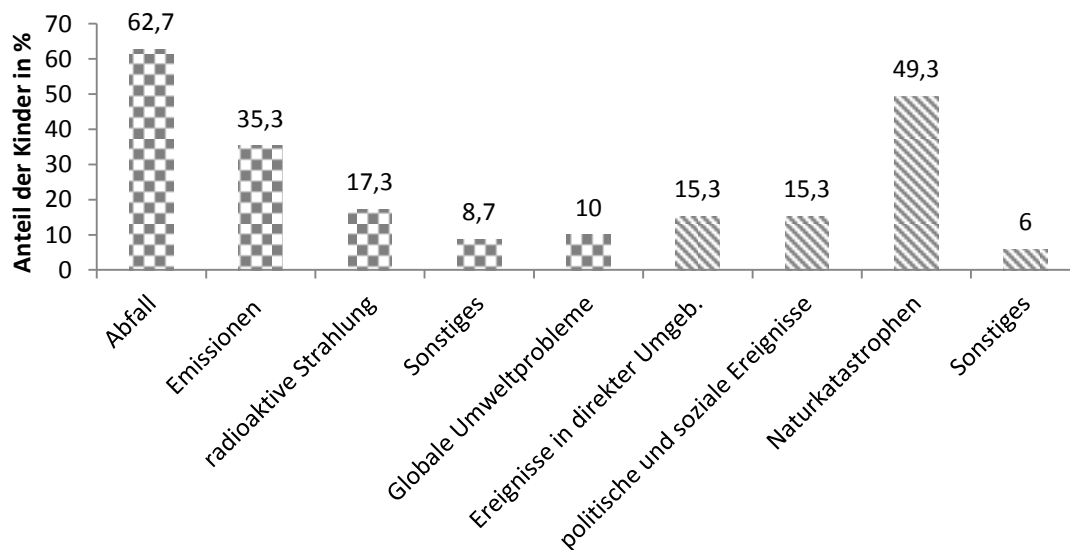


Abb. 6.5: Grafische Darstellung der kindlichen Sichtweisen im Bereich Umwelt; Umweltverschmutzung und globale Umweltprobleme sind durch Kästchenmuster hervorgehoben, Umweltereignisse durch Linienmuster.

Neben der Vielfalt der umweltbezogenen Ansichten, ist auch die für die Beschäftigung mit solchen Fragestellungen geeignete Alters- bzw. Klassenstufe von großer Bedeutung. Daher werden die erhobenen Daten im Hinblick auf die Alters- bzw. die Klassenstufen ausgewertet (siehe hierzu Tab. 6.11, Tab. 6.12 und Abb. 6.6).

		6 n=7 %	7 n=16 %	8 n=17 %	9 n=58 %	10 n=44 %	11 n=4 %	12 n=2 %	k.A. n=2 %
Umweltverschmutzung und globale Umweltprobleme	Abfall	85,7	81,3	58,8	62,1	56,8	50,0	0	100,0
	Emissionen	57,1	12,5	47,1	37,9	31,8	50,0	50,0	0
	radioaktive Strahlung	0	6,3	11,8	24,1	18,2	25,0	0	0
	Sonstiges	0	12,5	11,8	12,1	2,3	25,0	0	0
	Glob. Umweltprobleme	0	6,3	0	10,3	13,6	50,0	0	0
Umweltereignisse	Ereignisse in dir. Umgeb.	42,9	31,3	11,8	8,6	13,6	25,0	0	50,0
	politische und soziale Ereignisse	14,3	0	11,8	19,0	13,6	25,0	100,0	0
	Naturkatastrophen	14,3	12,5	52,9	63,8	47,7	50,0	50,0	50,0
	Sonstiges	0	6,3	5,9	5,2	6,8	25,0	0	0

Tab. 6.11: Umweltbezogene Vorstellungen der Kinder, Unterteilung nach Altersstufen (N=150).

Die Tab. 6.12 und die Abb. 6.6 zeigen, dass etwa 85 Prozent der Erst- bzw. Zweitklässler in erster Linie menschliche Abfälle wie Bananenschalen oder Verpackungsmaterialien unter Umweltverschmutzung verstehen. Darüber hinaus sind bei etwa 43 Prozent der Erst- sowie bei 20 Prozent der Zweitklässler Emissionen als eine solche Vorstellung vorzufinden. Im Vergleich dazu sind nur ca. 59 Prozent der Dritt- sowie ca. 58 Prozent der Viertklässler der Meinung, dass Abfälle die Umweltverschmutzung verursachen. Auf den ersten Blick steht

dies im Widerspruch zu den Befunden bezüglich der Erst- bzw. Zweitklässler. Betrachtet man die Daten jedoch genauer, so stellt man fest, dass in diesen Klassenstufen Emissionen und radioaktive Strahlung dafür öfter genannt wurden. Das bedeutet, dass sich der Wahrnehmungshorizont der Kinder in dieser Klassenstufe bereits über das lokale Umfeld hinausgehend erweitert hat.

Eine deutliche Weiterentwicklung betreffend die Ansichten zu Umweltproblemen zeigt sich bei den Dritt- bzw. Viertklässlern. Bereits über zehn Prozent dieser Kinder erwähnen von sich aus globale Umweltprobleme wie Klimaerwärmung. Im Vergleich dazu wird diese Vorstellung von keinem Erstklässler geäußert.

		1.Klasse n=7 %	2.Klasse n=20 %	3.Klasse n=29 %	4.Klasse n=94 %
Umweltverschmutzung und globale Umweltprobleme	Abfall	85,7	85,0	58,6	57,4
	Emissionen	42,9	20,0	44,8	35,1
	radioaktive Strahlung	0	5,0	10,3	23,4
	Sonstiges	0	15,0	3,4	9,6
	Glob. Umweltprobleme	0	5,0	13,8	10,6
Umweltereignisse	Ereignisse in dir. Umgeb.	28,6	30,0	10,3	12,8
	polit. und soz. Ereignisse	14,3	0	13,8	19,1
	Naturkatastrophen	14,3	10,0	58,6	57,4
	Sonstiges	0	5,0	0	8,5

Tab. 6.12: Umweltbezogene Vorstellungen der Kinder, Unterteilung nach Klassenstufen (N=150).

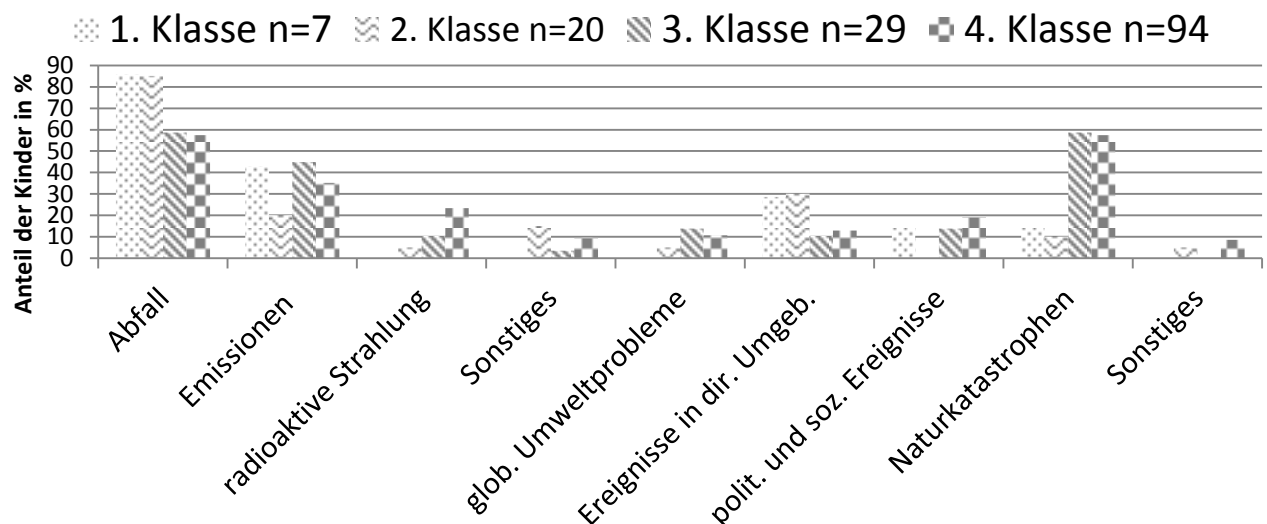


Abb. 6.6: Grafische Darstellung zur Tab. 6.12.

Die Betrachtung der Kinderantworten bezüglich der Umweltereignisse zeigt, dass rund 30 Prozent der Erst- bzw. der Zweitklässler hauptsächlich Vorfälle in ihrer direkten Umgebung wie Autounfälle oder starke Schneefälle erwähnen, wenn sie danach gefragt werden, was in der letzten Zeit auf der Erde passiert ist. Bei den Dritt- bzw. Viertklässlern treten diese Ereignisse zugunsten der Begebenheiten in der ganzen Welt in den Hintergrund. So werden Naturkatastrophen wie Erdbeben, Wirbelstürme, Überflutungen und Waldbrände in diesen Klassenstufen in etwa 60 Prozent aller Fälle angegeben.

Fasst man die gebildeten Kategorien zu drei Themengebieten „Umweltverschmutzung“, „globale Umweltprobleme“ und „Naturkatastrophen“ zusammen (Tab. 6.13 und Abb. 6.7), so ergibt sich folgendes Bild: Jeder Erstklässler sowie 95 Prozent der Zweitklässler zeichneten mindestens ein Beispiel für die Umweltverschmutzung. Bei den Dritt- und Viertklässlern konnten 90 bzw. 80 Prozent ein solches Beispiel bringen. Dieses Ergebnis bedeutet jedoch nicht, dass Kinder der dritten bzw. vierten Klassenstufe weniger über die Umweltverschmutzung wissen, sondern, dass sie bereits verstärkt globale Umweltprobleme im Blick haben. So beantworteten ca. 14 Prozent der Dritt- bzw. 11 Prozent der Viertklässler die Frage zeichnerisch in der Weise, dass man aus ihren Antworten und Zeichnungen auf die bereits ausgebildete Ansicht zu globalen Umweltproblemen schließen konnte. Darüber hinaus nehmen Kinder dieser Klassenstufen Naturkatastrophen in der ganzen Welt offensichtlich häufiger wahr. Generell gilt über alle hier betrachteten Altersstufen hinweg, dass man für die überwiegende Anzahl der Kinder im Hinblick auf die Thematik „Umwelt“ von einer elementaren Grundaussprägung der Vorstellungen / einem elementaren Problembewusstsein sprechen kann.

		1.Kl. n=7 %	2.Kl. n=20 %	3.Kl. n=29 %	4.Kl. n=94 %	Gesamt N=150 %
Umweltschäden und Umweltereignisse	Umweltverschmutzung	100,0	95,0	89,7	79,8	84,7
	glob. Umweltprobleme	0	5,0	13,8	10,6	10,0
	Naturkatastrophen	14,3	10,0	58,6	57,4	49,3

Tab. 6.13: Anteil der Kinder in Prozent, die eine Vorstellung über die Umweltverschmutzung, Umweltprobleme sowie Naturkatastrophen ausgebildet haben; N=150

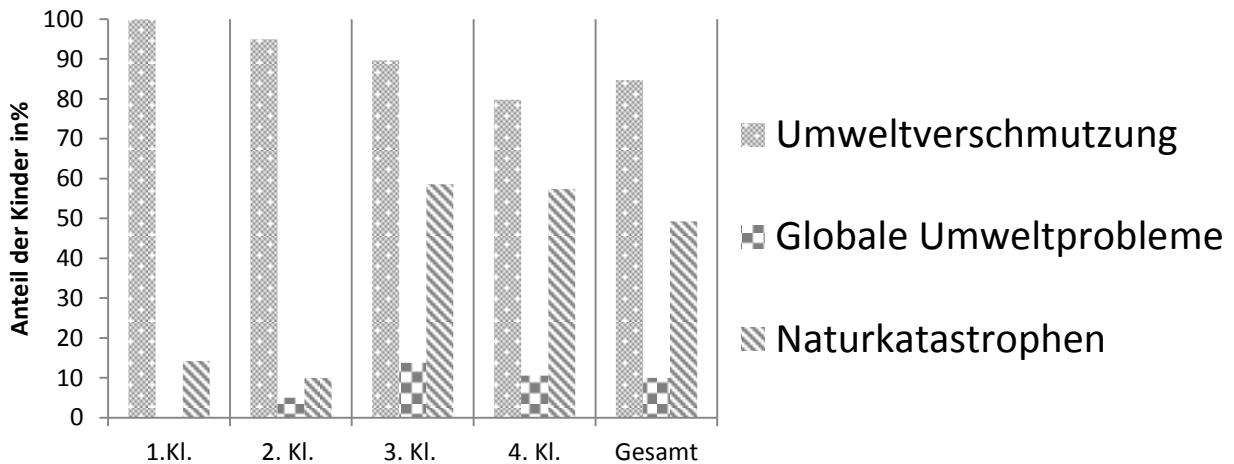


Abb. 6.7: Grafische Darstellung zur Tab. 6.13

6.9 Zusammenfassung und Diskussion

Im Schülerlabor der Universität Siegen wurde eine Erhebung der Kindervorstellungen zur Erdform, zu Umweltproblemen sowie zu Umweltereignissen durchgeführt. Diese diente neben der Erfassung der kindlichen Ansichten vor allem zur Ermittlung der für die Beschäftigungen mit speziellen geo- und umweltphysikalischen Themen geeigneten Klassenstufe. Die Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich zu folgenden Aussagen zusammenfassen: Die Ansichten der befragten Kinder stimmen mit denen der Kinder aus den internationalen Studien überein. Der Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Studien zeigt folgende Parallelen: So befinden sich etwa 45 Prozent der Achtjährigen in dieser Erhebung auf dem Level I, in der Untersuchung von *Nussbaum* und *Sharoni-Dagan* waren es 47 Prozent und in der Untersuchung von *Nussbaum* und *Novak* 35 Prozent der Achtjährigen (Tab. 5.1). In dieser Erhebung weisen über 70 Prozent der Viertklässler das Vorstellungsniveau III sowie ein höheres Niveau auf. Diese Feststellung erlaubt anzunehmen, dass Kinder der vierten Klassenstufe die nötige kognitive Entwicklung aufweisen, um sich mit den geophysikalischen Fragestellungen im Rahmen des Schülerlabors erfolgreich auseinanderzusetzen. Die erste Arbeitshypothese konnte durch die Erhebung also bestätigt werden.

Die Untersuchung der Ansichten zu Umweltproblemen sowie zu Umweltereignissen ergab bei den befragten Kindern ähnliche umweltbezogene Vorstellungen wie bei den Jugendlichen aus den Studienanalysen im Kapitel 5. Die Jugendlichen zeigten im Vergleich zu Kindern ein tieferes Verständnis für Themen der Umwelt. Dies deutet darauf hin, dass umweltbezogene

Ansichten mit steigendem Alter differenzierter werden. Bereits bei sehr jungen Kindern konnte die Weiterentwicklung der Vorstellungen beobachtet werden.

Insbesondere die in der Tab. 6.13 und in der Abb. 6.7 zusammengefassten Resultate lassen darauf schließen, dass die befragten Kinder für die Behandlung komplexer umweltphysikalischer Fragestellungen noch nicht den nötigen kognitiven Entwicklungsstand mitbringen. Besonders deutlich wird es, wenn man betrachtet, dass nur knapp 11 Prozent der Viertklässler ein Konzept über die globalen Umweltprobleme aufweisen. Dennoch hat die Mehrheit der Dritt- und Viertklässler die Vorstellung von Naturkatastrophen verinnerlicht. So erwähnen etwa 59 Prozent der Dritt- sowie 58 Prozent der Viertklässler Naturkatastrophen, wenn man sie fragt, was auf der Erde zuletzt passiert ist. Diese Feststellung veranlasst dazu die umweltphysikalischen Themen mit den Viertklässlern durch die Behandlung der Naturereignisse wie Winde, Wirbelstürme und Erdbeben anzugehen. Die zweite Arbeitshypothese konnte also nur zum Teil bestätigt werden.

Die Schlussfolgerung aus der laborinternen Erhebung lautet: Eine Beschäftigung mit geophysikalischen und ausgewählten umweltphysikalischen Themen (genau genommen Naturereignissen wie Windentstehung, Erdbeben usw.) ist aus der Perspektive der vorunterrichtlichen Vorstellungen im Durchschnitt in etwa ab der vierten Klassenstufe lernerfolgversprechend. Angesichts der Ergebnisse dieser Untersuchung sowie der Interessensbefragung im Kapitel 4 erscheint es sinnvoll, das zu entwickelnde und an die Viertklässler gerichtete experimentelle Schülerlaborangebot auf den Themenschwerpunkt „Planet Erde“ zu konzentrieren.

7 Entwicklung von Modellen und Schülerversuchen

Im Rahmen der schülerlaborinternen Befragung zeigten Kinder und Jugendliche ein hohes Interesse für geo- und umweltphysikalische Fragestellungen. Die Analyse von Kindervorstellungen hat ergeben, dass die meisten Viertklässler Ansichten aufweisen, die einen erfolgreichen Einstieg in die oben genannten Themenbereiche ermöglichen. Die Beschäftigung mit geo- und umweltphysikalischen Inhalten nur mit Hilfe von Texten erscheint in der genannten Zielgruppe aufgrund der hohen Komplexität der Sachverhalte nicht sinnvoll. Dies liegt daran, dass Viertklässler in der Regel nicht über die nötigen Voraussetzungen wie eine dauerhafte Konzentrationsfähigkeit und ein gutes Textverständnis verfügen. Eine für diese Altersstufe geeignete Lernmethode sollte sich durch eine hohe Schüleraktivität und Anschaulichkeit auszeichnen. Schülerversuche bzw. Modelle entsprechen diesen Anforderungen. Daher werden in diesem Kapitel Modelle und Analogieexperimente zu ausgewählten Fragestellungen aus dem Bereich der Geo- und Umweltphysik vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit eigenständig entwickelt bzw. konstruiert wurden und sich in erster Linie an die Grundschüler richten. Die Basis für die Konstruktion der Modelle bilden theoretische Grundlagen. Diese werden daher jeweils vor der Beschreibung der Modellkonstruktion ausführlich erläutert.

7.1 Modelle bzw. Versuche zur Erkundung der Geosphäre

7.1.1 Schalenentstehung im Erdinneren

Kinder und Jugendliche bezeichneten im Rahmen der Interessensbefragung folgende Items als sehr interessant: „Wie sieht es im Inneren der Erde aus und warum wird sie mit einem riesigen Magneten verglichen?“ sowie „Warum ist die Erde im Inneren so heiß und wie kann man diese Wärme nutzen?“. Dies deutet darauf hin, dass sich Schüler gern mit Fragestellungen zum inneren Aufbau der Erde und zu Vorgängen im Erdinneren beschäftigen. Es existieren bereits einige Modelle, die den Schalenaufbau der Erde veranschaulichen. Diese demonstrieren jedoch nicht den Prozess, der zur Ausbildung der Schalen geführt hat. Daher wird ein solches Modell im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Zunächst wird jedoch ausführlich auf die theoretischen Grundlagen eingegangen.

Theoretische Grundlagen zum inneren Aufbau der Erde

Die Erde ist aus Schalen aufgebaut (Abb. 7.1). Den zentralen Teil der Erde bezeichnet man als Erdkern. Dieser wird in zwei Bereiche unterteilt: in den äußeren flüssigen und in den inneren festen Bereich. Der Erdkern weist bei einem Durchmesser von ca. 3500 km eine hohe Dichte, einen hohen Druck sowie eine hohe Temperatur auf. Der letztgenannte Parameter wird auf ca. 5500 °C geschätzt und entspricht in etwa der Oberflächentemperatur der Sonne. Der Erdkern ist vermutlich aus nickelhaltigem Eisen zusammengesetzt. [Strahler und Strahler, 2005; Goudie, 2002]

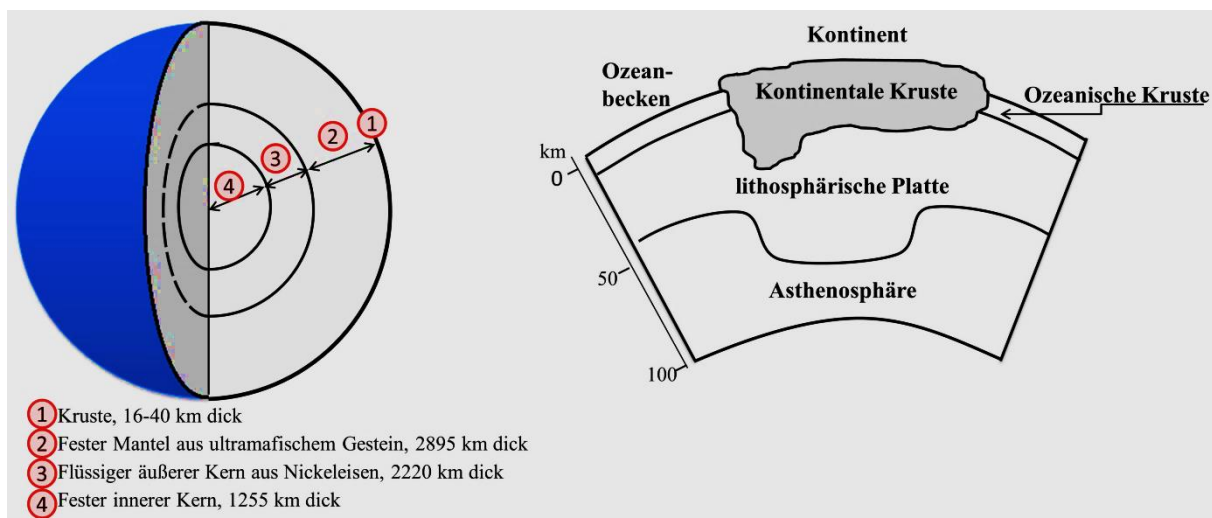


Abb. 7.1: Links: Schalen Aufbau der Erde; Rechts: Aufbau der Erdkruste und des Mantels (nach Strahler [2005, S. 272; 273]).

Auf den Erdkern folgt eine weitere ca. 2900 km dicke Schale, die als Mantel bezeichnet wird. Diese Erdschale wird ebenfalls in zwei Bereiche unterteilt. Der innere Teil wird als Asthenosphäre, der äußere als Lithosphäre bezeichnet. Der letztgenannte Mantelbereich ist eine feste Schicht aus schwerem Gestein. Im Gegensatz dazu weist die Asthenosphäre eine geringe Festigkeit auf. Die Temperaturen innerhalb des Mantels liegen bei ca. 5000 °C in der Nähe des Erdkerns. Im Mantelbereich, der an der Erdkruste angrenzt, ist es etwa 1300 °C heiß. [Strahler und Strahler, 2005; Goudie, 2002]

Die Erdkruste bildet die äußerste Schale der Erde. Ihre Dicke beläuft sich auf etwa 6 bis 70 km. Die Trennschicht zwischen dem Erdmantel und der Erdkruste trägt die Bezeichnung *Mohorovičić*-Diskontinuität oder kurz „Moho“. Diese Schicht wurde nach ihrem Entdecker, dem jugoslawischen Wissenschaftler *Mohorovičić* benannt. Die Erdkruste weist zwei verschiedene Ausprägungen auf, die als kontinentale und als ozeanische Kruste bezeichnet werden (Abb. 7.1 rechts). Der erstgenannte Krustenbereich, aus dem die Kontinente aufgebaut

sind, ist relativ dick (im Durchschnitt 35 bis 40 *km*, unter den Gebirgen sogar etwa 60 bis 70 *km*) und hat eine Dichte von etwa 2,7 g/cm^3 . Im Gegensatz dazu weist die ozeanische Kruste eine Dicke von etwa 5 *km* sowie eine Dichte von ca. 3,3 g/cm^3 auf. Sie besteht zum größten Teil aus Basaltgestein. Die kontinentale Kruste hat eine wesentlich kompliziertere Zusammensetzung, deren Hauptbestandteile Granit und Basalt sind. [Goudie, 2002]

Das Wissen über den inneren Aufbau der Erde stammt im Wesentlichen aus den Untersuchungen von seismischen Wellen. Die Geschwindigkeit sowie die Richtung der Wellenausbreitung hängen von Faktoren wie Dichte, Druck, Temperatur und Zustand der Materie ab. Man unterscheidet in der Seismologie zwischen zwei Arten von Wellen, zwischen P-Wellen (Primärwellen) und S-Wellen (Sekundärwellen). Diese Bezeichnungen stammen aus der Tatsache, dass P-Wellen schneller sind und somit als erste nach dem Erdbeben registriert werden. Die Fortbewegung einer P-Welle ist mit der einer Schallwelle vergleichbar und entsteht durch Kompressionen des Mediums. Diese Wellenart kann sich durch jede Materie ausbreiten. Im Gegensatz dazu schwingt die S-Welle transversal, also senkrecht zur Bewegungsrichtung und kann sich nur durch ein festes Medium fortbewegen, da molekulare Bindungen in Flüssigkeiten und Gasen diese Schwingung nicht zulassen. [Bennett, 2010] Anhand der sprunghaften Geschwindigkeitsänderungen der P-Wellen im Bereich nach der Erdkruste konnte auf die Existenz der *Mohorovičić*-Diskontinuität geschlossen werden. Das Verschwinden der S-Wellen, nachdem sie den Erdmantel durchlaufen haben, deutet darauf hin, dass der äußere Teil des Erdkerns in flüssiger Form vorliegt. Die Geschwindigkeit der P-Wellen sinkt in diesem Bereich und steigt im inneren Teil des Erdkerns wieder an, was auf einen festen Zustand des Erdkerns in diesem Gebiet deutet. [Raith *et al.*, 1997]

In einer der ersten Entwicklungsphasen des Sonnensystems (direkt nach seiner Entstehung) lag die Materie der Erde eine Zeit lang in geschmolzener Form vor. In dieser Zeit kam es zur Ausbildung der beschriebenen Schalen und zwar durch einen Prozess, der als planetare Differenzierung bzw. Differentiation bezeichnet wird. Die Erdentstehung und der Vorgang der Differenzierung werden im Folgenden erläutert: Die Erde bildete sich durch Akkretion in der protoplanetaren Scheibe. Dabei fügten sich kleinere Objekte, sogenannte Planetesimale, zu einem größeren Gebilde aufgrund der Gravitation zusammen. Zuerst stellte die Erde also einen Körper mit einer homogenen Zusammensetzung der Materie dar. Gesteins- und z.B. Eisenanteile waren also in der Protoerde, genauso wie in den Planetesimalen, gleichmäßig verteilt. Gleichzeitig erwärmte sich die Materie der Erde. Zur Erwärmung haben vermutlich mehrere Prozesse beigetragen. Zum einen wurde die potenzielle Energie der Planetesimale in die

kinetische Energie und dann bei dem Einschlag auf die Protoerde in die thermische Energie umgewandelt. Eine weitere Wärmequelle bildeten die radioaktiven Isotope. Diese zerfielen und gaben Wärme an ihre Umgebung ab. Dadurch erwärmte sich die Erde und die Erdmaterie war für eine kurze Zeit komplett geschmolzen. In dieser Phase setzte der Vorgang der Differenzierung ein (Abb. 7.2). Die schweren Elemente wie Eisen und Nickel bewegten sich unter gravitativen Einflüssen zum Zentrum der Erde und bildeten dort den Erdkern. Die leichteren Elemente in der Masse wurden von den schweren verdrängt und stiegen nach oben. Aus ihnen bildeten sich der Erdmantel und die Erdkruste aus, die eine geringere Dichte als der Erdkern aufweisen. Während der Differenzierung wurde ebenfalls Wärme freigesetzt und zwar durch Reibungsprozesse. Diese zusätzliche Wärme sorgte dafür, dass sich die Erde vollständig ausdifferenzierte. [Bennett, 2010]

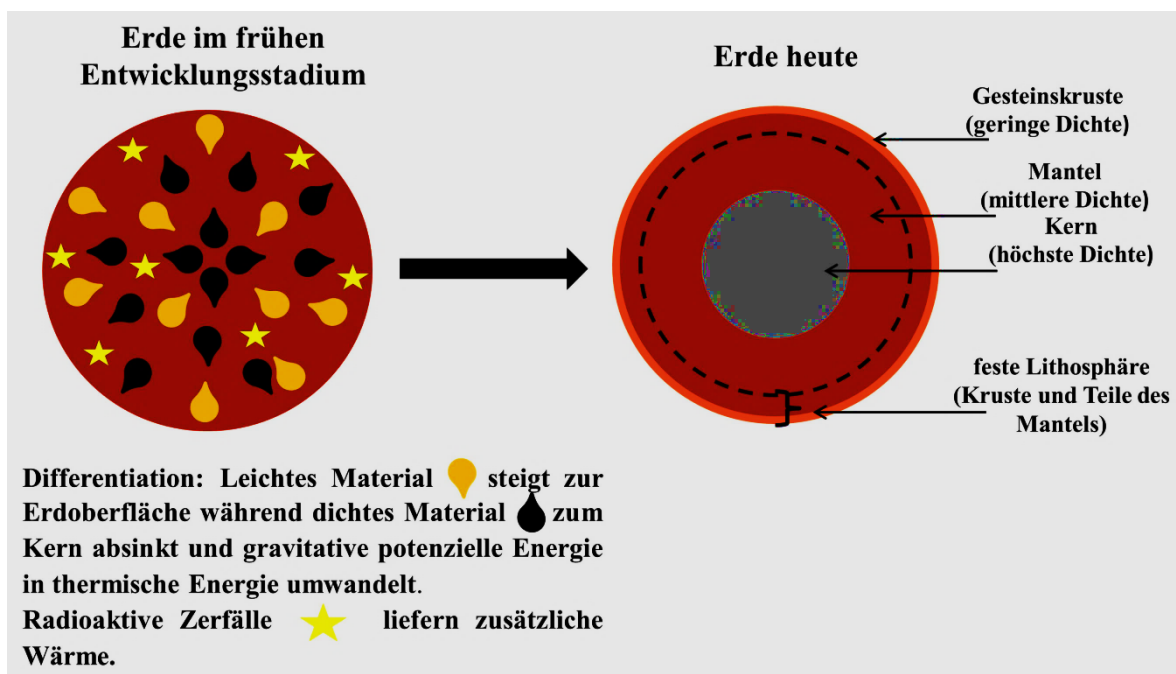


Abb. 7.2: Links: Vorgang der planetaren Differenzierung bzw. Differentiation, der zur Ausbildung von Schalen in der Erde geführt hat; Rechts: Schalenaufbau der Erde heute (nach Bennett [2010, S. 354; S. 358]).

Kenntnisse über den Aufbau der Erde und der Differenzierung in Erdschalen erlauben die Annahme, dass alle terrestrischen Planeten des Sonnensystems eine ähnliche Struktur aufweisen (Abb. 7.3). Diese Vermutung kann nicht durch seismologische Messungen geprüft werden, daher werden zu ihrer Bestätigung astronomische Berechnungen genutzt. Dabei werden die Planetenmassen mit der Dichte ihres Oberflächenmaterials verglichen. Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Größe des Planeten darüber entscheidet, welche Dicke die einzelnen Schalen annehmen, so haben kleinere Planeten folglich einen kleineren Kern. Die Ausnahme bildet jedoch Merkur. Er hat im Vergleich zu seinem Durchmesser einen relativ gro-

ßen Kern. Dies deutet darauf hin, dass er seine äußeren Schalen durch einen Zusammenstoß mit einem weiteren Himmelskörper verloren haben könnte. Kleinere Planeten besitzen jedoch eine dickere Lithosphäre. Der Grund für diese auf den ersten Blick nicht leicht nachvollziehbare Folgerung wird später erläutert. [Bennett, 2010]

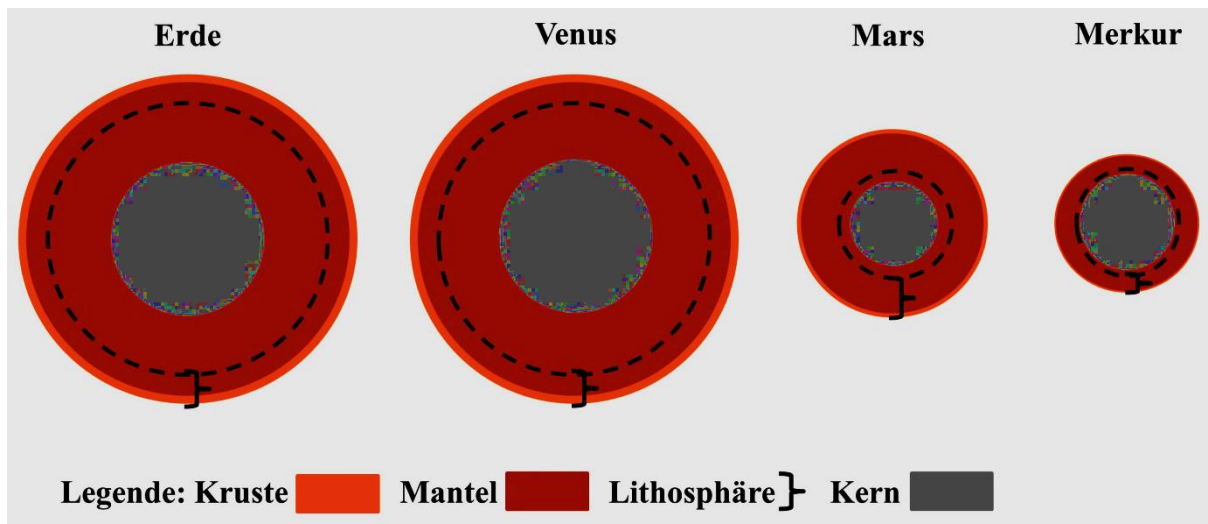


Abb. 7.3: Innerer Aufbau terrestrischer Planeten sowie des Erdmondes (nach Bennett [2010, S. 354]).

Die Entstehung der Erde, ihr Aufbau und somit auch der Prozess der Schalenentstehung gehören nach Angaben der Kinder zu den interessanten Inhalten. Texte mit Erklärungen allein reichen für Grundschul Kinder nicht aus, um diese komplexen Sachverhalte zu verstehen. Daher wurde ein Modell entwickelt, das den Vorgang der planetaren Differenzierung veranschaulicht und den Kindern die Möglichkeit bietet beim Lernen selbst aktiv zu werden. Im nächsten Abschnitt wird dieses Modell ausführlich beschrieben.

Konstruktion des Modells zur Schalenentstehung

Zur vereinfachten modellhaften Darstellung der planetaren Differenzierung in der Primarstufe wird aus einer Acrylglaskugel ein Modell der Protoerde angefertigt. Diese Kugel sollte einen Durchmesser von mindestens 18 cm (besser jedoch etwa 25 cm) aufweisen und in zwei Hälften zerlegbar sein. Für die Simulation des Differenzierungsvorganges wird außerdem ein Becherglas benötigt. In diesem soll die „Materie der Protoerde“ erwärmt und zum Teil verflüssigt werden. Zum Platzieren des Becherglases in der Acrylglaskugel wird in der oberen Kugelhälfte eine Öffnung angefertigt. Der Durchmesser der Öffnung sollte etwas kleiner als der obere Becherdurchmesser ausfallen, damit das Becherglas in dem vorbereiteten Loch Halt findet (Abb. 7.4 links).

Die Anfertigung der Öffnung ist allerdings mit Schwierigkeiten verbunden, da das Acrylglas sich nicht einfach zuschneiden lässt. Es wird daher die folgende Vorgehensweise empfohlen: Als erstes wird ein Kreis mit dem passenden Durchmesser an die Oberfläche der Kugel mit einem wasserfesten Stift gezeichnet. Die so entstandene Linie wird mehrmals mit einem Cuttermesser umfahren. Mit einem dünnen Bohraufsatz wird ein kleines Loch auf der gezeichneten Linie gebohrt. Beim Bohren ist darauf zu achten, dass der Bohrer ab und an gekühlt wird, sonst wird das Acrylglas aufgrund der Reibung an dieser Stelle weich, verformt sich und lässt sich nicht komplett durchbohren. Danach kann mit Hilfe eines strombeheizten Drahtes die passende Öffnung angefertigt werden. Dafür zieht man den Draht durch das vorbereitete Loch. Man spannt ihn anschließend stramm zwischen zwei Klemmen auf. Beide Enden des Drahtes werden mit einer Spannungsquelle verbunden und unter Strom gesetzt (Vorsicht, keinen Kurzschluss entstehen lassen.). Der Draht wird heiß und lässt das Acrylglas entlang der vorgezeichneten Linie schmelzen. Diese Art und Weise das Acrylglas zu verarbeiten darf nur im Freien oder unter einem Abzug (in beiden Fällen unter Verwendung eines zusätzlichen leichten Atemschutzes) durchgeführt werden, da die Acrylglasdämpfe Blausäure enthalten und daher giftig sind. Nachdem die Öffnung für das Becherglas angefertigt wurde, sollte der Rand der Öffnung mit Schleifpapier bearbeitet werden.

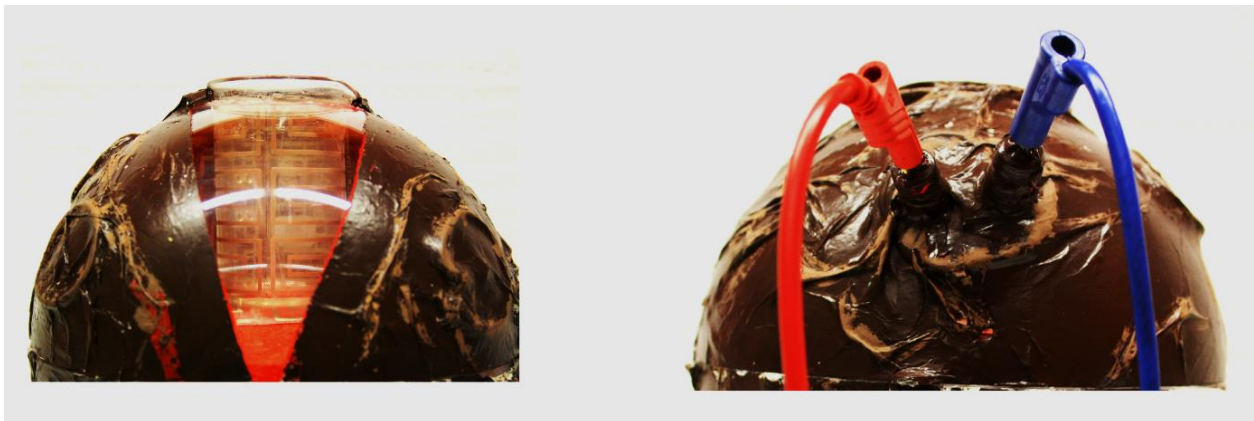


Abb. 7.4: Links: „Protoerde“ mit einem eingebauten Becherglas zur Darstellung der Differenzierung; Rechts: Anschlüsse für die Inbetriebnahme der Heizfolien.

Zur Erwärmung des Becherglases, werden Heizfolien verwendet. Es kann sich hierbei um Auto-Außenspiegelfolien handeln. Der Becher wird nun mit diesen Folien von allen Seiten beklebt. Hierfür werden etwa drei kleine Heizfolien benötigt. Da diese selbstklebend sind, wird zum Befestigen kein zusätzlicher Klebstoff gebraucht. Die Folien sollten an eine Spannungsquelle (in der Regel 12V) angeschlossen werden. Dafür müssen in der Acrylglaskugel Anschlüsse vorbereitet werden, die eine sichere Inbetriebnahme der Folie erlauben. Die Anschlüsse sollten in der Kugel fest verankert sein. So wird der Kontakt mit nichtisolierten Ka-

belstellen vermieden und die nötige Sicherheit während des Experimentierens gewährleistet. Für die Anschlüsse werden zwei Löcher im unteren Bereich der oberen Kugelhälfte gebohrt. Die Kabel der Heizfolien werden durch das Anlöten von Zusatzkabeln verlängert (längere Drähte ermöglichen es das Becherglas bei Bedarf herauszunehmen) und durch die gebohrten Löcher gezogen. Anschließend sollten die Anschlusskabel in zwei Buchsen festgelötet werden. Danach werden die beiden Buchsen in den gebohrten Öffnungen befestigt. Dies kann problemlos mit Hilfe des Heißklebers geschehen. Abb. 7.4 zeigt die angefertigten Anschlüsse in einer Kugel mit dem Durchmesser von 18 cm. Im Nachhinein hat sich erwiesen, dass die Benutzung einer größeren Acrylgaskugel vorteilhafter wäre, da die Folienanschlüsse bei Verwendung einer größeren Kugel komplett in ihrem Inneren platziert werden können.

Die so präparierte „Protoerde“ sollte von außen so gestaltet werden, dass sie dem Realitätsobjekt, zumindest in seinem vermuteten Erscheinungsbild, nahe kommt. Daher wird empfohlen die Kugel von innen sowie von außen entsprechend zu färben. Wichtig ist es eine kleine Fläche im Bereich des Becherglases unbemalt, also durchsichtig, zu lassen. Diese Fläche erfüllt die Funktion eines Sichtfensters, durch das der Vorgang der Differenzierung und sein Ergebnis beobachtet werden können. Die Innenseite der Kugel kann mit Hilfe von Sprühfarbe orange gefärbt werden. Dadurch wird visuell verdeutlicht, dass das Erdinnere heiß ist (das Sichtfenster sollte natürlich vorher von innen sowie von außen mit Papier abgeklebt werden). Darüber hinaus soll in der Mitte der Kugel eine Kreisfläche aus Styropor platziert werden. Diese Styroporplatte wird ebenfalls orange eingefärbt. Sie füllt die Kugel aus und bietet einen zusätzlichen Halt für das Becherglas. Von außen können mit Hilfe des Heißklebers einige „Kra-ter“ angebracht werden. Die Oberfläche der Kugel wird anschließend mit Zeitungspapier beklebt und braun-grau angemalt. Das komplette Modell sowie die für die Durchführung notwendige Materialien sind in der Abb. 7.5 dargestellt.

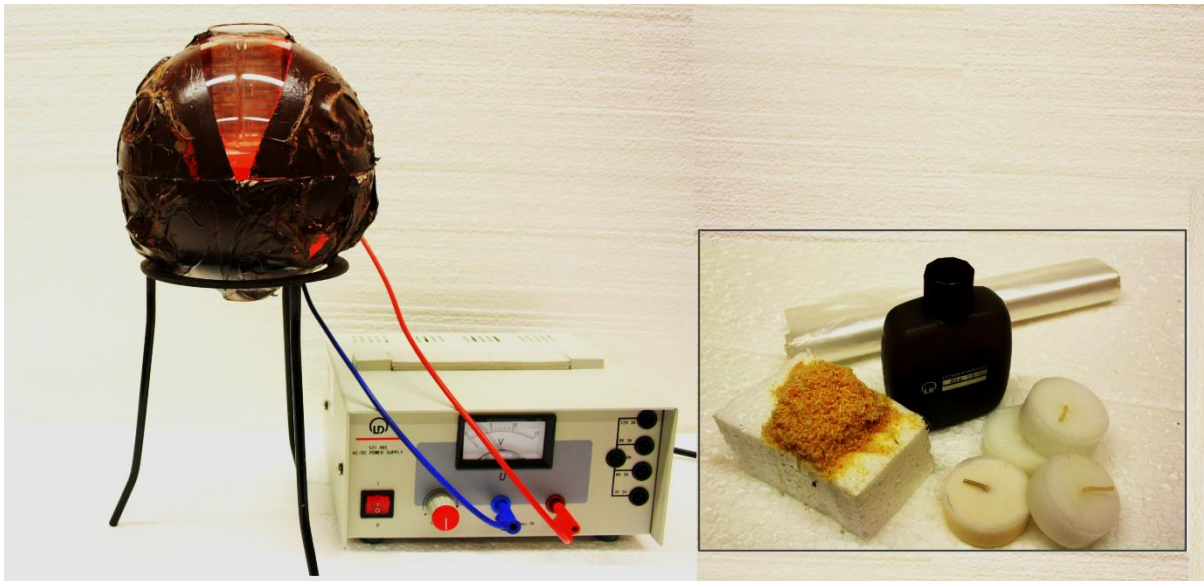


Abb. 7.5: Aufbau des Modells zur Darstellung der planetaren Differenzierung und Zusatzmaterial zur Durchführung des Versuches (Eisenfeilspäne, Holzspäne, Kerzenwachs, am besten vorher gerieben, und Frischhaltefolie).

Vor der Durchführung ist es empfehlenswert ein kurzes Video zur Entstehung der Erde und zu ihrem inneren Aufbau zu zeigen. Danach kann die vorliegende Modell-Erde sowie die Modell-Materie den realen Objekten zugeordnet werden. Den Schülern sollte dabei klar werden, dass alle im Versuch verwendeten Materialien, insbesondere Stoffe wie Holz sowie Kerzenwachs, nur Modellgegenstände sind.

Für den Modellversuch werden, wie bereits erwähnt, neben der konstruierten Modell-Erde weitere Materialien benötigt. Die Materie der Protoerde stellt man durch Eisenfeil-, Holz- und Kerzenwachsspäne modellhaft dar (die letzteren werden aus Kerzenresten mit Hilfe einer Küchenreibe vorbereitet). Diese drei Stoffe werden in eine Schüssel gegeben (im Volumenverhältnis Eisen: Holz: Wachs – 1:2:3) und gut miteinander vermengt. Danach schüttet man diese Mischung auf die Frischhaltefolie und presst sie zu einem „Planetesimal“ zusammen. Es entsteht ein Gebilde, das eine mehr oder weniger homogen verteilte Zusammensetzung aufweist (Abb. 7.6). Dieses wird nun im beheizbaren Becherglas der Modell-Erde platziert und dort zum Schmelzen gebracht. Hierfür wird die Heizfolie an eine Spannungsquelle angeschlossen. Man lässt diese für etwa 10 Minuten eingeschaltet.



Abb. 7.6: Das Gemisch aus Eisen-, Holzfeilspänen und Kerzenwachs als Modell für die homogen verteilte Materie eines Planetesimals.

Die miteinander vermengten Stoffe werden nun im Becherglas erhitzt und zum Teil geschmolzen. Sie ordnen sich aufgrund der Schwerkraft und der unterschiedlichen Dichten infolge des Auftriebes in Schichten an. Im unteren Bereich des Becherglases finden nun Eisenfeilspäne Platz, in der Mitte sind Holzspäne vorzufinden und im oberen Teil des Becherglases befindet sich eine Schicht aus geschmolzenem Kerzenwachs (Abb. 7.7). Die Eisenfeilspäne stehen nun modellhaft für den Erdkern, die Schicht aus Holzspäne für die Asthenosphäre oder grob für den Erdmantel und die später erhärtete Schicht aus Kerzenwachs bildet die Lithosphäre mit der Erdkruste. Es ist äußerst wichtig, Kinder darauf hinzuweisen, dass der modellhaft dargestellte Prozess in der ganzen Erdkugel stattfindet und nicht, wie im Versuch, in einem Teilbereich der Erdkugel. So wird Schülern klar, dass sich in der Erde keine Schichten, sondern Schalen ausbilden. Ist das Kerzenwachs fest geworden, so kann die Modell-Erde in Rotation versetzt werden, um die Ausbildung der Schalen in der kompletten Erdkugel zu verdeutlichen.

Durch die Erprobung im Schülerlabor wurde festgestellt, dass die Durchführungszeit deutlich verringert werden kann, wenn man die Materialmischung vor der Erwärmung fest an die Wände des Becherglases drückt. Darüber hinaus wurde eine deutliche Verbesserung des Modells vorgenommen: Das Becherglas war bei der ersten Konstruktion des Modells in der Kugel fest eingebaut. Das Entfernen der erstarrten Stoffe ließ sich dadurch nur schwierig gestalten, daher schlugen die Versuchsbetreuer vor, das Becherglas vom Modell zu lösen und die Anschlusskabel zu verlängern, um das Herausnehmen des Glases zu ermöglichen.

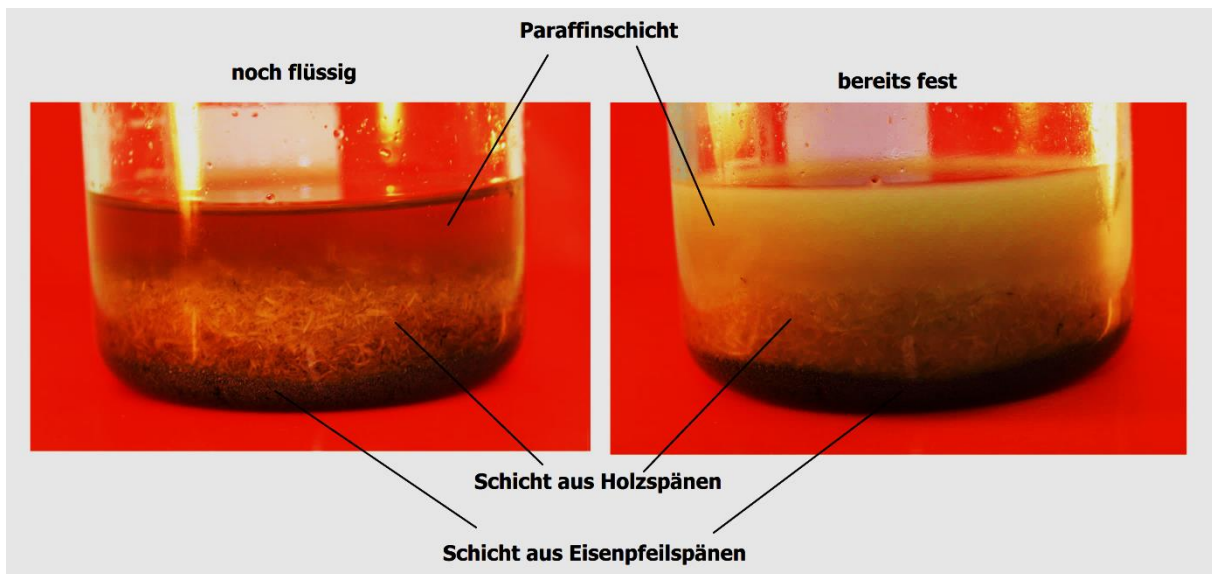


Abb. 7.7: Anordnung der anfangs homogen verteilten Materie in Schichten nach dem Erhitzen im Becherglas der Modell-Erde zur Verdeutlichung der planetaren Differenzierung.

7.1.2 Mantelkonvektion

Mantelkonvektion ist enorm wichtig für terrestrische Planeten. Sie sorgt für geologische Aktivitäten auf einem Himmelskörper. In Verbindung mit anderen planetaren Eigenschaften ruft sie ein Magnetfeld hervor. Bei günstigen Voraussetzungen bedingt die Mantelkonvektion auch tektonische Vorgänge. Kenntnisse über diesen außerordentlich wichtigen Vorgang erleichtern das Verständnis der von ihr hervorgerufenen Naturereignisse wie Erdbeben oder Vulkanismus. Kinder bekundeten in der laborinternen Befragung ein hohes Interesse an der Fragestellung „Wie sieht es im Inneren der Erde aus und warum wird sie mit einem riesigen Magneten verglichen?“. Dieses Item in Verbindung mit der ebenfalls als interessant eingestuft Frage zur Bewegung der Kontinente und zur Entstehung der Ozeane deutet auf ein hohes Interesse für Prozesse im Erdinneren und der daraus resultierenden Bewegung der tektonischen Platten. Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Modellversuch zur Darstellung der Mantelkonvektion entwickelt.

Theoretische Grundlagen zur Mantelkonvektion

Wie bereits angedeutet, existieren Prozesse, die zur Erwärmung des Inneren von erdähnlichen Planeten geführt haben. Im Allgemeinen unterscheidet man in der Planetologie zwischen mehreren solchen Vorgängen, nämlich Akkretion, planetare Differenzierung, radioaktiver

Zerfall, Kristallisation, Gezeiten und elektrische Ströme. Während die Gezeiten vermutlich nur bei Merkur sowie bei den Jupitertrabanten Europa und Io einen merklichen Beitrag zur Erwärmung des Inneren liefern, sind für die Erde eher die übrigen Vorgänge relevant (Abb. 7.8 links). [Raith et al., 1997] Die Akkretion (Zusammenfügen von kleineren Objekten zu einem größeren aufgrund der Gravitation) und planetare Differentiation/Differenzierung (Vorgang, bei dem sich die homogen verteilte Materie aufgrund der Schwerkraft und infolge ihrer Dichteunterschiede in Schalen anordnet) setzten Wärme in den frühen Stadien der Planetenentwicklung frei: Bei der Akkretion wurde die potenzielle Energie der Planetesimale in kinetische und anschließend, nach dem Einschlag auf den Protoplaneten, in thermische Energie umgewandelt. Bei der planetaren Differenzierung fand die Umwandlung der potenziellen Energie in thermische Energie durch Reibungsprozesse statt. [Bennett, 2010]

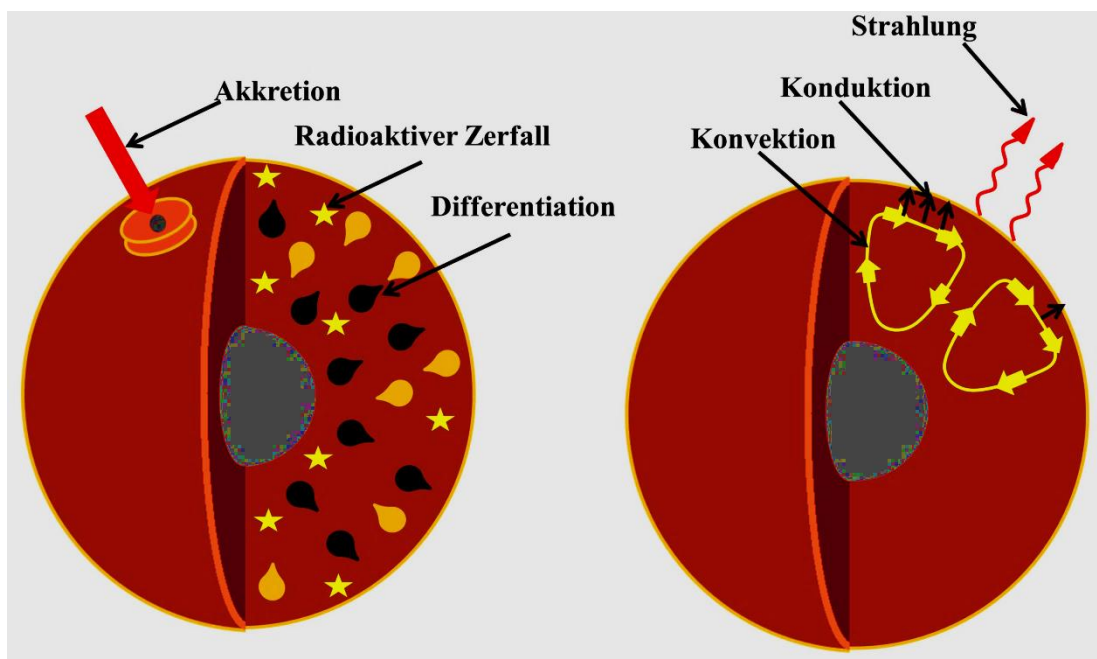


Abb. 7.8: Links: Die drei wichtigsten Vorgänge, die zur Erwärmung des Erdinneren geführt haben; Rechts: Die drei Abkühlungsmechanismen eines Planeten (nach Bennett [2010, S. 358, 359]).

Darüber hinaus spielte vermutlich die Kristallisation insbesondere in den späteren Entwicklungsstadien für die Wärmefreisetzung eine wesentliche Rolle. Die Materie im inneren Kern kristallisierte und stellte dadurch eine zusätzliche Wärmequelle dar. Aus Modellierungen wird der gegenwärtige Wärmefluss aufgrund des Wachstums des festen Erdkerns infolge der Kristallisation auf etwa 30 Prozent des gesamten Wärmeflusses aus dem Erdkern in den Erdmantel geschätzt. In den Gebieten der Erde, in denen elektrische Ströme fließen (dazu zählen die Ionosphäre sowie der äußere flüssige Kern), wird ebenfalls Wärme frei. Dies geschieht aufgrund der Dynamowirkung bei der Entstehung des Magnetfeldes. [Raith et al., 1997]

Letztendlich ist der radioaktive Zerfall ein Vorgang, der in der aktuellen Phase der Erde und anderer terrestrischer Planeten die Hauptwärmequelle darstellt. Die Isotope U-238, U-235, Th-232, und K-40 sind dabei die wichtigsten radioaktiven Quellen. Die Konzentration der Radioisotope im Erdinneren wird anhand der Meteoritenuntersuchungen geschätzt. Man vermutet, dass radioaktive Elemente in der Kruste sowie im Mantel eines Gesteinsplaneten am häufigsten vorzufinden sind. Lediglich K-40 könnte im Planetenkern auftreten. Die Wärmeproduktionsrate der gesamten Isotope pro Masse kann anhand der Beziehung $H = \sum_i c_i H_i$ berechnet werden. Dabei ist c_i die Konzentration der Isotope und H_i ihre Wärmeerzeugungsrate. Diese Abschätzung gilt nur unter der Annahme des Gleichgewichtes zwischen der Wärmeerzeugung durch Radioaktivität und dem Oberflächenwärmefluss. [Raith et al., 1997]

Neben der Wärmefreisetzung sind für Planeten auch die Wärmeabgabemechanismen von Bedeutung. Grundsätzlich existieren drei solche Vorgänge: Strahlung, Wärmeleitung und Konvektion. Die an der Oberfläche eines Planeten freigesetzte Wärme kann nur durch Strahlung in den Weltraum abgegeben werden. Die Abgabe der aus der Lithosphäre stammenden Wärme an die Kruste erfolgt hauptsächlich durch Wärmeleitung. Die Konvektion ist für die erdähnlichen Planeten ebenfalls von Bedeutung. Dieser Vorgang findet im Erdmantel statt und transportiert Wärme auf folgende Weise: Die Gesteinsmassen in den Tiefen des Mantels sind sehr heiß. Aufgrund der Wärmeausdehnung und der damit verbundenen Dichteverringeringung steigen diese Massen auf. Auf dem Weg zur Lithosphäre geben sie die Wärme an die Umgebung ab. Hierbei ziehen sich die aufgestiegenen Massen wieder zusammen, werden dichter und sinken erneut in die Tiefen des Mantels herab. So bilden sich im Mantel Konvektionszellen aus (Abb. 7.8 rechts und Abb. 7.9). Bei dem beschriebenen Vorgang handelt es sich allerdings um einen sehr langsamen Prozess, da sich das Gestein in einem zähflüssigen Zustand befindet. Wärmefreisetzung und Abkühlung im Planeteninneren sorgen dafür, dass ein Planet „geologisch aktiv“ bleibt, d.h. dass auf ihm Vulkanismus, Erdbeben sowie allgemeine tektonische Aktivitäten stattfinden. [Bennett, 2010]

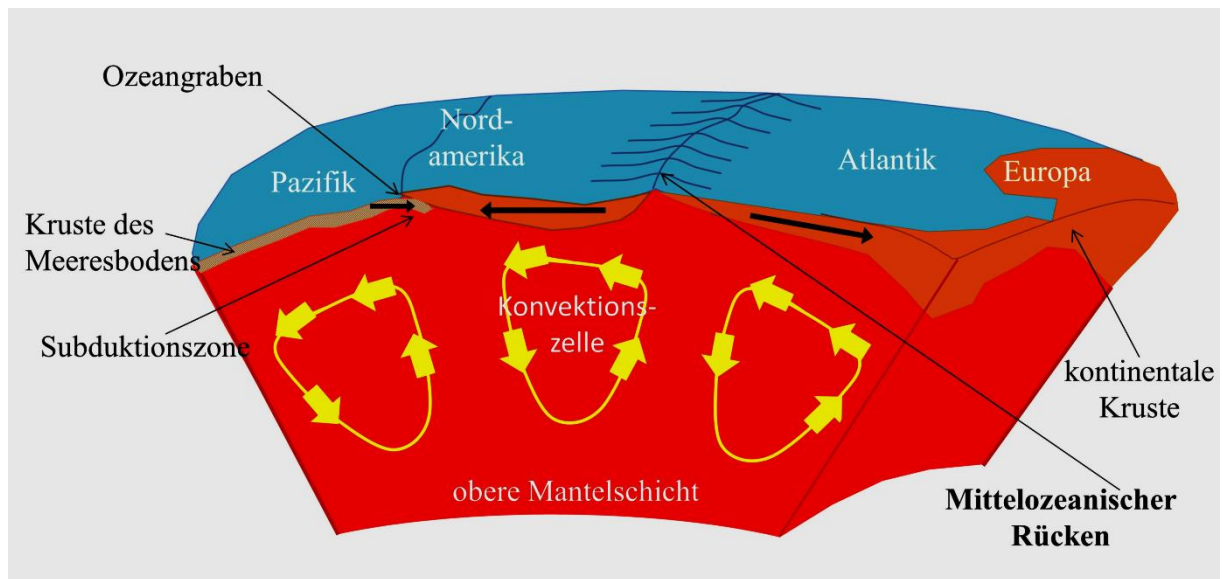


Abb. 7.9: Konvektionszellen im Erdmantel (nach Bennett [2010, S. 389]).

Die Kenntnisse über die konvektiven Strömungen im Erdmantel lassen sich auch auf den Erdkern übertragen und helfen die Entstehung des Erdmagnetfeldes zu verstehen: Die geologische Aktivität eines Planeten ist Voraussetzung dafür, dass ein inneres Magnetfeld erzeugt wird. [Bennett, 2010] Die magneto-hydrodynamische Theorie, welche die Entstehung eines innerplanetaren Magnetfeldes beschreibt, ist sehr komplex. Die dabei ablaufenden Vorgänge sind zwar im Prinzip, aber noch nicht in jedem Detail verstanden worden. Experten sind sich jedoch einig, dass das innere Erdmagnetfeld durch die Bewegung von elektrisch hochleitender Materie im äußeren flüssigen Kern verursacht wird. Diese Materie unterliegt hohen Temperaturen und Drücken und enthält daher viele freie Ladungsträger. Der flüssige Zustand der Materie im äußeren Erdkern deutet darauf hin, dass dort Konvektionsströme möglich sind. Diese Ströme können thermisch (wie bei der Mantelkonvektion) oder chemisch (z.B. durch die Umverteilung von leichten Stoffen wie Schwefel) verursacht werden. Die Konvektion in der hochleitenden Materie wird von elektrischen Strömen und somit auch von Magnetfeldern begleitet. Bewegung leitender Materie allein kann die Entstehung des Erdmagnetfeldes nicht vollständig erklären. Es spielen weitere Faktoren wie die Eigenrotation des Planeten eine wichtige Rolle. Die dabei entstehende Coriolis-Kraft wirkt insofern, dass sie den Verlauf der Magnetfeldlinien verändert (man spricht von „aufgewickelten“ Magnetfeldern, siehe Abb. 7.10). Nach dem Induktionsprinzip werden dadurch weitere elektrische Ströme induziert, die ebenfalls von Magnetfeldern begleitet werden. So verstärkt sich das ursprüngliche Magnetfeld. Der beschriebene Vorgang wird als hydromagnetischer Dynamo oder als selbsterregter Dynamo bezeichnet. Um die Konvektion im äußeren Erdkern aufrecht zu erhalten, wird Energie benötigt. Als Hauptenergiequelle kommt dabei die beim „Ausfrieren“ (Kristallisieren) des

inneren Erdkernes freigesetzte thermische Energie in Frage. Das abgeschlossene „Ausfrieren“ des inneren Kerns würde also die Konvektion zum Erliegen bringen. Dies ist vermutlich die Ursache des fehlenden Magnetfeldes bei anderen erdähnlichen Himmelskörpern unseres Planetensystems. [Raith et al., 1997]

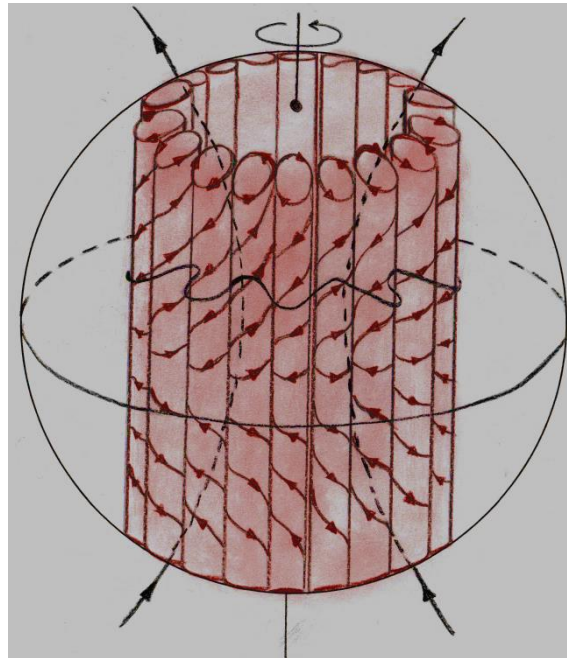


Abb. 7.10: Kerndynamomodell von F. Busse (nach Berckhemer [1990, S. 148]).

Die Erde ist der einzige Gesteinsplanet unseres Sonnensystems, der ein starkes Magnetfeld aufweist (Abb. 7.11). So besitzt der Mars vermutlich nur deshalb ein sehr schwaches Magnetfeld, weil sein Kern keinen flüssigen Anteil und somit keinen konvektionsfähigen Bereich aufweist. Die Venus besitzt zwar einen flüssigen Kern, das Magnetfeld bleibt jedoch aus. Entweder ist der Venuskern komplett geschmolzen und stabil gegenüber der Konvektion oder die Rotationsdauer der Venus ist zu langsam. Die Ausnahme bildet der Merkur. Er rotiert zwar auch sehr langsam, jedoch vermuten Wissenschaftler die Ursache seines Magnetfeldes darin, dass sein Kern feste und flüssige Bereiche aufweist. Die gleichen Bedingungen zur Ausbildung eines Magnetfeldes müssen auch Gasplaneten erfüllen. Die Rolle des elektrisch leitenden Mediums erfüllt dort der metallische Wasserstoff. [Bennett, 2010]

Das Magnetfeld der Erde ist jedoch keinesfalls statisch, es unterliegt Änderungen. Es kann sich dabei um Säkularvariation, also um langsame unregelmäßige schlenkernde Bewegungen des magnetischen Pols um den geographischen Pol handeln oder gar um eine Umpolung des Erdmagnetfeldes. [Frisch und Meschede, 2007] Darauf wird im nächsten Abschnitt des Kapitels näher eingegangen.

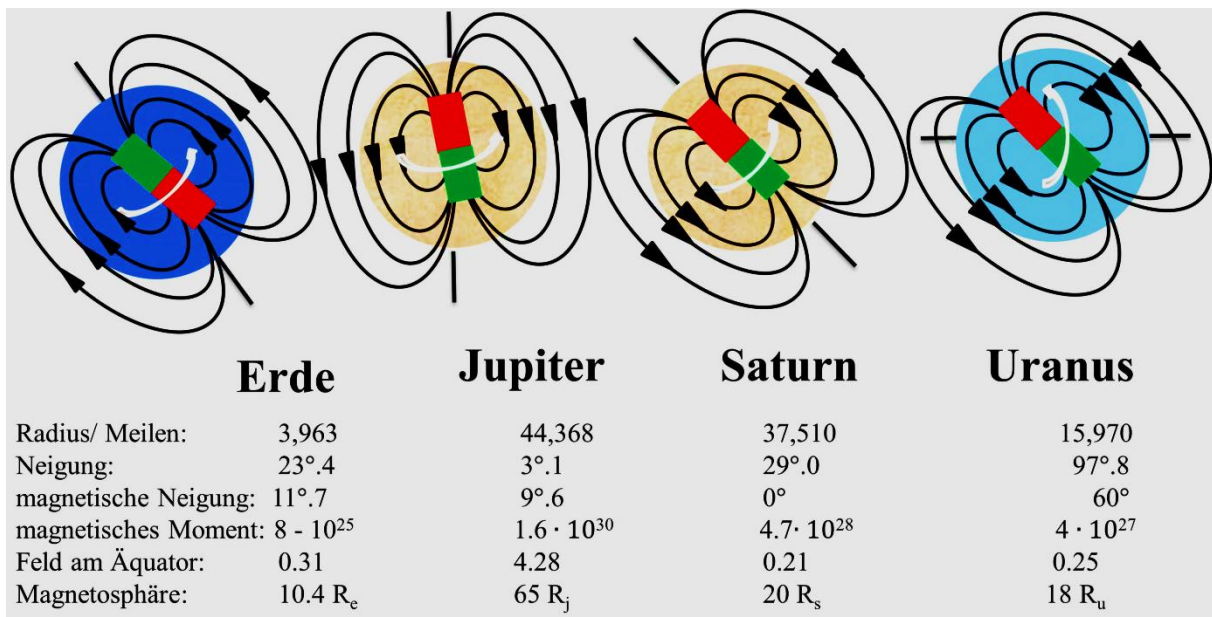


Abb. 7.11: Schematische Darstellung des Magnetfeldes der Erde sowie der Gasplaneten (nach Raith et al. [1997, S. 519]).

Vorgänge im Erdinneren können also viele Naturphänomene auf der Erde erklären. So verursacht Mantelkonvektion Vulkanismus, Erdbeben und Bewegung der tektonischen Platten. Naturereignisse sind oft Objekte des Interesses von Kindern und Jugendlichen, daher ist es wichtig, Schülern eine anschauliche und plausible Erklärung für ihre Ursachen anzubieten. Aus diesem Grund wird im Folgenden ein selbst entwickeltes Modell der Mantelkonvektion vorgestellt.

Konstruktion des Mantelkonvektion-Modells

In der fachdidaktischen Literatur findet man verschiedene Vorschläge zur Darstellung von Mantelkonvektion im Unterricht. So schlägt *Konopka* [1986] vor, einen Tauchsieder zu verwenden, der den heißen Erdkern darstellen soll. Dieser wird in einen Eimer mit Wasser, das dem Erdmantel entsprechen soll, eingetaucht und eingeschaltet. Als Lithosphärenplatten dienen zwei Brettchen, die aufgrund der Konvektion im Wasser auseinanderdriften. Der Versuch von *Konopka* kann erfolgreich in der Sekundarstufe I, jedoch nur als Lehrerversuch, eingesetzt werden (weil mit Netzspannung gearbeitet wird). Als Schülerversuch für die Primarstufe ist der beschriebene Aufbau weniger geeignet. Dies liegt daran, dass die Sicherheitsrichtlinien das Experimentieren mit der Netzspannung nicht zulassen, aber auch daran, dass der Versuch einen hohen Grad an Abstraktion erfordert, denn die einzelnen Versuchselemente müssen von Schülern als Modelle für Realitätsobjekte vorgestellt werden. Auf der Grundlage der Idee von

Konopka wird im Folgenden ein Schülerversuch bzw. Modell entwickelt, der die Mantelkonvektion für die Grundschüler begreifbar macht.

Ein Teil des Erdinneren wird in diesem Modell mit Hilfe eines Kunststoffaquariums dargestellt. Die Innenseite des Aquariums wird orange und die äußere Seite schwarz lackiert, damit das heiße „Erdinnere“ in den Vordergrund rückt. Lediglich ein kleines dreieckiges Fenster soll auf der Vorder- und auf der Rückseite des Aquariums durchsichtig bleiben, damit die konvektive Strömung beobachtet werden kann. Ein laminiertes Bild des Planeten Erde in der Größe des Aquariums soll dem vorliegenden Modell ein möglichst realistisches Erscheinungsbild verleihen und wird daher auf der Vorderseite des Behälters befestigt. An der Stelle des „Sichtfensters“ wird ein Teil des Bildes ausgeschnitten, damit die Konvektionsströmungen nicht verdeckt werden (Abb. 7.12).

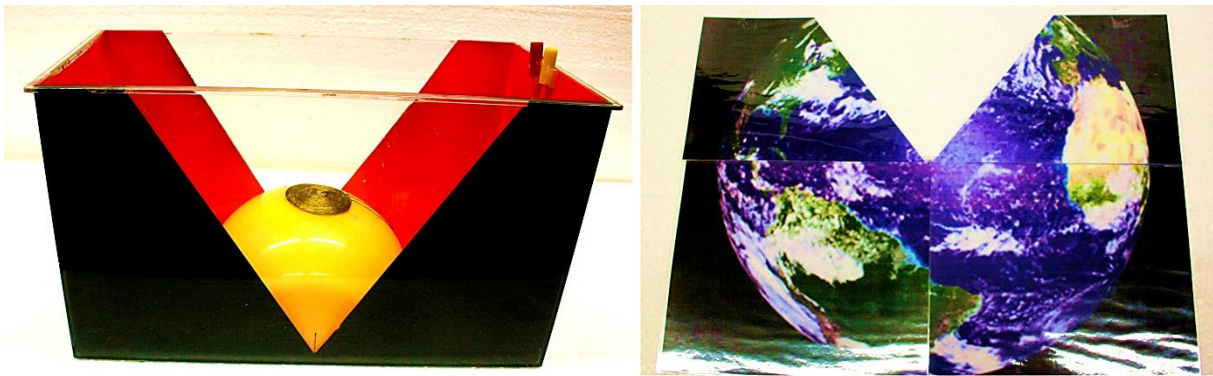


Abb. 7.12: Links: Das lackierte Kunststoffaquarium mit dem „Erdkern“ (Acrylglashalbkugel mit dem Heizdraht). Rechts: Ein laminiertes Bild des Planeten Erde in der Größe des Aquariums.

Als Modell des Erdkerns dient hier eine gelb gefärbte Acrylglashalbkugel (die Farbe sollte dabei von innen aufgetragen werden). In die Halbkugel werden mehrere kleinere Löcher gebohrt. Diese Bohrungen ermöglichen das Austreten von Luftblasen aus der Halbkugel, wenn das Aquarium mit Wasser befüllt wird. Die Luftansammlung in der Halbkugel wird dadurch verhindert. Als nächstes wird auf der Halbkugel ein beschichteter Konstantendraht angebracht. Dieser Draht wird spiralförmig aufgewickelt (Abb. 7.12 links) und mit Hilfe eines hitzebeständigen Klebers auf der Halbkugel fest gemacht. Die beiden Endstücke des Konstantendrahtes sollten die doppelte Länge des Aquariums aufweisen. Sie werden abisoliert und in zwei Buchsen festgelötet um die Stromzufuhr zu ermöglichen. Die Buchsen werden im oberen Teil des Aquariums angebracht, dafür klebt man sie am besten mit Heißkleber auf eine der Seitenwände des Behälters. Es empfiehlt sich, die losen Enden des Drahtes auf dem Boden sowie an der Wand des Aquariums mit hitzebeständigem Kleber zu befestigen. Nun wird die Halbkugel mittig auf dem Boden des Aquariums platziert und dort gesichert. Dabei sollte der

Halbkugelrand einen kleinen Abstand vom Aquariumsboden aufweisen. Der Abstand ermöglicht das Eintreten des Wassers unter die Halbkugel. Das Wasser unter der Kugel verhindert das Überhitzen und das Schmelzen des Acrylglases.

Das präparierte Kunststoffaquarium und die Acrylglasshalbkugel werden mit dem rot bzw. orange gefärbten Wasser gefüllt. Dieses Wasser steht im Modell für die Materie des Erdmantels, in dem die Konvektion abläuft. Die Lithosphäre wird im vorliegenden Versuch durch eine dünne Holzplatte realisiert. Diese Platte sollte zwei bis drei Zentimeter länger und breiter sein als das Aquarium selbst. Der mittlere Teil wird aus ihr herausgesägt. Die Ränder der Holzplatte stellen modellhaft die Ränder der Lithosphärenplatten dar und sollten daher Unebenheiten aufweisen (Abb. 7.13). Auf der Unterseite der Platte werden schmale Leisten mit Hilfe des Holzklebers befestigt. Im Brettchen werden außerdem zwei Löcher gebohrt, in denen die erwähnten Stromanschlüsse des „Erdkerns“ Platz finden. Auf der gegenüberliegenden Seite soll ebenfalls ein kleines Loch entstehen, seine Funktion wird im nächsten Absatz deutlich. Das Brett setzt man wie einen Deckel auf das Modell auf. Zwei weitere Brettchen mit Erhebungen als kontinentale Kruste dienen nun als zwei weitere einzelne Lithosphärenplatten.

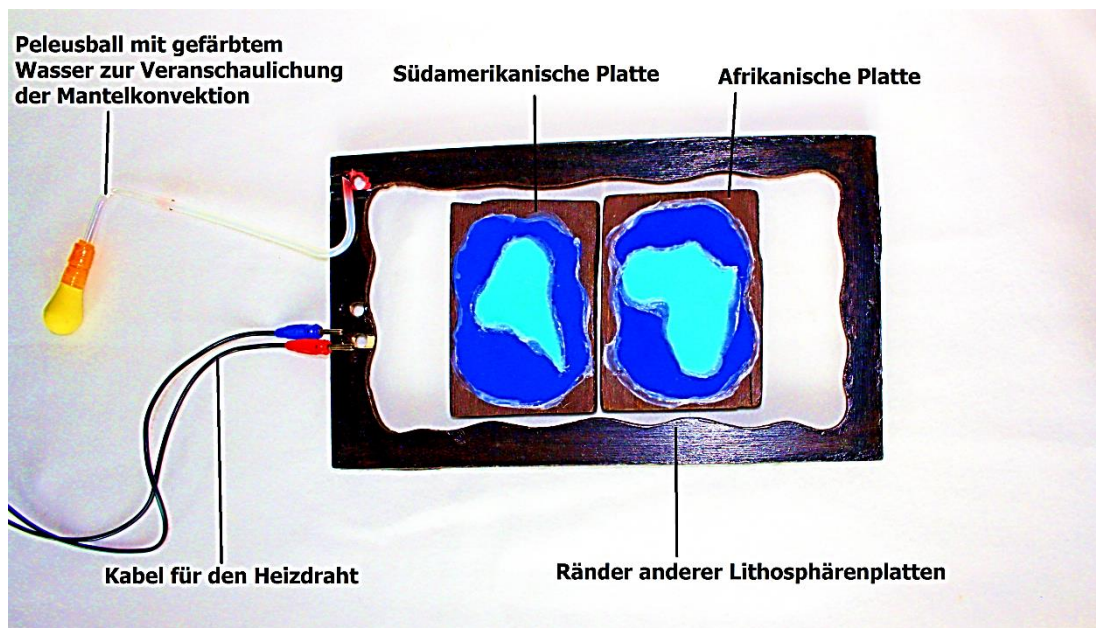


Abb. 7.13: Große Holzplatte dient als Modell der Lithosphärenränder und kleinere Holzplättchen als einzelne Lithosphärenplatten mit kontinentaler und ozeanischer Kruste darauf.

Die Konvektionsströmungen werden im vorliegenden Modell durch eine weitere Vorrichtung sichtbar gemacht. Sie besteht aus einem Peleusball und einem Plastikröhrchen. Diese Konstruktion wird mit gefärbtem Wasser gefüllt (am besten mit einem gesättigten Rotton) und in dem dafür vorgebohrten bereits erwähnten Loch in der Holzplatte platziert. Nimmt man das Modell in Betrieb (dafür wird eine Spannung von etwa 24 V angelegt) und betätigt nach einer

kurzen Zeit den Peleusball, tritt das gefärbte Wasser aus der Vorrichtung aus. Dieses Wasser wird von konvektiven Strömungen mitbewegt und macht sie somit sichtbar.

Die Funktionsweise des Modells wird im Folgenden zusammengefasst: Das Kunststoffaquarium stellt im Versuch den Planeten Erde modellhaft dar. Die Acrylglashalbkuugel mit dem Konstantandraht ist ein Modell für den Erdkern. Die Holzplatte sowie -brettchen sind im vorliegenden Versuch „Lithosphärenplatten“. Der Erdmantel wird durch das rot gefärbte Wasser realisiert, mit dem das Aquarium gefüllt wird. Die Konstruktion aus dem Peleusball, dem Kunststoffröhrchen und dem darin enthaltenen Wasser (im gesättigten Rotton) dient dazu die konvektiven Strömungen sichtbar zu machen. Wird das Aquarium mit dem rot gefärbten Wasser gefüllt und das Modell an eine Spannungsquelle angeschlossen, so erwärmt sich die Wasserschicht oberhalb der Halbkugel und steigt nach oben. Dies wird mit dem dunkelroten Wasser aus dem Peleusball sichtbar gemacht. An der Oberfläche angelangt, teilt sich der Wasserstrom in zwei gegenläufige Strömungen auf (die parallel zur Wasseroberfläche verlaufen) und schiebt die Holzbrettchen auseinander. Die aufsteigenden Wassermassen kühlen sich wieder ab und sinken nach unten. Alternativ zur Peleusball-Konstruktion kann einfach etwas Lebensmittelfarbe auf die Halbkugel im Bereich des Hitzedrahts gestreut werden.

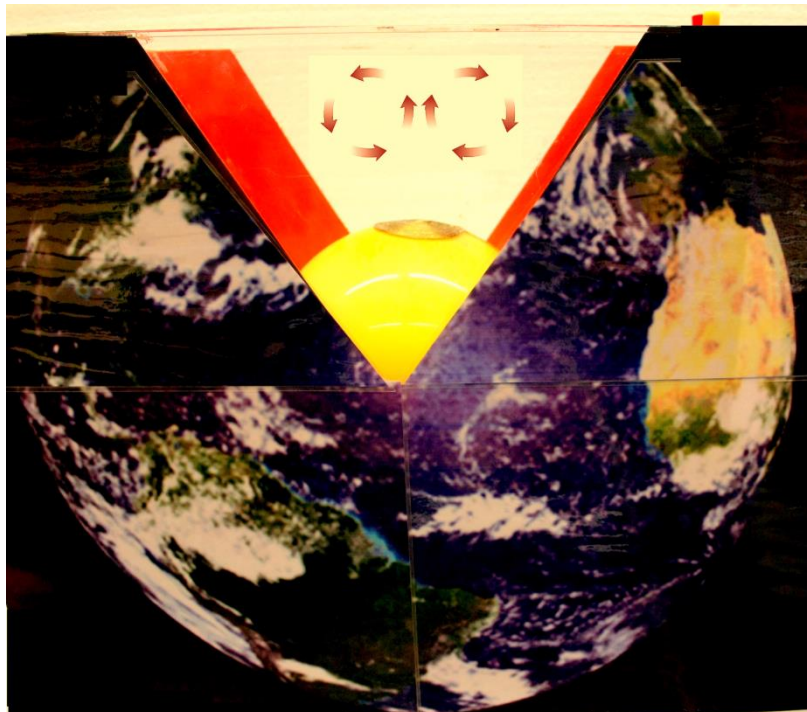


Abb. 7.14: Seitenansicht des Mantelkonvektion-Modells mit den darin angedeuteten konvektiven Strömungen.

Das beschriebene Modell/ der Versuch soll wie folgt durchgeführt werden: Zuerst werden die einzelnen Modellelemente mit den Kindern besprochen und den Objekten in der Realität zu-

geordnet. Insbesondere ist darauf zu achten, dass Kinder unter dem gefärbten Wasser die Materie des Erdmantels verstehen. Sonst kann es zu Verwechslungen mit dem Wasser der Ozeane kommen und so eine Fehlvorstellung entstehen. Um dieser entgegenzusteuern wird empfohlen, das Färben des Wassers ebenfalls den Kindern zu überlassen und sie danach zu fragen, aus welchem Grund das Wasser im Modell gefärbt werden soll. Die meisten Versuchsschritte können von Schülern selbstständig durchgeführt werden. Jedoch müssen einige Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Zum einen sollte im Modell eine Sicherheitssteckdose verwendet werden, da mit Wasser und Strom gearbeitet wird. Darüber hinaus empfiehlt es sich das Anschließen des Modells an die Spannungsquelle dem Betreuer zu überlassen. Der richtige Umgang mit dem elektrischen Strom sollte vor dem Experimentieren mit den Schülern besprochen werden.

7.1.3 Plattentektonik

In der schülerlaborinternen Interessensbefragung zeigten etwa 77 Prozent der Jugendlichen ein hohes Interesse an der Fragestellung „Können sich Kontinente bewegen und Ozeane verschwinden und neu entstehen?“. Die Analyse der Befragung zeigte außerdem, dass Interessensausprägungen der Kinder und der Jugendlichen an vielen Themen in etwa gleich ausfallen. Es wurde daher angenommen, dass das Thema Plattentektonik auch für Grundschul Kinder von großem Interesse ist. Aus dieser Überlegung heraus wurde ein Modell zur Ozeanbodenspreizung entwickelt, das im Folgenden ausführlich beschrieben wird. Vorerst wird jedoch auf einige grundlegende Elemente der Theorie der Plattentektonik eingegangen.

Theoretische Grundlagen zur Plattentektonik

Wie bereits beschrieben, teilt sich der Erdmantel in die leicht verformbare Asthenosphäre und in die darauf aufliegende starre Lithosphäre ein. Letztere stellt allerdings keine einzelne erdumspannende Schale dar, sondern besteht aus vielen einzelnen Platten, die über die plastische Asthenosphäre gleiten. Es gibt sechs große, mehrere mittelgroße sowie einige kleine Platten (Abb. 7.15). Manche von ihnen sind ausschließlich von der ozeanischen Kruste bedeckt wie die Pazifische Platte. Andere haben nur die kontinentale Kruste als Oberfläche wie die Eurasiatische Platte. Es gibt auch Lithosphärenplatten, die beide Arten der Erdkruste auf ihrer Oberfläche vereinen, wie die Amerikanische Platte. Die Theorie, die sich mit der Bewegung der Li-

thosphärenplatten sowie mit den Prozessen an ihren Grenzen beschäftigt wird als Plattentektonik bezeichnet. [Strahler und Strahler, 2005]

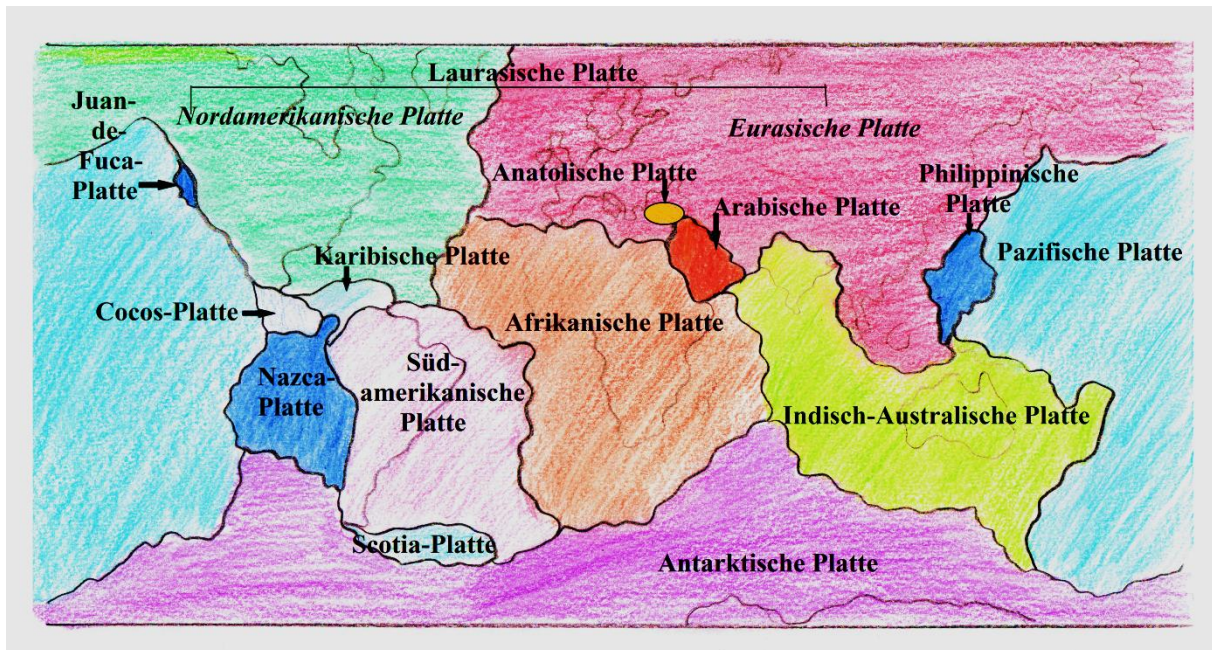


Abb. 7.15: Oberfläche der Erde unterteilt in Lithosphärenplatten (nach Frisch, Meschede [2007, S. 13]).

Man unterscheidet drei Arten von Plattengrenzen: Konstruktive oder divergente, destruktive oder konvergente und konservative Plattengrenzen (Abb. 7.16). [Frisch und Meschede, 2007]

Im Folgenden werden die einzelnen Grenzenarten ausführlich erläutert: Die konstruktiven Plattengrenzen findet man entlang des Mittelozeanischen Rückens, einer zentralen Struktur im Ozeanbecken. Es handelt sich dabei um eine Gebirgszone, die in ihrem Kamm ein vulkanisch aktives Grabensystem aufweist. Der Graben stellt dabei eine Grenze zwischen zwei Lithosphärenplatten dar, die sich auseinanderbewegen (Abb. 7.16 unten links). Die dabei entstehenden „Lücken“ werden durch aufsteigende Lithosphärenmaterie geschlossen und von der jungen ozeanischen Erdkruste bedeckt. Dieser Vorgang wird als „Ozeanboden-Spreizung“ oder als „Seafloor spreading“ bezeichnet. [Strahler und Strahler, 2005]

Konvergente Plattengrenzen bzw. Subduktionszonen stellen einen Bereich dar, in dem eine Platte unter die andere eintaucht (Abb. 7.16 unten mittig). Diese dringt in die Asthenosphäre ein, dabei erhitzt sie sich und schmilzt. Bei der abtauchenden Platte handelt es sich um eine mit ozeanischer Kruste bedeckte Platte. Diese Kruste besteht aus basaltischem Gestein mit einer höheren Dichte als die kontinentale Materie. Aus diesem Grund kann sie unter die kontinentale Platte geschoben werden. Die ozeanische Kruste ist aufgrund der geringeren Temperatur spezifisch schwerer als die Umgebungssubstanz und wird daher in die Tiefe gezogen, bis sie dort geschmolzen ist. Die obere Platte wird ebenfalls ein Stück hinuntergezogen und es bildet sich ein Tiefseeegra-

ben aus. Solche Bewegungen verlaufen mitunter ruckartig, dadurch werden Erdbeben verursacht. An den konservativen Plattenrändern gleiten beide Platten aneinander vorbei (Abb. 7.16 unten rechts). Die San-Andreas-Verwerfung in Kalifornien ist ein typisches Beispiel für eine solche Plattengrenze. Die sich dabei aufbauenden Spannungen entladen sich ebenfalls ruckartig und können zu einem Erdbeben führen. [Goudie, 2002] Diese drei Plattengrenzen bestimmen die Bewegung der Lithosphärenplatten, denn die am Mittelozeanischen Rücken entstehende ozeanische Kruste muss an einer anderen Stelle wieder „vernichtet“ werden, damit sich die Erdoberfläche nicht vergrößert. Das geschieht an den Subduktionszonen. [Frisch und Meschede, 2007]

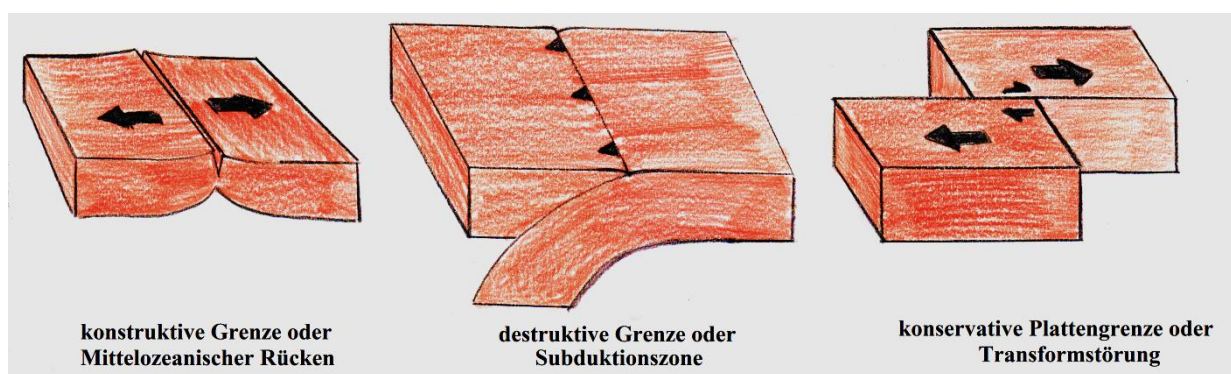


Abb. 7.16: Die drei Arten von Plattengrenzen schematisch dargestellt (nach Frisch, Meschede [2007, S. 15]).

Die Plattentektonik gehört zu den relativ jungen geophysikalischen Theorien. Sie wurde erst in den sechziger und siebziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts entwickelt und basiert auf dem Konzept der Kontinentalverschiebung von *Alfred Wegener*. Das letztere Konzept entwickelte sich aus dem Befund heraus, dass die Ostküste von Südamerika und die Westküste von Afrika wie zwei Puzzlestücke ineinander passen. Diese Feststellung führte später zu der Annahme, dass Lithosphärenplatten samt Kontinenten in Bewegung sind und dass es in der Entwicklungsgeschichte der Erde möglicherweise eine Periode mit einem großen Urkontinent gegeben hat. [Strahler und Strahler, 2005] Endgültig wurde die Theorie der Plattentektonik erst durch die Entdeckung der „Ozeanboden-Spreizung“ bestätigt. Dies geschah durch den Befund des paläomagnetischen Streifenmusters entlang des Mittelozeanischen Rückens. Weitere Hinweise kamen hinzu als die Altersbestimmung des Ozeanbodens durchgeführt werden konnte. Die paläomagnetischen Streifen stellen ein Muster mit entgegengesetzt magnetisierter Materie dar, das parallel und entlang des Mittelozeanischen Rückens verläuft. Streifen, die die Richtung des heutigen Magnetfeldes aufweisen, wechseln sich mit denen ab, die entgegengesetzt magnetisiert sind. Ausgehend von den Kenntnissen über die Umpolung des Erdmagnetfeldes konnte nachgewiesen werden, dass es sich bei diesen Streifen um eine neu gebildete

ozeanische Kruste handelt. Es wurde die folgende Vermutung der Streifenentstehung aufgestellt: Die Lithosphärenplatten, deren Grenze entlang des Mittelozeanischen Rückens verlaufen, driften auseinander. Es entsteht eine „Lücke“, die durch aufsteigendes Magma gefüllt wird. Gelangt diese auf die Erdoberfläche, so kühlt sie sich ab und richtet sich entlang des Magnetfeldes der Erde aus. Die magnetisierte Materie behält ihre Magnetisierung bei, auch wenn das Erdmagnetfeld inzwischen eine entgegengesetzte Richtung aufweist. Zusätzlich zu dieser Theorie gelang es, das Alter der Kruste entlang des Mittelozeanischen Rückens zu bestimmen. Dabei stellte sich heraus, dass dieses, ausgehend vom Mittelozeanischen Rücken, nach außen hin immer weiter zunimmt. Der Nachweis der „Ozeanboden-Spreizung“ war damit vollständig. [Frisch und Meschede, 2007]

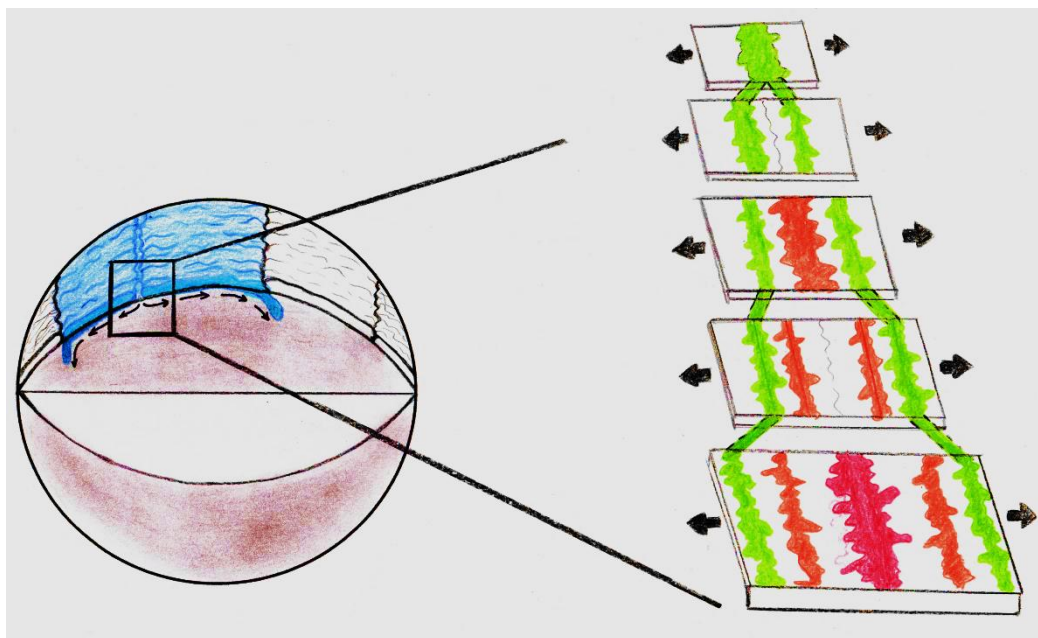


Abb. 7.17: Entstehung der entgegengesetzt magnetisierten Streifen entlang des Mittelozeanischen Rückens. Farbige Streifen weisen eine Ausrichtung, die der heutigen Magnetfeldrichtung entspricht, graue Streifen sind entgegengesetzt magnetisiert (nach *Strahler und Strahler* [2005, S. 244] sowie *Frisch und Meschede* [2007, S. 16]).

Die ozeanische Lithosphäre bildet sich also laut der Theorie der Plattentektonik an einigen Plattengrenzen ständig neu. Damit die Oberfläche der Erde ihre Größe beibehält, taucht sie an anderen Stellen wieder in den Erdmantel hinein. Die ozeanische Lithosphäre gehört also zu den aktivsten tektonischen Regionen der Erde, die Kontinentalschollen verhalten sich dagegen eher passiv. Für das aktive Verhalten ist im Wesentlichen die Mantelkonvektion verantwortlich. Das heiße Magma steigt unter dem Mittelozeanischen Rücken auf. Die vertikale Bewegung des Magmas wandelt sich unter den Platten in eine Horizontalbewegung um. Dadurch werden die Lithosphärenplatten auseinandergeschoben. Man nennt diesen Mechanismus Rückenschub. Ein weiterer Vorgang könnte für die Bewegung der ozeanischen Platten ebenfalls von Bedeutung sein. Man bezeichnet ihn als Plattenzug. Es handelt sich dabei um einen Pro-

zess, der in den Subduktionszonen stattfindet. Hier schiebt sich die ozeanische Platte unter die kontinentale, weil die erstgenannte spezifisch schwerer ist. Es entsteht eine Art Zug. Wie Beobachtungen der tektonischen Vorgänge gezeigt haben, bewegt sich eine Platte mit einer Subduktionszone als Grenze schneller. [Frisch und Meschede, 2007]

Als Voraussetzungen für tektonische Vorgänge auf einem Planeten werden die Mantelkonvektion und die relativ dünne Lithosphäre angesehen. Die erstgenannte führt zur Entstehung von Spannungsbereichen in der Lithosphäre, so dass sie letztendlich in viele einzelne Platten zerbricht. Danach treibt die Mantelkonvektion die Bewegung der entstandenen Platten an. Die Ausbildung von kontinentalen Schollen ist vermutlich ein Ergebnis von vulkanischen Aktivitäten, denn Vulkanismus führt zur Entstehung von Inseln, die sich im Laufe der tektonischen Bewegungen zu großen Kontinenten zusammenfinden. Sowie die Mantelkonvektion als auch die relativ dünne Lithosphäre sind eine Folge von Wärmefreisetzungsmechanismen im Planeteninneren. Es hängt letztendlich von der Größe des Planeten ab, ob im Inneren genügend Wärme frei wird und ob diese Wärme bis heute noch nicht komplett nach außen abgegeben wurde. Kleinere Himmelsobjekte kühlen sich vermutlich bereits innerhalb von einer Milliarde Jahren ab. Dabei wird die Lithosphäre immer dicker und die Mantelkonvektion immer schwächer, bis sie komplett zum Stillstand kommt. In diesem Falle ist ein Planet im Inneren nicht mehr aktiv. Die Erde ist der einzige der terrestrischen Planeten des Sonnensystems, auf dem man die Tektonik vorfindet. Angesichts der Tatsache, dass Venus vulkanische Aktivitäten aufweist, erscheint es rätselhaft, wieso auf ihrer Oberfläche keine Plattentektonik stattfindet. In Anbetracht dessen wird deutlich, dass Wärme aus dem Planeteninneren und somit die Mantelkonvektion sowie eine dünne Lithosphäre nicht die einzigen Voraussetzungen für Tektonik sein können. Experten vermuten, dass für die funktionierende Plattentektonik die Lithosphäre außerdem genügend Wasser aufweisen muss – quasi als „Schmiermittel“ der Plattenbewegung. Da die Venus einen kleineren Abstand zur Sonne und somit eine viel höhere Oberflächentemperatur aufweist, ist das Wasser aus der Kruste und aus der Lithosphäre zum größten Teil verdampft. [Bennett, 2010]

Konstruktion des Modells der Plattentektonik

Ein Teil des Erdinneren wird auch in diesem Versuch mit Hilfe eines Acrylglasaquariums modellhaft dargestellt. Dieses soll im Rahmen des vorliegenden Modells aus Acrylglasplatten selbstständig zusammengebaut werden. Selbstverständlich besteht die Möglichkeit einen ferti-

gen rechteckigen Behälter zu benutzen, es muss allerdings auf die Schwierigkeit hingewiesen werden, in einem Plastikbehälter einen Spalt anzufertigen. Dieser Spalt/Schlitz, der den Mittelozeanischen Rücken darstellt (Abb. 7.18), wird im selbstgebauten Aquarium dadurch realisiert, dass der Boden des Behälters aus zwei kleineren Platten angefertigt wird, die einen Abstand von etwa einem Zentimeter zueinander aufweisen. Die gesamte Konstruktion wird mit dem Boden nach oben ausgerichtet.

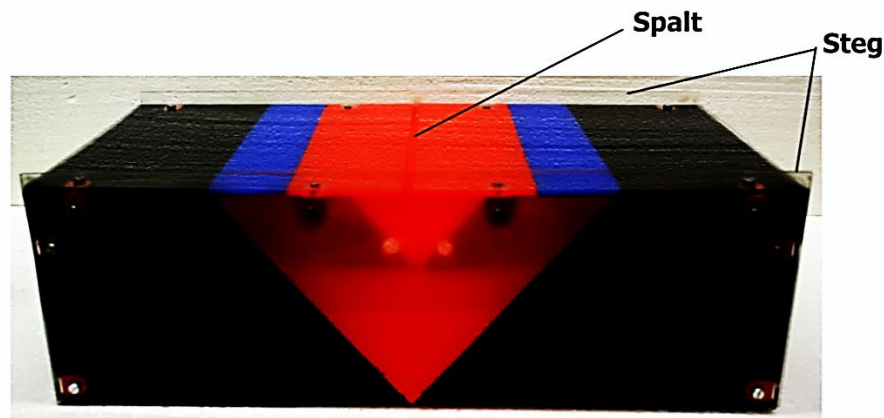


Abb. 7.18: Ein aus Acrylglasplatten zusammengebautes Aquarium als Modell des Erdinneren mit einem Spalt in der Mitte, der im Modell die Funktion des Mittelozeanischen Rückens erfüllt.

Im unteren Bereich einer der Seitenwände müssen vor dem Zusammenbau des Aquariums zwei Löcher mit dem Durchmesser von etwa 2 cm gebohrt werden. Der Bohrer wird dabei ab und an gekühlt. Die Funktion der Löcher wird später aus der Modellbeschreibung ersichtlich. Es wird versucht die einzelnen Elemente so realistisch wie möglich zu gestalten. Daher werden zwei dreieckige gegenüberliegende Ausschnitte des Behälters, die das Innere des Planeten darstellen, mit Hilfe von Sprühfarbe orange gefärbt. Die übrigen Flächen erhalten eine schwarze Färbung. Die Farbe sollte von innen aufgetragen werden, damit die Lackierung bei der Versuchsdurchführung keine Kratzer abbekommt. Darüber hinaus wird auf der vorderen Seite des präparierten Behälters, genau wie im Modell der Mantelkonvektion, eine laminierte Abbildung der Erde befestigt. Diese sollte einen dreieckigen Ausschnitt aufweisen, um das Erdinnere in den Fokus zu rücken.

Die „Litosphärenplatten“ werden mit Hilfe von dünnen Holzplatten konstruiert. Auf die Brettchen werden außerdem dünnere und dickere Styroporplatten geklebt. Das Styropor unterschiedlicher Dicke stellt die verschiedenen Erdkrusten dar: Die dicke grüngefärbte Styroporschicht symbolisiert die kontinentale Kruste und die dünne braungefärbte stellt die ozeanische Kruste dar (Abb. 7.19 links). Darüber hinaus wird auf der „ozeanischen Kruste“ eine weitere dünne Gummischicht angebracht, um Meereswasser darzustellen. Von unten sowie

von der Seite werden die Holzplatten mit Silikon versiegelt, damit Kerzenwachs, welches das Magma symbolisiert, nicht auf den Platten haften bleibt. Außerordentlich wichtige Bauelemente sind die Laminierfolien. Diese werden von unten auf die Holzplatten angebracht und bei der Durchführung des Versuches im Spalt versenkt. Ihre Funktion wird noch erläutert.

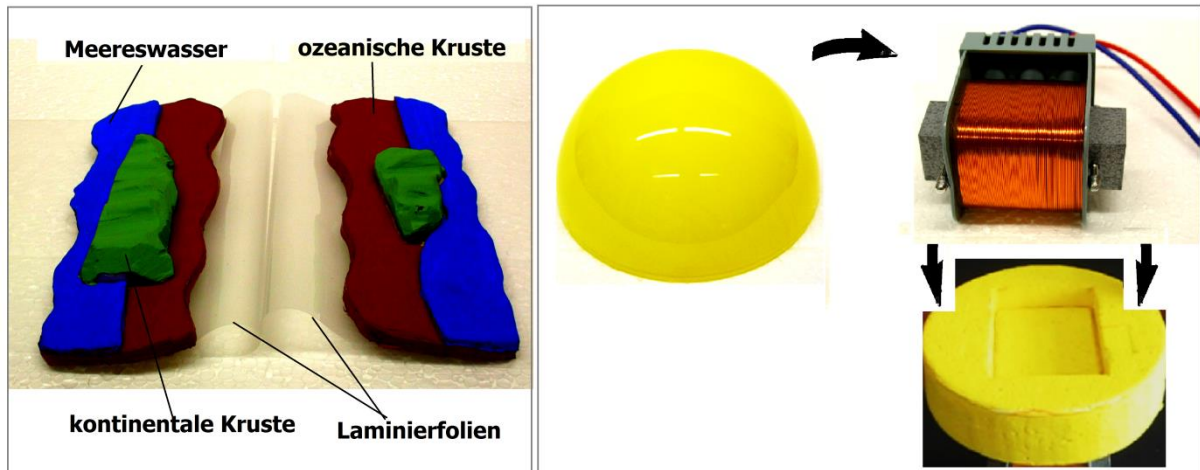


Abb. 7.19: Holzbrettchen als Modell der Litosphärenplatten und Spule mit einem Eisenkern als Modell des Erdkerns.

Das Erdmagnetfeld wird hier durch das Magnetfeld der Spule simuliert. Sie wird mit einem Eisenkern versehen und im Inneren der Erde angebracht. Hierzu dient eine Verkleidung aus einer gelbgefärbten Acrylglasschale. Damit die Spule während des Experimentierens nicht aus der Halbkugel fällt, wird eine Styroporunterlage angefertigt. Auf dieser findet zuerst die Spule Platz. Darauf wird nun die Halbkugel gestülpt (Abb. 7.19 rechts). Um die Spule an eine Spannungsquelle anzuschließen müssen in der Acrylglasschale ebenfalls zwei Löcher für die Anschlusskabel gebohrt werden. Der Abstand zwischen der Spule und dem Spalt darf nicht zu groß ausfallen. Die Materie des Mantels, die im Bereich des Mittelozeanischen Rückens an die Oberfläche steigt, wird im vorliegenden Versuch durch geschmolzenes Kerzenwachs mit Eisenfeilspänen modellhaft dargestellt. Dieses Gemisch wird in einem Thermobehälter während des Versuches warm gehalten. Das Kerzenwachs kann vor der Versuchsdurchführung von einem Betreuer mit Hilfe eines Bunsenbrenners in einem Becherglas geschmolzen werden.

Der vorliegende Versuch kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden. Bei den jüngeren Schülern bietet es sich an auf die Thematisierung des Erdmagnetfeldes sowie auf seine Umpolungen zu verzichten. Vielmehr sollten solche Aspekte wie die Existenz und die permanente Bewegung der Lithosphärenplatten in den Vordergrund rücken. Die Vorgänge am Mittelozeanischen Rücken, nämlich das Auseinanderdriften der Platten und die Bildung der

neuen ozeanischen Kruste werden dabei besonders hervorgehoben. Die Durchführung dieser Versuchsvariante gestaltet sich wie folgt: Zu Beginn des Versuches sollten die einzelnen Bauelemente von Schülern benannt und den Objekten der Realität zugeordnet werden. Um den Vorgang des Seafloor spreadings nachzubilden, werden von Kindern zuerst die „Lithosphärenplatten“ auseinandergeschoben. In die so entstandene Lücke wird von einem weiteren Kind das Wach-Eisenfeilspäne-Gemisch, das modellhaft für die Materie des Erdinneren steht, aufgetragen. Man wartet nun ab, bis sich das Wachsgemisch abkühlt und erhärtet und wiederholt das Ganze erneut. Insbesondere soll darauf eingegangen werden, dass das Alter der ozeanischen Kruste vom Mittelozeanischen Rücken aus nach außen hin zunimmt. Hierzu werden Schüler gefragt, welche Streifen zuerst entstanden sind. Kinder sollten außerdem erkennen, dass die Entdeckung dieser Streifen eine Bestätigung der Bewegung von tektonischen Platten darstellt. Trotz der anschaulichen Darstellung der Sachverhalte muss darauf geachtet werden, dass Schüler keine Fehlvorstellungen entwickeln. Es soll z.B. thematisiert werden, dass die nachströmende Materie in der Realität aus dem Erdinneren kommt und nicht wie im Modell von oben aufgetragen wird. Darüber hinaus kann es zu der Fehlvorstellung kommen, dass Kontinente im Ozeanwasser „schwimmen“ und dadurch ihre Lage auf der Erdoberfläche ändern. Daher soll hervorgehoben werden, dass sich die Lithosphärenplatten auf einer weiteren unteren Erdschicht, nämlich auf der Asthenosphäre bewegen. Der komplette Aufbau sowie das Versuchsergebnis sind in der Abb. 7.20 dargestellt.

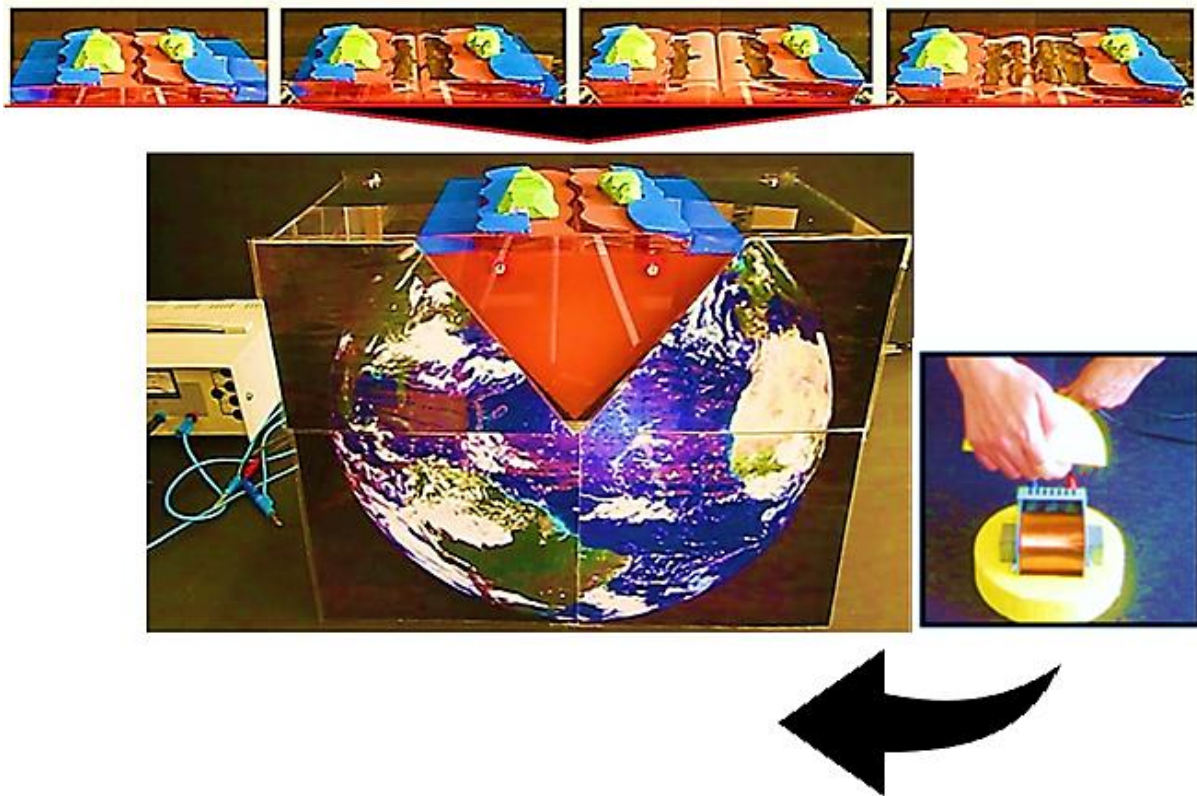


Abb. 7.20: Aufbau und Ergebnis des Versuches/ des Modells der Plattentektonik.

Für die älteren Schüler kann zusätzlich das Erdmagnetfeld, seine Umpolung und die entgegengesetzte Magnetisierung der Streifen thematisiert werden. Hierfür soll die Spule im Inneren des Modells beim Auftragen des Eisen-Wachs-Gemisches betätigt werden. Dadurch werden die Eisenfeilspäne entlang des Magnetfelds der Spule ausgerichtet und somit magnetisiert. Nach dem Erstarren des Wachses behalten sie diese Magnetisierung bei. Bevor die „tektonischen Platten“ erneut auseinandergeschoben werden und die neuen Wachssteifen seitlich des Spaltes aufgetragen werden, wird das Magnetfeld der Spule umgepolt, indem die Stromrichtung in der Spule verändert wird. Die nächsten Streifen werden somit entgegengesetzt magnetisiert. Am Ende des Versuches kann die Magnetisierung der Streifen mit Hilfe der kleinen Kompassse überprüft werden, in dem diese auf die einzelnen Streifen gelegt werden (Abb. 7.21).



Abb. 7.21: Das Ergebnis des Versuches veranschaulicht die Entstehung der entgegengesetzt magnetisierten Streifen entlang des Mittelozeanischen Rückens.

7.2 Modelle bzw. Versuche zur Erkundung der Atmosphäre

7.2.1 Land-See-Wind-Entstehung

Interessensfragebögen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit eingesetzt wurden, enthielten kein Item zur Entstehung von Winden. Daher kann die Interessantheit dieses Themas durch keine eigenen Untersuchungsergebnisse belegt werden. Basierend auf der IPN-Interessensstudie kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Beschäftigung mit Naturphänomenen Kindern und Jugendlichen Freude und Spaß bereitet. Die Frage nach den Entstehungsmechanismen von Winden kann dem umweltphysikalischen Themenbereich zugeordnet werden. Auch aus diesem Grund sollte sie, wie die durchgeführte Befragung zeigt, auf ein hohes Interesse bei Schülern stoßen. Es handelt sich bei Winden um Vorgänge in der Erdatmosphäre, einem weiteren wichtigen Bereich des Planeten Erde. Diese lebensnotwendige Sphäre wurde bisher in keinem der Modelle berücksichtigt. Mit dem Versuch zur Entstehung der Land-See-Winde sollte diesem Umstand Rechnung getragen werden. Bei diesem Modell handelt es sich um einen Versuch von *Müller, Schwarz, Vogt und Walther* [2004], der im Rahmen dieser Arbeit nachgebaut, zum Teil verändert und für das Lernen mit Grundschulern angepasst wird. Genauso wie bei der Beschreibung anderer Modelle, wird auch hier vorerst auf die theoretischen Grundlagen eingegangen.

Theoretische Grundlagen zur Land-See-Wind-Entstehung

Als Atmosphäre wird die Gassphäre bezeichnet, die einen Himmelskörper umgibt. Diese beeinflusst die vorherrschenden Bedingungen auf der Oberfläche eines Planeten sehr stark: Atmosphären absorbieren und streuen das Sonnenlicht, wodurch der Himmel tagsüber hell erscheint. Sie erzeugen außerdem Wetterphänomene. Einige Atmosphären unseres Planetensystems enthalten sogenannte Treibhausgase und sorgen für höhere Temperaturen auf den Himmelskörpern. Betrachtet man die Gashüllen der terrestrischen Planeten unseres Sonnensystems, so stellt man fest, dass die Atmosphäre der Erde einzigartig ist. So besteht Merkurs Gashülle einer sehr geringen Dichte aus Helium (22%), Natrium (29%) und Sauerstoff (42%). Dort findet man keine Wettererscheinungen vor und die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht betragen um die 600°C. Die Marsatmosphäre, die zum größten Teil aus Kohlenstoffdioxid (95%) aufgebaut ist, weist ebenfalls eine geringe Dichte auf. Es ist jedoch genügend Gas vorhanden um Winde entstehen zu lassen. Die Venusatmosphäre besteht aus Kohlenstoffdioxid (96%) einer sehr hohen Dichte, man findet außerdem Stickstoff vor. Langsame Winde und saurer Regen sind die Wetterphänomene, die auf der Venus auftreten können. Desto überraschender ist es, dass die Gashülle der Erde Elemente und Verbindungen wie Stickstoff (77%), Sauerstoff (21%), Argon (1%) und Wasser beinhaltet. [Bennett, 2010]

Auf der Oberfläche eines Himmelskörpers herrscht aufgrund einer umgebenden Gashülle Atmosphärendruck: Das Gas übt aufgrund seiner Masse und der gravitativen Anziehung des Planeten eine Gewichtskraft auf die unteren Gasschichten aus. Teilt man die Atmosphäre in mehrere Schichten ein, so kann man sich gut vorstellen, dass die untere Schicht stärker unter dem Gewicht der restlichen oberen Schichten zusammengepresst wird als eine darüber liegende Schicht. Daher ist die Dichte der Atmosphäre in der Nähe der Planetenoberfläche viel höher. Die sich ständig bewegenden Gasteilchen bewirken einen Druck. In großen Höhen ist die Dichte der Gase gering, dementsprechend fällt auch der Atmosphärendruck hier geringer aus. Man misst den Atmosphärendruck in *bar* oder in *Pa* (Pascal). Er beträgt auf der Erde in der Meereshöhe etwa 1 *bar*. Mit steigender Höhe nimmt der Atmosphärendruck ab, diese Abnahme ist in Abb. 7.22 dargestellt. [Bennett, 2010]

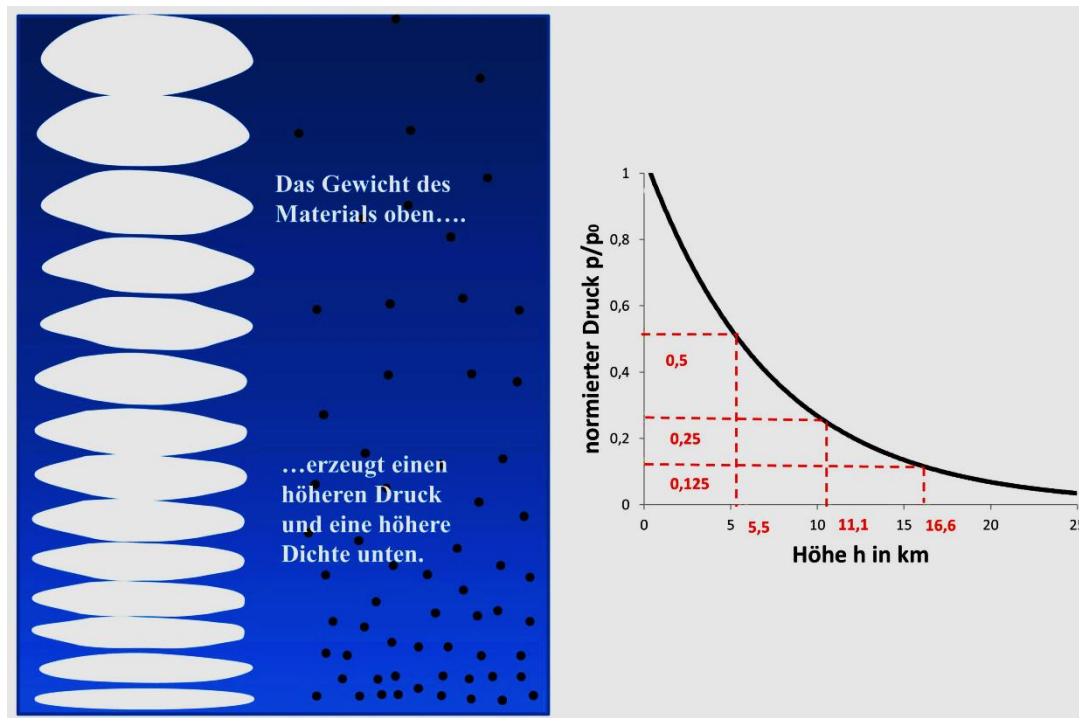


Abb. 7.22: Links: Dichte- und Druckabnahme in der Atmosphärenluft mit wachsender Höhe (nach Bennett [2010, S. 412]); Rechts: Die graphische Darstellung der barometrischen Höhenformel zeigt die exponentielle Abnahme des Druckes mit der Höhe für ein Atmosphärenmodell einer konstanten Temperatur (nach Hering et al. [2012, S. 129]).

Die Wechselwirkung der Gashölle mit der Sonnenstrahlung führt zu Wetterphänomenen wie den Winden. Als Wind bezeichnet man eine horizontale Bewegung des Atmosphärgases, im Falle des Planeten Erde, die horizontale Bewegung der Luft. Man unterscheidet auf der Erde zwischen den lokalen Winden, wie z.B. Berg- und Talwind sowie Land- und Seewind und den globalen Windmustern – etwa den Hadleyzellen. Die erstgenannten werden durch die Einflüsse aus der unmittelbaren Umgebung verursacht. Die Entstehung des Windes im Allgemeinen lässt sich am einfachsten anhand der Betrachtung von lokalen Winden erklären. Dies geschieht im Folgenden für den Land- und Seewind: Wie bereits erläutert, sinkt der Luftdruck in der Atmosphäre mit steigender Höhe. Im Modell der idealen Atmosphäre nimmt man an, dass der Luftdruck in einer vorgegeben Höhe entlang einer zur Erdoberfläche horizontalen Ebene überall gleich hoch ist. Der Luftdruck in der realen Atmosphäre variiert jedoch auch in horizontaler Richtung. Auf einer Wetterkarte werden alle Punkte des gleichen Drucks durch eine Linie miteinander verbunden. Diese Linie heißt Isobare. In der Abb. 7.23-A-links sind isobare Flächen einer idealen Atmosphäre abgebildet. Hier herrscht in gleicher Höhe über der Erdoberfläche gleich hoher Druck. In der Abb. 7.23-B-links ist der Luftdruck in einer horizontalen Ebene nicht gleich. Es existiert also ein Druckgefälle bzw. ein Druckgradient. Die Richtung des Luftdruckgradienten verläuft vom höheren zum niedrigeren Druck. Die Luftteilchen haben die Tendenz sich in Richtung des Druckgradienten zu bewegen. Diese Massenbewegung ist direkt proportional zum Druckgradienten. Der Wind ist also

letztlich eine horizontale Bewegung der Luftmassen aufgrund eines Luftdruckgradienten.
 [Strahler und Strahler, 2005]

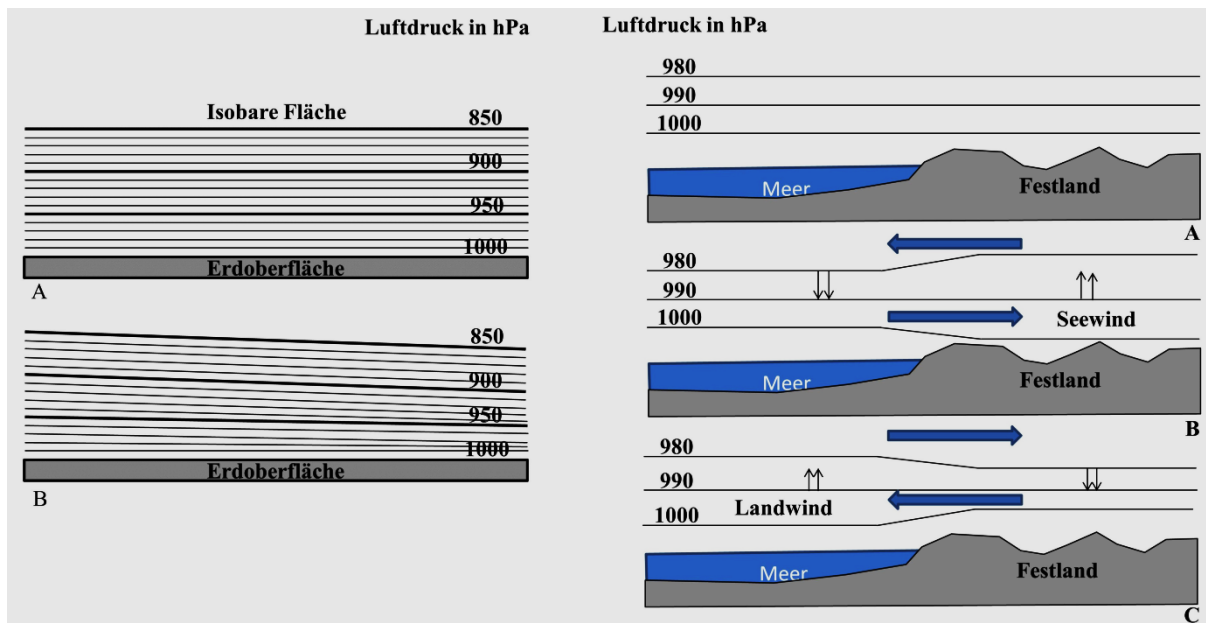


Abb. 7.23: Links: Darstellung der Isobaren und des Druckgradienten. Rechts: Schematische Darstellung der See- und der Landwind-Entstehung. (nach Strahler und Strahler [2005, S.98, 99]).

Das einfachste Beispiel, das die Beziehung zwischen dem Luftdruckgradienten und der Windentstehung verdeutlicht, ist der Land- und Seewind. Diese Winde entstehen in Küstenregionen. In der Abb. 7.23-A-rechts ist die Anfangssituation dargestellt. Die Isobaren verlaufen parallel zur Erdoberfläche, es existiert noch kein Luftdruckgradient. Tagsüber erwärmt sich das Festland und somit die bodennahen Luftschichten viel stärker als das Wasser und die Luft darüber. Gase dehnen sich bei Erwärmung bekanntlich aus. Dies führt zur Verringerung ihrer Dichte und somit des Druckes in ihnen. Der Druckgradient in Bodennähe verläuft somit vom Meer zum Land (Abb. 7.23-B-rechts). Daher bewegt sich die bodennahe Luft tagsüber ebenfalls aus der Meeresrichtung. Es weht tagsüber also ein Seewind. In größeren Höhen über der Küste verläuft die Bewegung der Luftmassen in die entgegengesetzte Richtung. Es entsteht also ein Luftkreislauf. Nachts kehrt sich die beschriebene Situation um. Das Wasser kühlt sich langsamer ab. Die Luftschichten darüber sind also wärmer als die über dem Festland, der Luftgradient in Bodennähe verläuft vom Land zum Meer (Abb. 7.23-C-rechts). Es entsteht Landwind. [Strahler und Strahler, 2005]

Nach dem ähnlichen Prinzip entstehen auch globale Windströmungen auf der Erde. Um ihre Bewegungsmuster besser nachvollziehen zu können, wird vorerst ein Modell der nicht rotierenden Erde betrachtet: Die Regionen um den Äquator herum und somit auch die Luft dort erwärmen sich stärker als die Pole der Erde. Nach dem Land-Seewindprinzip entstehen riesige

Zirkulationszellen um die komplette Nord- und Südhalbkugel (Abb. 7.24-links). [Strahler und Strahler, 2005] Die Zirkulationsmuster stellen einen wichtigen Wärmetransportmechanismus des Planeten dar. Die Wärme gelangt so vom Äquator zu den Polen der Erde. Ohne diese „Heizung“ wären die Pole des Planeten viel kühler als sie es tatsächlich sind. Auf der Venus ist dieser Effekt aufgrund der sehr dichten Atmosphäre so stark, dass es dort praktisch keine Temperaturunterschiede zwischen den Polen und dem Äquator gibt.

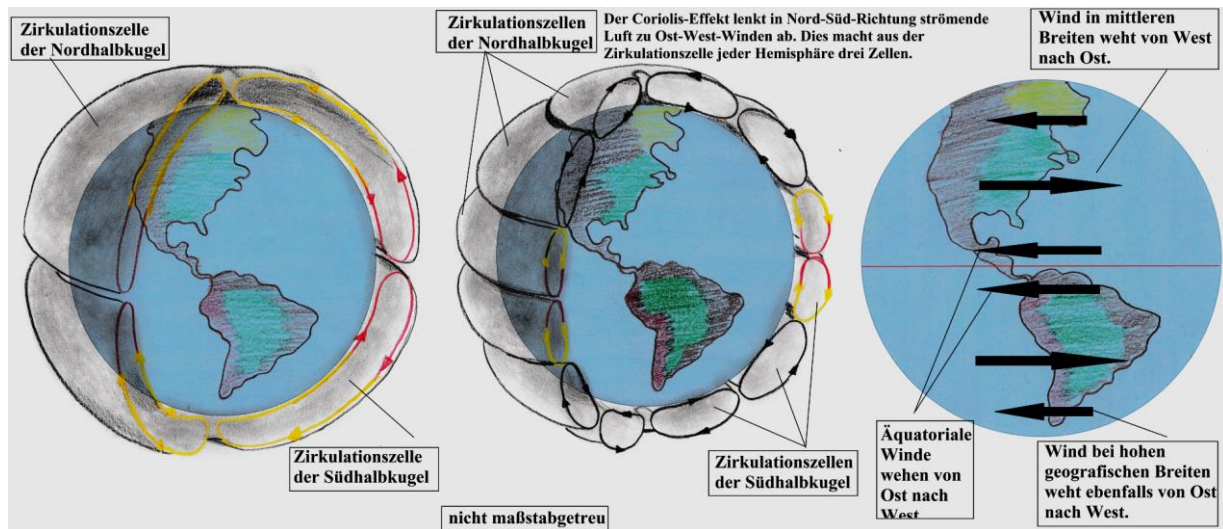


Abb. 7.24: Links: Zwei große Zirkulationszellen im Modell der nicht rotierenden Erde. Mitte: Die Aufteilung der großen Zellen in viele kleinere infolge der Erdrotation und des daraus resultierenden Coriolis-Effektes. Rechts: Richtung der globalen Windmuster auf der Erde. (nach Bennett [2010, S. 423-426]).

Bis jetzt wurde die Erde modellhaft als ein nicht rotierender Körper angesehen. Wird die Erdrotation jedoch in die Modellbetrachtung einbezogen, so kommt es zum Zerfallen der beschriebenen großen Zirkulationszellen in viele kleinere (Abb. 7.24-mittig). Dieser Effekt ist folgendermaßen zu erklären: Auf einem rotierenden Planeten herrscht die sogenannte Coriolis-Kraft. Sie sorgt dafür, dass die strömende Luft eine Ablenkung erfährt. Die bewegte Luft in Richtung Erdpol wird in eine Bewegung nach Osten überführt, die Luftströmung in Richtung Äquator wird zu einer Bewegung in die westliche Richtung geführt. Dies ruft viele kleinere Zellen hervor. Die globalen Windmuster auf der Erdoberfläche unterliegen demnach dem Einfluß des Coriolis-Effektes. So bewegen sich Luftströmungen in der Nähe des Äquators und in der Nähe der Erdpole auf den Äquator zu und werden dadurch in westliche Richtung abgelenkt. In den mittleren Breiten findet die Luftbewegung in Richtung der Erdpole statt, daher werden diese Strömungen in östliche Richtung abgelenkt (Abb. 7.24-rechts). [Bennett, 2010]

Konstruktion des Modells der Land-Seewind-Entstehung

Die Luftströmungen werden in diesem Analogieversuch durch Nebel sichtbar gemacht. Dieser wird mit Hilfe von Wasser und einem Ultraschallzerstäuber erzeugt. Damit der entstandene Nebel sich nicht im kompletten Raum ausbreitet, werden die Versuchselemente in einem Plasticaquarium verstaut. Hierfür muss das Aquarium folgendermaßen umgebaut werden: Als erstes wird eine Acrylglastrennwand gezogen. Diese teilt das Aquarium in zwei Bereiche auf. In den Bereich, der mit Wasser gefüllt wird (dieser Bereich stellt das Meer modellhaft dar) sowie in die zweite Abteilung, die mit Styroporplatten ausgelegt und anschließend mit einer schwarz gefärbten Metallplatte abgedeckt wird. Bei diesem Bereich handelt es sich um ein Modell der Küste. *Müller et al.* [2004] schlagen vor, zur Darstellung der Küstenregion schwarzen Sand zu benutzen. Um die Durchführungszeit zu verkürzen, wird jedoch beschlossen die erstgenannte Variante zu benutzen. Häuser, Bäume oder Boote aus Moosgummi können als Dekorationen auf die Vorderseite des Aquariums angebracht werden, um das Modell noch realistischer zu gestalten. Die hintere Wand sowie die beiden Seitenwände des Aquariums werden anschließend mit schwarzem Karton ummantelt, um die Sichtbarkeit des Nebels zu erhöhen. Darüber hinaus wird ein passender Acrylglasdeckel benötigt, der das Austreten des Nebels aus dem Aquarium verhindert. Die einzelnen Gegenstände, die zum Aufbau des Modells benötigt werden, sind in der Abb. 7.25 dargestellt. Eine leistungsstarke Leuchte stellt im vorliegenden Versuch die Sonne modellhaft dar. Diese wird parallel zum Aquariumsboden ausgerichtet, sodass die Metallplatte und die Wasseroberfläche gleich stark beleuchtet werden.

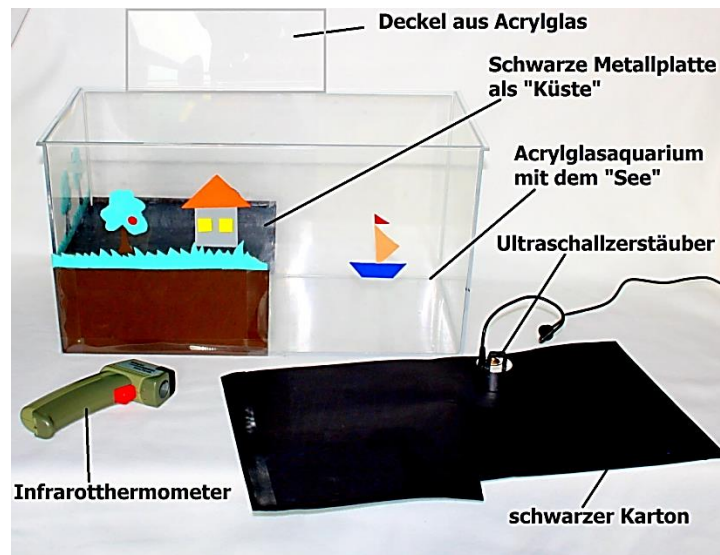


Abb. 7.25: Aufbau des Modells/Versuches zur Veranschaulichung der Windentstehung.

Es empfiehlt sich den beschriebenen Versuch folgendermaßen durchzuführen: Der Bereich des Aquariums, der modellhaft für den See steht, wird mit Wasser gefüllt. Die Styroporplatten sowie die Metallplatte werden im Bereich „der Küste“ platziert. Kinder sollen während des Aufbaus die einzelnen Versuchselemente den Objekten der Realität zuordnen. Der Ultraschallzerstäuber wird in der Ecke des „Sees“ platziert, bleibt jedoch vorerst aus. Die Lampe wird nun eingeschaltet. Das Aquarium bleibt zuerst nach oben hin geöffnet, damit sich der Plastikdeckel während der Erwärmung nicht verformt. Es soll darauf geachtet werden, dass Kinder nicht mit der Lampe in Berührung kommen, denn diese wird bereits nach wenigen Minuten sehr heiß.

Bereits nach drei bis vier Minuten kann das Licht der Lampe gedimmt (man verwendet dafür einen handelsüblichen Steckdosendimmer) und das Aquarium abgedeckt werden. Der Ultraschallzerstäuber wird eingeschaltet und die Bewegungsrichtung der Luftmassen wird beobachtet. Schüler sollen die Funktion des erzeugten Nebels richtig erkennen. Es soll unbedingt verbalisiert werden, dass Nebel die Luftströmungen sichtbar macht. Akzeptieren die Lernenden diesen Umstand, so können sie die Entstehung des See-Windes beobachten und seine Richtung beschreiben. Um der Ursache der Luftbewegung auf den Grund zu gehen, wird die Temperatur des Wassers sowie der Metalloberfläche mit Hilfe eines Infrarotthermometers gemessen. Die Windentstehungsmechanismen können dann gemeinsam mit dem Betreuer nachvollzogen werden. Lässt man das Modell eine längere Zeit von der Lampe bestrahlen und anschließend abkühlen, so kann man auch den Land-Wind veranschaulichen. Gegebenenfalls muss hierfür der Aufbau verändert werden. Die Metallplatte sollte evtl. einige Zentimeter mit Hilfe von Holzklötzen vom Styropor hochgehoben werden, um eine sichere Erwärmung der

Metallplatte zu ermöglichen (Vorsicht diese wird bereits nach einigen Minuten sehr heiß) und eine schnellere Abkühlung der Platte zu erzielen. Es muss darauf geachtet werden, dass sich das verwendete Acrylglasaquarium nach zu langer Wärmeeinwirkung nicht verformt.



Abb. 7.26: Das Ergebnis des Schülerversuches zur Windentstehung. Die Luftströmungen werden mithilfe des Wasserdampfes verdeutlicht.

Das Ergebnis des Versuches ist in der Abb. 7.26 dargestellt: Die Funktionsweise entspricht der bereits beschriebenen Realsituation. Während des Tages erwärmt die „Sonne“ den „Erdboden“ wesentlich stärker als das Wasser. Dies liegt unter anderem in der höheren spezifischen Wärmekapazität des Wassers. Die Luftmassen über „dem Erdboden“ erwärmen sich dementsprechend ebenfalls stärker als die Luftmassen über dem Wasser. Daher dehnt sich die Luft über „der Küste“ aus, ihr Druck nimmt ab. Aufgrund des Druckgradienten strömt kältere Luft in Richtung „Küste“. Es weht See-Wind.

7.2.2 Optische Phänomene in der Atmosphäre

Naturphänomene, dazu gehören auch optische Phänomene in der Erdatmosphäre wie die Entstehung des Regenbogens, des Himmelsblaus und des Abendrots, gehören laut vielen Untersuchungen (von denen im Kapitel 3 berichtet wurde) für Schüler zu den interessantesten Inhalten. In der eigenen Interessenserhebung wurden ebenfalls atmosphärische Phänomene angesprochen, wie die Entstehung des Ozonlochs. Dieses Item hat im Rahmen der Befragung sehr gut abgeschnitten. Allerdings wurde nach der Erhebung der Schülervorstellungen beschlossen, im ersten experimentellen Angebot zum Planeten Erde mit den alltäglichen atmosphärischen Phänomenen zu beginnen. Daher fiel die Wahl auf das Thema „Windentstehung“ und

auf das der „Entstehung von Himmelsfarben“. Es existiert ein einfacher, allgemein bekannter Versuch, der das letztgenannte Phänomen anspricht (es wird dabei mit einem rechteckigen durchsichtigen Behälter, einem Milch-Wassergemisch und einer Taschenlampe gearbeitet). Dieses Schülerexperiment erfordert jedoch einen hohen Grad an Abstraktion, der bei Grundschulern meist noch nicht ausgebildet ist. Daher wurde beschlossen, diesen Versuch so zu verändern, dass ein anschaulicheres Modell entsteht, das die wesentlichen Sachverhalte anspricht und erläutert.

Theoretische Grundlagen zu optischen Phänomenen in der Atmosphäre

Das sichtbare Sonnenlicht besteht bekanntlich aus nicht weiter zerlegbaren Spektralfarben rot, orange, gelb, grün, blau und violett. Die Mischung dieser Spektralfarben ergibt weiß. Die Strahlung der Sonne enthält außer den Anteilen im optischen Bereich auch erhebliche Mengen an Infrarot-, Ultraviolett- und Röntgenstrahlung. Die Teilchen der Atmosphäre wechselwirken mit den verschiedenen Lichtanteilen auf unterschiedliche Art und Weise. Die wesentlichen Wechselwirkungen sind in der Abb. 7.27 anschaulich dargestellt. Das sichtbare Licht durchquert die Atmosphäre ohne dabei absorbiert zu werden. Es kommt jedoch zur Streuung, bei der das Licht seine Ausbreitungsrichtung ändern kann.

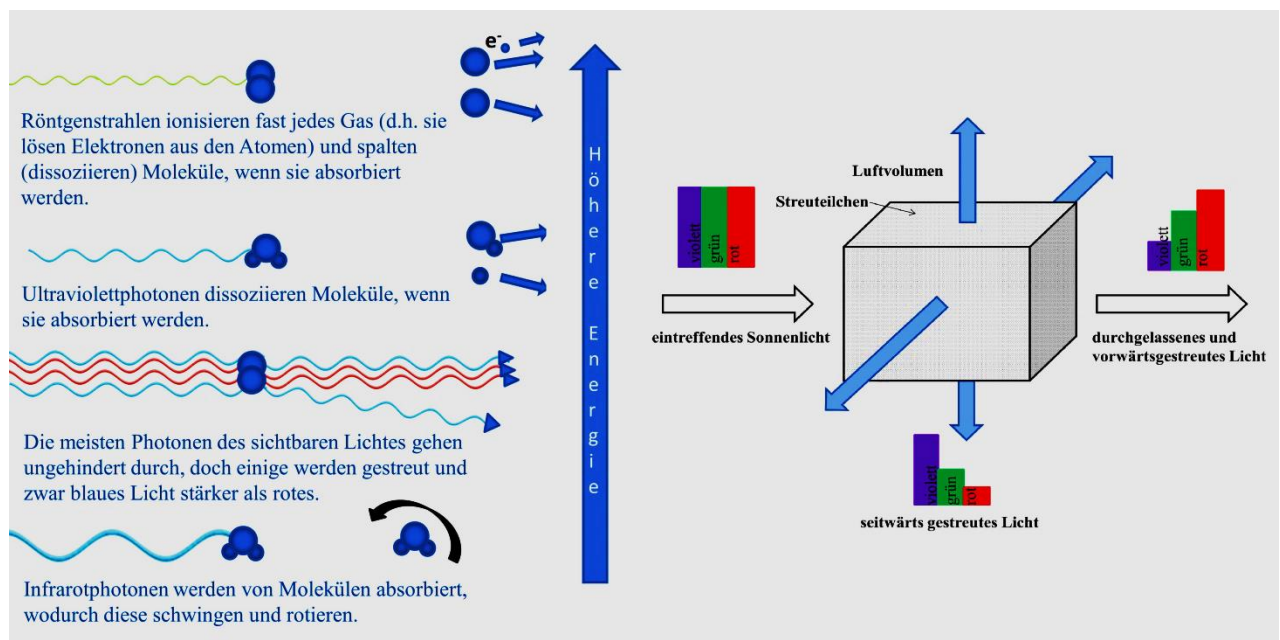


Abb. 7.27: Links: Die wichtigsten Wechselwirkungen der Strahlung mit der Materie (nach Bennett [2010, S. 418]); Rechts: Farbliche Zusammensetzung des gestreuten und des durchgelassenen Lichtes bei Rayleigh-Streuung (nach Hoeppe, [1999], S. 418).

Ist das Atom oder Molekül kleiner als die Wellenlänge des Lichtes im sichtbaren Bereich, so kommt es zu sogenannter *Rayleigh*-Streuung. Diese Art der Streuung trägt den Namen des Wissenschaftlers, der sie durch die elektromagnetischen Eigenschaften des Lichtes beschrie-

ben hat. *Rayleigh* stellte im Jahre 1871 fest, dass Lichtstreuung von der Wellenlänge abhängig ist und zwar, dass das kurzwellige Licht stärker als das langwellige gestreut wird. *Tyndall* erläuterte im Jahre 1873 die Abhängigkeit der Streuung von der Wellenlänge des Lichtes durch die folgende Analogie: Man stelle sich vor, in einer Pfütze wird z.B. durch einen Regentropfen eine kleine Welle ausgelöst. Wenn diese kleine Welle an einem sich in der Pfütze befinden Kieselstein ankommt, wird ihre Ausbreitung vom Kieselstein stark verändert. Löst man in der Pfütze eine große Welle aus, z.B. durch einen Faustschlag, so wird die sich ausbreitende Welle kaum vom Kieselstein gestört. *Rayleigh* konnte mathematisch herleiten, dass die Intensität des Streulichtes umgekehrt proportional zur vierten Potenz der Wellenlänge ist ($I \sim \frac{1}{\lambda^4}$). Diese Beziehung erklärt die Entstehung von Himmelsfarben: Man nehme an, dass die Atmosphäre aus sehr vielen, runden, homogen verteilten Teilchen besteht, deren Größe viel kleiner als die Wellenlänge des Lichtes ist. Darüber hinaus wird angenommen, dass das weiße Sonnenlicht aus Spektralfarben in etwa gleichen Anteilen besteht. Trifft Sonnenlicht auf atmosphärische Streukörper, so werden die einzelnen spektralen Lichtanteile unterschiedlich an diesen gestreut. Kurzwelliges Licht wird nach der obigen Beziehung sowie gemäß der beschriebenen Analogie stärker gestreut als das langwellige. So ergibt sich z.B. für das gestreute blaue Licht ($\lambda \approx 450 \text{ nm}$) eine Intensität von $I_B \sim \frac{1}{450^4}$, für das gestreute rote Licht mit der Wellenlänge von etwa 700 nm ist die Streuintensität $I_R \sim \frac{1}{700^4}$. Somit ergibt sich für das Verhältnis zwischen der Intensität des gestreuten blauen und des gestreuten roten Lichtes $\frac{I_B}{I_R} = \left(\frac{700}{450}\right)^4 = 5.9$. Das blaue Licht wird also um den Faktor 5,9 stärker gestreut als das rote Licht. Das Streulicht enthält also etwa sechs Mal mehr blaues Licht als rotes. Die Abb. 7.27 stellt diesen Sachverhalt anschaulich dar. [*Hoeppe*, 1999]

Die Farbe des Himmels ist also eine additive Mischung aus verschiedenfarbigem gestreutem Licht. Da kurzwelliges Licht, also violett und blau, den größten Teil des Streulichtes ausmacht, ist die Farbe des Himmels am Tag als Summe aller gestreuten Lichtanteile blau. Morgens oder abends legt das Sonnenlicht einen langen Weg zurück, bis es ins Auge des Beobachters gelangt. Das Licht wechselwirkt auf diesem Weg mit sehr vielen Streukörpern, so dass der blaue Anteil des Lichtes zum größten Teil seitlich weggestreut wird. Den Beobachter erreicht überwiegend rotes Licht. Daher erscheint der Himmel abends und morgens rot (Abb. 7.28). [*Hoeppe*, 1999]

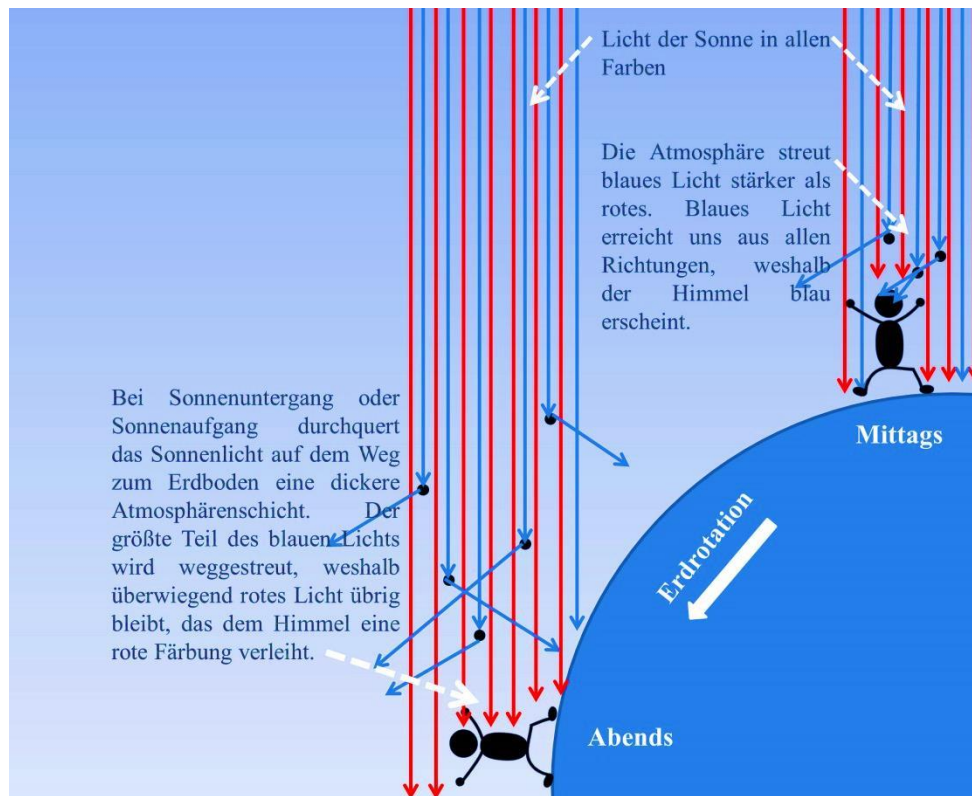


Abb. 7.28: Die Entstehung der Himmelsfarben (nach Bennett [2010, S. 419]).

Bis jetzt wurde die Streuung an Teilchen betrachtet, deren Durchmesser kleiner als die Lichtwellenlänge ist, genau genommen kleiner als ein Zehntel der Wellenlänge des Lichtes. Diese Streuung wird, wie bereits erklärt, als *Rayleigh*-Streuung bezeichnet. Trifft Licht jedoch auf Teilchen von der Größe der Lichtwellenlänge oder gar größere Teilchen, so findet die sogenannte *Mie*-Streuung statt. Als solche Teilchen können Wassertröpfchen im Nebel oder in Wolken angesehen werden. Die Intensität des Streulichtes bei der *Mie*-Streuung ist kaum von seiner Wellenlänge abhängig, daher sind die Wolken und der Himmel bei hoher Luftfeuchtigkeit weiß. [Hoeppe, 1999]

Die Himmelsfarben, wie wir sie von der Erde kennen, finden wir auf anderen terrestrischen Planeten des Sonnensystems nicht wieder. So erscheint der Himmel auf Merkur auch tagsüber schwarz. Dies liegt daran, dass Merkur nur eine sehr dünne Gasschicht um sich herum aufweist. Das Licht der Sonne wird also kaum gestreut. Der Marshimmel hat meistens eine gelbbraune Farbe. Dies liegt daran, dass in der Marsatmosphäre sehr viel Sand und Staub enthalten sind, die das blaue Licht stark absorbieren. Gäbe es nicht so viel Staub in der Gashülle um den Mars herum, so würde der Marshimmel wahrscheinlich eine tiefblaue bis schwarze Farbe aufweisen. Der Grund hierfür ist, dass seine Atmosphäre ebenfalls viel dünner als die Erdatmosphäre ist und daher das Sonnenlicht nicht so stark gestreut werden kann. Morgens und abends kann der Himmel über dem Mars gar eine grünliche Farbe annehmen. Venus weist

eine sehr dichte Atmosphäre auf. Der Himmel erscheint demnach sehr trüb. Sonnenlicht kommt also nur in gedämpfter Form auf ihrer Oberfläche an. Aufgrund der vielen Streukörper wird der blaue Anteil des Sonnenlichtes fast komplett weggestreut und der Himmel erscheint vermutlich orange. [Bennett, 2010]

Konstruktion des Modells eines optischen Phänomens in der Atmosphäre - Himmelsblau und Abendrot

Bei Naturphänomenen handelt es sich meistens um komplexe Sachverhalte. Es ist daher nicht einfach, diese didaktisch so aufzuarbeiten, dass sie von Schülern, insbesondere von Grundschulern, nachvollzogen werden können. Hilfreich dabei ist es, das zu behandelnde Naturphänomen auf die wesentlichen Sachverhalte zu reduzieren. Beim Phänomen der Himmelsfarben gehören die Zerlegung des weißen Lichtes in seine Spektralfarben, die Abhängigkeit der Lichtstreuung von der Wellenlänge des Lichtes sowie die Weglänge des Lichtes durch die Atmosphäre zu den wesentlichen Inhalten. Es wurde beschlossen bei dem Modell zur Entstehung von Himmelsfarben nur einen dieser entscheidenden Aspekte hervorzuheben. Nämlich die unterschiedlich langen Lichtwege durch die Atmosphäre zu verschiedenen Tageszeiten. Die zwei übrigen Aspekte sollen in separaten Versuchen bzw. Gedankenexperimenten nachvollzogen werden. So kann die Zerlegung des weißen Lichtes anhand eines allgemein bekannten Versuches mit dem Prisma und einer Taschenlampe behandelt werden. Die Abhängigkeit der Streuung von der Wellenlänge kann den Kindern mit Hilfe der oben beschriebenen Analogie von *Tyndall* erläutert werden.

Zur Darstellung der unterschiedlich langen Lichtwege durch die Atmosphäre zu verschiedenen Tageszeiten sowie zur Veranschaulichung der unter anderem dadurch hervorgerufenen Himmelsfarben wird zum einen ein Modell des Planeten Erde benötigt. Als Erde wird eine hohle Acrylgaskugel genutzt. In dieser Kugel wird an zwei gegenüberliegenden Stellen ein Loch gebohrt. In beiden Löchern findet die „Erdachse“, im Modell eine Metallstange, Platz. Sie wird in einen kleinen Stativfuß gespannt. Die Acrylgaskugel soll so lackiert werden, dass Kinder sie im Versuch als Erde identifizieren können. Auf die „Erde“ wird darüber hinaus eine kleine Spielfigur gesetzt, die einen Menschen auf der Erde symbolisiert. Um die Erdatmosphäre darzustellen wird ein kugelförmiges Aquarium genutzt. Dieses wird mit Wasser gefüllt. Einige Tropfen Milch werden zusätzlich zum Wasser hinzugegeben und umgerührt. Die ganze Konstruktion wird auf einem Drehteller platziert (z.B. ein Fernsehdrehteller). Dies

ermöglicht es die Rotation der Erde und der Atmosphäre zu veranschaulichen. Die Sonne wird im vorliegenden Versuch als eine Globushalbkugel modelliert. Diese wird gelb gefärbt und erhält in der Mitte eine kleine Öffnung. Um die „Sonne“ leuchten zu lassen, wird in ihrem Inneren eine Lampe eingebaut. Der Aufbau des Versuches ist in Abb. 7.29 dargestellt.

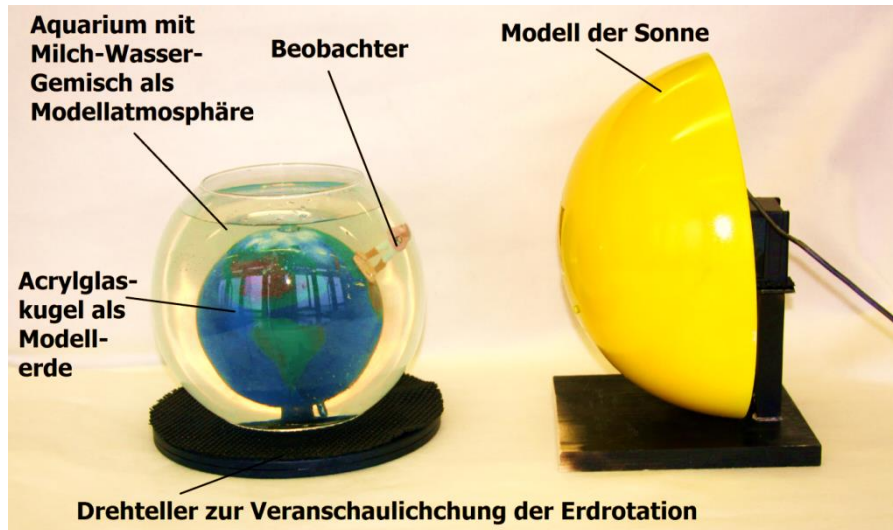


Abb. 7.29: Aufbau des Versuches zur Darstellung von Himmelsfarben.

Die Durchführung des Versuches/ des Modells wird im Folgenden erläutert: Zuerst wird der Tag- und Nachtzyklus der Erde thematisiert. Dafür wird „die Erde“ (vorerst ohne die Erdatmosphäre) in einem abgedunkelten Raum auf dem Drehteller um die eigene Achse rotiert und von der „Sonne“ beschienen. Dabei benennen Kinder die Tageszeiten wie Morgen, Mittag, Abend, Nacht, die für die auf der „Erde“ positionierte Spielfigur gerade vorherrschen. Im nächsten Schritt soll thematisiert werden, dass Sonnenlicht nicht nur dafür sorgt, dass es auf der Erde tagsüber hell ist, sondern, dass Wechselwirkungen zwischen dem Licht und der Erdatmosphäre den Himmel farbig erscheinen lassen. Um die Wichtigkeit der Atmosphäre hervorzuheben soll ein Bild des Mondes gezeigt werden. Das Foto sollte den „Mondhimmel“ am Tag und in der Nacht abbilden. Daran stellen Kinder fest: besitzt ein Himmelskörper keine Atmosphäre, erscheint der Himmel zu jeder Tageszeit schwarz.

Nun wird zusammen mit einem Betreuer die Erdatmosphäre modelliert. Es wird erklärt, dass die Gashölle der Erde aus vielen winzigen Teilchen besteht, die man nicht sehen kann. Im Modell werden diese durch winzige Milchfetttröpfchen dargestellt. Damit sich die Milchtröpfchen um die Erde herum anordnen, wird Milch im Wasser verrührt. Lässt man nun das „Sonnenlicht“ auf die „Atmosphäre“ auftreffen, so erhält sie tagsüber eine bläuliche Fär-

bung. Um dies zu erkennen, sollen Schüler sich genauso wie die Spielfigur positionieren und dabei in die gleiche Richtung schauen. Die blaue Himmelsfarbe entsteht dadurch, dass der Weg des Lichtes in der Atmosphäre kurz ist und das stark gestreute blaue Licht aus allen Richtungen ins Auge des Beobachters trifft. Dass das Wasser-Milchgemisch dabei blau erscheint, ist aus der Abb. 7.30-links ersichtlich.

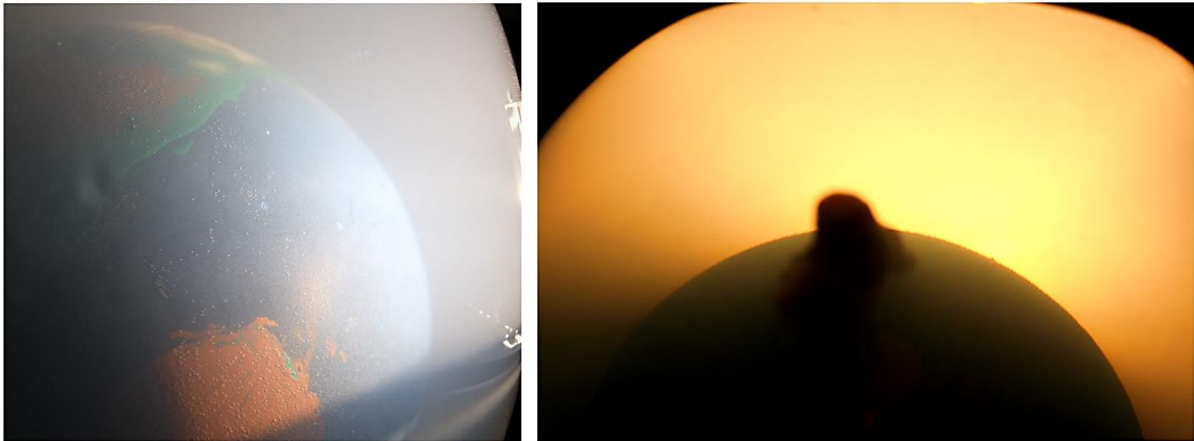


Abb. 7.30: Veranschaulichung des Himmelsblaus und des Abendrots.

Nun „dreht“ sich die „Erde“ in die Position „Abend“ und der „Himmel“ erscheint aus der Sicht der Spielfigur rötlich (Abb. 7.30-rechts). Der Weg des Lichtes in der Atmosphäre ist sehr lang, das blaue Licht wurde seitlich weggestreut und es kommt nur noch das rote Licht durch. Hierbei soll der lange Lichtweg von Schülern erkannt und mit dem Lichtweg in der Position „Tag“ verglichen werden (Abb. 7.31). Die Kinder gewinnen anhand des Modells folgende Erkenntnisse: Tagsüber ist der Weg des Sonnenlichtes in der Atmosphäre kurz, der Himmel erscheint daher blau, da das stark gestreute blaue Licht aus allen Richtungen zu kommen scheint. Abends und morgens ist der Lichtweg durch die Atmosphäre dagegen lang, erscheint der Himmel rot, da das blaue Licht seitlich weggestreut wurde.

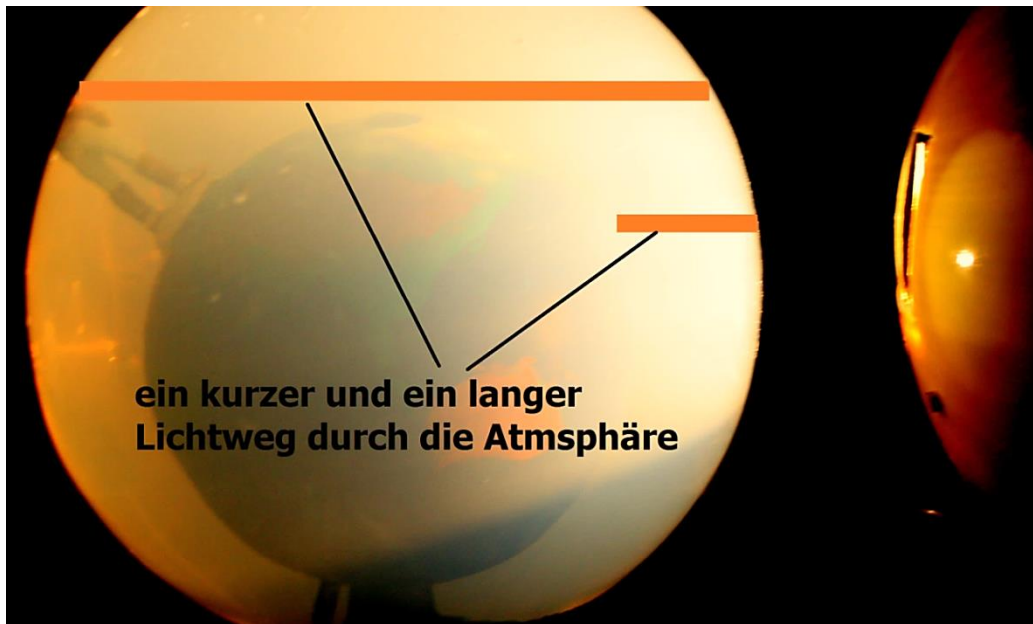


Abb. 7.31: Die unterschiedlich langen Lichtwege durch die Modell-Erdatmosphäre.

7.2.3 Atmosphärische Elektrizität

Auch die Gewitterelektrizität stellt ein Phänomen der die Erde umgebenden Gashülle dar. Es wurde daher für die Entwicklung weiterer Modelle zum Bereich „Atmosphäre“ ausgewählt. Die Frage nach der Entstehung des Gewitters schneidet im Rahmen der laborinternen Interessensbefragung sehr gut ab und deutet auf ein hohes Interesse an diesem Phänomen der Atmosphäre. Es handelt sich schließlich um ein Ereignis, das von Grundschulkindern oft selbst beobachtet wurde. Darüber hinaus lässt sich dieses Thema anschaulich und handlungsorientiert aufbereiten ohne viele Vorkenntnisse von den Schülern zu verlangen.

Theoretische Grundlagen zur atmosphärischen Elektrizität

Warme, feuchte und aufsteigende Luftmassen liefern die notwendige Energie zur Entstehung eines Gewitters. Dabei ist die Menge des Wasserdampfes in den Luftmassen entscheidend für das Zustandekommen dieses Naturereignisses. [Möller, 1996] Man unterscheidet verschiedene Arten von Gewittern, darunter luftmasseneigene Gewitter, Frontgewitter und höheninduzierte Gewitter. Wärmegewitter oder luftmasseneigene Gewitter entstehen durch intensive lokale Konvektionen und werden von kurzen kräftigen Schauern und schwachen bis mittleren Böen begleitet. Höheninduzierte Gewitter werden durch Höhentiefs und Kaltlufttropfen hervorgerufen und führen zu Gewittern mit starker elektrischer Aktivität. Bei Frontgewittern

unterscheidet man zwischen Warm- und Kaltfrontgewittern sowie Wellenstörungen. Bei Kaltfrontgewittern schiebt sich, wie der Name schon sagt, eine Kaltfront wie eine Art Keil unter die warmen feuchten Luftmassen und hebt sie dadurch in die Höhe. Diese Gewitter werden durch intensive Blitzentwicklungen begleitet. [Klose, 2008]

Eine Gewitterwolke besteht aus einem oder mehreren Konvektionszellen. Jede einzelne Zelle durchläuft drei Phasen: Entwicklungsstadium, Reifestadium und Zerfallsstadium. Das erste Stadium, also die Phase der Entwicklung, ist durch die aufwärtsgerichtete Luftbewegung gekennzeichnet, bei dem die Zelle feuchte Luftmassen einsammelt. Die Wolkenzelle wächst dabei in Richtung Tropopause. Durch starke Aufwinde schweben Wassertropfen und Eiskristalle in der Wolke. In der Phase des Reifens wachsen Wasser-, Eispartikel und Hagelkörner und beginnen zu fallen. Ein Teil von ihnen verdunstet, ein anderer schmilzt und führt zur Abkühlung der Luft. Diese kalte Luft bewegt sich Richtung Erdoberfläche und bildet eine Böenfront. Diese Front entfernt sich von der Wolke im Zerfallsstadium, sodass warme feuchte Luft die Wolke nicht mehr speist. Es herrschen überwiegend abwärts gerichtete Bewegungen in der Wolke und der Niederschlag lässt nach. Je nach Intensität unterscheidet man zwischen einzelligen, mehrzelligen Gewittern und Superzellen. [Klose, 2008]

Nachdem der amerikanische Wissenschaftler und Staatsmann *Benjamin Franklin* die elektrische Natur der Blitze erkannt und festgestellt hatte, dass Windstöße aus der Gewitterwolke eine negative Ladung tragen, sind mehrere Theorien zur Ladungstrennung bzw. -verteilung in einer Gewitterwolke entwickelt worden. Die Niederschlagshypothese wurde im Jahre 1885 von den deutschen Physikern *Julius Elster* und *Hans F. Geitel* entwickelt. Diese Theorie besagt, dass schwere Regentropfen, Graupel- und Hagelkörner aufgrund der Schwerkraft nach unten gezogen werden. Während die kleinen leichten Wassertröpfchen und die winzigen Eiskristalle in der Wolke als eine Art Schleier schweben. Wenn die großen Niederschlagspartikel sich nach unten bewegen, stoßen sie mit den kleinen zusammen, dabei wird auf die großen Partikel negative Ladung übertragen. Somit ist die Wolke in ihrem unteren Bereich negativ geladen. Im oberen Gebiet bildet sich währenddessen aufgrund der Ladungstrennungsmechanismen ein Schleier aus positiven kleinen Partikeln aus. Es entsteht also eine obere positiv geladene Region. [Williams, 1989]

Die zweite Theorie zur Erklärung der Ladungstrennung in der Gewitterwolke, die sogenannte Konvektionshypothese haben *Gaston Grenet* im Jahre 1947 und *Bernard Vonnegut* im Jahre 1953 unabhängig voneinander aufgestellt. Diese besagt, dass die Wolke von zwei externen Ladungsquellen gespeist wird. Zum einen ionisiert die kosmische Strahlung die Luftmoleküle

oberhalb der Wolke und lässt dort positive und negative freie Ladungen entstehen. Dies ist die erste Quelle der Ladungen. Außerdem bilden sich aufgrund der Corona-Entladungen positive Ladungsträger um schmale hohe Objekte auf dem Erdboden. Sie bilden die zweite Ladungsquelle. Durch Konvektion werden diese positiven Ladungsträger in die Wolke transportiert. Nachdem die positiven Ladungen im oberen Bereich der Wolke angekommen sind, wirken sie anziehend auf die negativen Ladungsträger, die aufgrund der Ionisation der Moleküle durch kosmische Strahlung oberhalb der Wolke entstanden sind. Die negativen Ladungen dringen in die Wolke ein, verbinden sich mit den Partikeln der Wolke und werden durch die abwärts gerichteten konvektiven Ströme an den Rändern der Wolke nach unten transportiert. Auch nach dieser Hypothese stellt die Wolke einen positiven Dipol dar. [*Williams*, 1989]

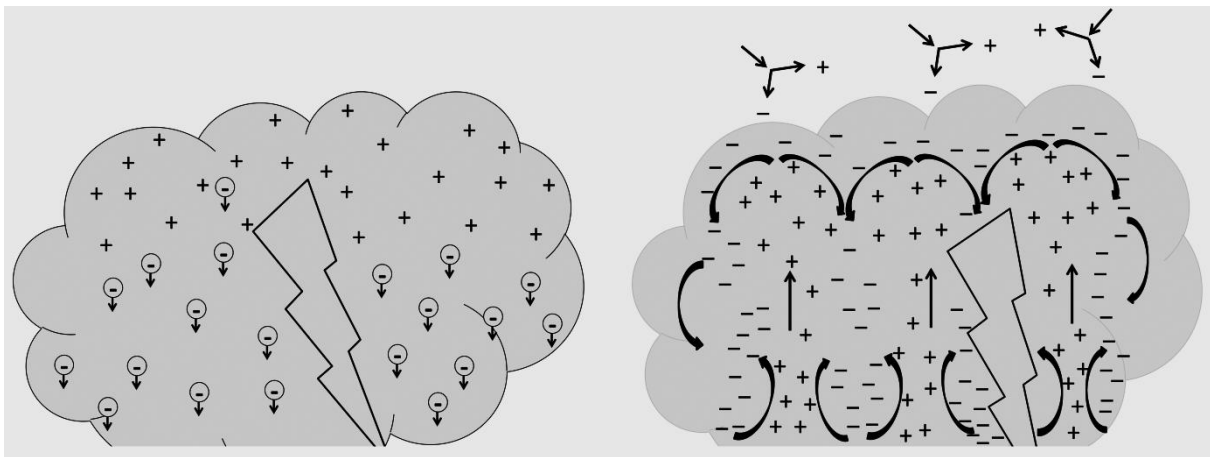


Abb. 7.32: Veranschaulichung der Theorien zur Entstehung eines Gewitters; links-Niederschlagshypothese; rechts Konvektionshypothese (nach *Williams* [1989, S. 82]).

Die Untersuchungen und Beobachtungen des letzten Jahrhunderts haben jedoch gezeigt, dass die Wolke nicht, wie bisher angenommen, den Charakter eines Dipols, sondern die eines Tripols aufweist: In der Mitte existiert eine negativ geladene Region. Diese ist sehr flach, nur etwa einen Kilometer hoch. In horizontaler Richtung erstreckt sie sich jedoch über mehrere Kilometer. Diese negativ geladene Schicht bildet sich in einer Höhe von etwa sechs Kilometern aus, in der die mittlere Temperatur etwa minus 15 °C beträgt. Das Besondere an dieser Wolkenregion ist, dass die Niederschlagspartikel hier in allen drei Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig) vorliegen. Oberhalb dieser sehr schmalen negativ geladenen Region befindet sich ein positiv geladener Bereich der Wolke. Dieser Bereich ist mehrere Kilometer hoch, dementsprechend ist dort die Ladung diffus verteilt. Auch unterhalb der negativen Schicht befindet sich ein Bereich der positiven Ladung. Dieser ist jedoch sehr klein und wird meistens von der negativ geladenen Schicht überlagert. [*Williams*, 1989]

Die beiden bisher betrachteten Hypothesen können nicht erklären, wieso die negative Ladung sich in einer relativ schmalen Region innerhalb der Wolke konzentriert und wieso diese Schicht immer in etwa derselben Höhe zu beobachten ist. Mit Hilfe von mikrophysikalischen Betrachtungen lässt sich die Ausbildung der negativen Schicht jedoch gut erklären: Laborversuche haben gezeigt, dass Zusammenstöße zwischen Eiskristallen und Graupeln die Ladungstrennung in der Wolke verursachen können. Darüber hinaus spielt die vorherrschende Temperatur eine entscheidende Rolle. Ist die Temperatur niedriger als die kritische Temperatur (auch Ladungsumkehr-Temperatur genannt), so laden sich Graupelkörner bei Zusammenstößen mit winzigen Eiskristallen und Wassertröpfchen negativ auf. Ist die vorherrschende Temperatur höher, so nehmen die Graupeln eine positive Ladung an. Die Ladungsumkehr-Temperatur liegt im Bereich zwischen minus 10°C und minus 25°C (eher bei minus 15 °C). Somit entsteht in der Region mit der Ladungsumkehr-Temperatur eine negativ geladene kompakte Schicht. Fallen die Graupeln weiter hinunter, so laden sie sich positiv auf und bilden dann die untere positiv geladene Region der Wolke. [Williams, 1989]

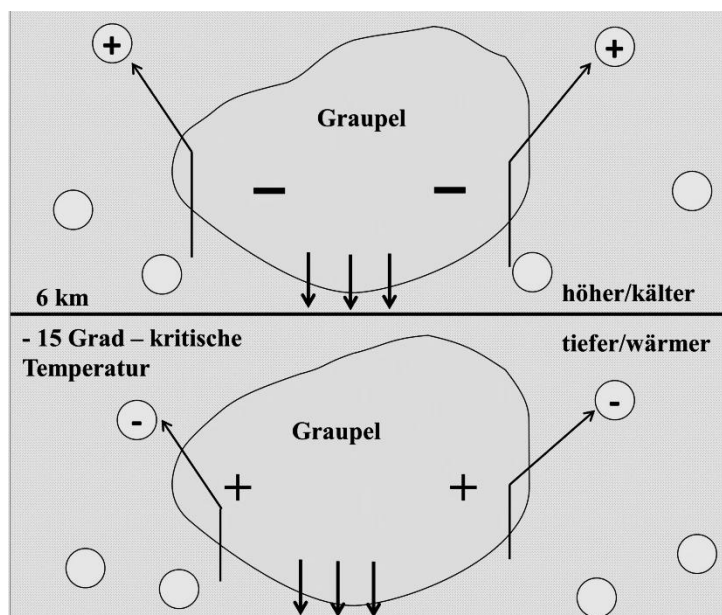


Abb. 7.33: Ladungsübertragung in Abhängigkeit von der Temperatur (nach Williams [1989, S. 84]).

Jedoch kann die Ladungsumkehrtemperatur alleine den Tripol-Charakter der Wolke auch nicht vollständig erklären. Die mikrophysikalischen Prozesse, die zwischen Eiskristallen, Graupeln und Wassertröpfchen ablaufen, werden noch untersucht. Zur vollständigen und befriedigenden Erklärung der komplexen Vorgänge innerhalb einer Gewitterwolke müssen Aspekte aus den drei bestehenden Theorien zu einer neuen Theorie zusammengefasst werden, denn sowohl Konvektion als auch Niederschlag sorgen für bestimmte Prozesse wie Transport un-

terkühlter Wassertropfen in die hohen Regionen der Wolke und liefern damit Erklärungen für die Ladungsverteilung in der gesamten Wolke. [*Williams, 1989*]

Nach dem sich im unteren Bereich der Wolke ein Gebiet starker negativer Ladung ausgebildet hat, lädt sich die Erdoberfläche unterhalb der Wolke aufgrund der Influenz positiv auf. Ist die Feldstärke größer als die kritische Feldstärke für einen dielektrischen Durchschlag (10^6 Vm^{-1}), so kommt es zur Entladung, also zu einem Blitz. Da bei einer Wolkenhöhe von etwa 3 km die Potenzialdifferenz mehr als 10^9 Vm^{-1} betragen müsste (was erfahrungsgemäß einen unrealistischen Wert bei Gewittern darstellt), kommt es bei jeder Entladung zuerst zu einer stufigen Vorentladung, durch die ein Entladungskanal gebildet wird. Das bedeutet, aus einer Region der Wolke breitet sich die Vorentladung in Schritten von etwa 20 bis 50 m aus. Beträgt der Abstand zwischen Vorentladung und der Erde etwa 100 m, so zündet vom Boden aus eine Fangentladung. Im gleichen Kanal kann es bis zu 40 Entladungen kommen, dieses erkennt man an dem Flackern des Blitzkanals. [*Klose, 2008*]

Bei einer Entladung werden in weniger als einer Sekunde um die 10^{20} Elektronen transportiert. Dabei wird die elektrostatische Energie in elektromagnetische, also Licht und Radiowellen, in Wärme und in die akustische Energie umgewandelt. Der Entladungskanal erwärmt sich bei einer Entladung, sodass die Luft expandiert. Dies macht sich als Donner bemerkbar. [*Klose, 2008*]

Experten schlagen folgende Maßnahmen zum Schutz vor einem Blitzschlag während des Gewitters vor: Jedes öffentliche Gebäude sollte mit einer Blitzschutzvorrichtung ausgestattet werden. Als das richtige Verhalten bei einem Gewitter gilt: Man sollte beim Aufziehen eines Gewitters an den Orten Schutz suchen, die aufgrund ihrer Konstruktion einem Faradaykäfig (Metallkäfig) ähneln. Dazu zählen Gebäude aus Stahlbeton bzw. mit Stahlverstärkung oder am besten mit einem Blitzableiter. Auch Autos mit eingezogener Antenne gelten als sichere Plätze. In weniger gut geschützten Gebäuden sollten Metallvorrichtungen wie Wasser-, Gasleitungen sowie elektrische Leitungen, Telefone, Radios und Fernsehgeräte nicht angefasst und gemieden werden. [*Klose, 2008*]

Befindet man sich während eines Gewitters im Freien, so sollte man einzelne Bäume meiden und besser in einem dichten Wald Schutz suchen, wenn man etwa 3 Meter Abstand von den einzelnen Bäumen einhält. Ungeschützte Objekte in der freien Landschaft wie Scheunen, Hütten, kleine Kirchen und Kapellen sollten ebenfalls nicht aufgesucht werden. Vorrichtungen aus Metall in der Landschaft wie Leitungen, Metallzäune, Antennen usw. sollte man ebenfalls

weiträumig meiden. Das Fahren mit Fahrrad oder Motorrad sowie das Baden im See oder Boot fahren sind streng untersagt. Auch Aufenthalte auf Golfplätzen oder in großen Menschenansammlungen ohne einen Mindestabstand von etwa 3 Meter zu anderen Personen sind sehr gefährlich. Am besten sollte man im Freien ohne jeglichen Schutz in die Hocke gehen, die Füße eng zusammenstellen, die Beine mit den Händen umfassen und sich nach vorne beugen. Gefährlich ist auch das Hinlegen, da man eine große Angriffsdistanz für einen Potentialunterschied bildet. Den aufgesuchten Schutz sollte man nicht früher als nach etwa 30 Minuten dem letzten Blitz verlassen. [Klose, 2008]

Konstruktion eines Modells zur Entstehung der atmosphärischen Elektrizität

Im Folgenden wird ein Modell beschrieben, *dessen Einsatz im Schülerlabor fehlgeschlagen ist*. Die Mängel, die zum Misslingen geführt haben, konnten erst in der Erprobungsphase des Versuches festgestellt werden. Dieses Modell lässt sich möglicherweise durch wenige Handgriffe verbessern und im Unterricht erfolgreich einsetzen, daher wird das Modell trotzdem ausführlich beschrieben. Während der Erprobung im Schülerlabor konnten jedoch leider keine Alternativen gefunden werden. Der Versuch dient im Wesentlichen dazu, die Entstehung von geladenen Zonen innerhalb der Wolke zu veranschaulichen.

Das Modell/der Versuch wird wie folgt konstruiert: Eine in zwei Hälften zerlegbare Acrylglaskugel dient zur Darstellung der Wolke. Auf der Innenseite der Kugel werden mit Hilfe des Heißklebers Metallfedern befestigt. Auf diese setzt man kleine Styroporkugeln. Sie stellen Wassertröpfchen in der Wolke dar. Die Federn sorgen für die Beweglichkeit der „Tröpfchen“. Zwei weitere größere Styroporkugeln sollten das Eis in der Wolke veranschaulichen. Sie werden mit weißer Wolle ummantelt (deren Zweck später ersichtlich wird) und auf ein Plastikrohr aufgespießt. Dieses Rohr stellt die Achse dar, auf der die „Eiskristalle“ innerhalb der Wolke rotieren. Von der Achse aus führt ein Griff nach außen. Betätigt man diesen so kommen „Eiskristalle“ im Inneren „der Wolke“ in Bewegung (Abb. 7.34). Dabei beobachten Schüler, dass große Kugeln, also das „Eis“ während der Bewegung mit den „Wasserteilchen“, also mit den kleineren Kugeln, zusammenstoßen. Anschließend stellen Schüler mit Hilfe einer Glimmlampe fest, dass die Wolke elektrisch geladen ist. Durch das eigenständige Betätigen des Modells sowie durch das Beobachten des Inneren der „Wolke“ werden die Vorgänge im

Wolkeninneren für Kinder begreifbar. Zur möglichst realistischen Darstellung der Sachverhalte, wird zusätzlich zu der „Wolke“ ein Modell der Erde benötigt.

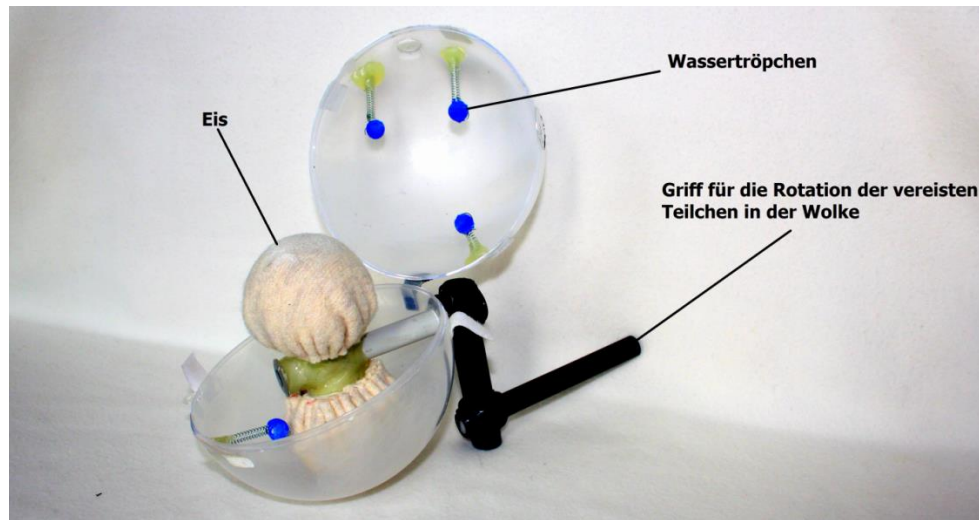


Abb. 7.34: Modell der Gewitterwolke zur Veranschaulichung der Prozesse im Inneren der Wolke, die zur Aufladung der Wolke führen.

Die elektrostatische Aufladung der Wolke wird im Modell selbstverständlich nicht durch die Zusammenstöße der Kugeln verursacht, wie es einem Beobachter erscheinen mag. In Wirklichkeit reiben die mit Wolle ummantelten Styroporkugeln an den Wänden der Acrylglaskugel. Dabei werden Elektronen von der Wolloberfläche entrissen. Die künstliche Wolke lädt sich dabei elektrostatisch auf. Dies kann mit Hilfe einer Glimmlampe überprüft werden. Der Nachweis der Ladungstrennung auf der Außenwand der Acrylglaskugel wird dadurch möglich, dass eine Glimmlampe an eine mit Alufolie beklebte Stelle gehalten wird. Die Folie lädt sich aufgrund der Influenz im elektrostatischen Feld der „Wolke“ auf und der Ladungsnachweis durch die Glimmlampe kann dadurch erfolgen.

Es empfiehlt sich den Versuch wie folgt durchzuführen: Man baut die „Wolke“ mit Hilfe des Stativs über der „Erde“ auf (Abb. 7.35). Nach dem Kinder die Bauteile des Modells den Objekten der Realität zugeordnet haben, lässt einer der Schüler die „Eisteilchen“ in der „Wolke“ kreisen. Der zweite Schüler sollte dabei die Vorgänge im Inneren der Wolke beschreiben, z.B.: „Die Eiskristalle bewegen sich im Inneren der Wolke. Sie stoßen dabei ständig mit den „Wassertröpfchen“ zusammen“. Die Kinder wechseln sich ab und wiederholten diesen Versuchsschritt erneut. Anschließend wird der Raum komplett verdunkelt und einer der Schüler bewegt die Glimmlampe an die mit der Alufolie bedeckte Stelle auf der „Wolke“. Danach betätigen sie das Modell erneut und prüfen mit der Glimmlampe, ob die geladene „Wolke“ einen Einfluss auf die „Erde“ ausübt. Die Lampe, die an eine mit Alufolie beklebte Stelle auf

der Modellerde gehalten wird, leuchtet ebenfalls auf. So stellen Schüler fest, dass die Gewitterwolke sich aufgrund der Vorgänge in ihrem Inneren elektrisch auflädt. Weil die Wolke elektrisch geladen ist, lädt sich auch die Erde auf. Diese Erkenntnis genügt, um die Entstehung der atmosphärischen Elektrizität in groben Zügen nachvollziehen zu können.



Abb. 7.35: Aufbau des Modells zur Entstehung der Gewitterelektrizität.

Bei der Erprobung des Modells stellten sich einige Mängel in der Konstruktion heraus. Zum einen musste die innere Oberfläche der Kugel nach einigen Durchläufen mit Schleifpapier rau gemacht werden, damit sie genügend Unebenheiten aufweist, um eine Ladungstrennung hervorzurufen. Dies ließ sich nur sehr umständlich bewerkstelligen. Dafür musste die Kugel wieder zerlegt werden, was dem Versuchsbetreuer viel Zeit kostete. Das Modell wurde darüber hinaus bei einer der Durchführungen beschädigt, es wurde daher beschlossen keine Verbesserungen am Modell vorzunehmen, sie wurde stattdessen aus dem Stationenlauf herausgenommen.

Konstruktion von Modellen zu Vorsichtsmaßnahmen bei einem Gewitter

Nicht nur die Mechanismen, die zur Entstehung von Blitzen führen, sind im Rahmen der Thematik „Gewitter“ von Bedeutung. Bei der Behandlung dieses Themas ist es unerlässlich auch auf die Vorsichtsmaßnahmen bei einem Gewitter einzugehen. Eine bloße Aufzählung der Vorsichtsmaßnahmen ist für die Schüler erfahrungsgemäß unbefriedigend, daher empfiehlt es sich die Gefahren zumindest in Ansätzen zu erläutern oder diese an Modellen zu veranschaulichen. Daher wurden einige Modelle zur Demonstration von Vorsichtsmaßnahmen hergestellt. Diese basieren auf der Grundlage der von *Harrer et al.* [2008] sowie von *Hopf und Wiesner* [2004] entwickelten Versuche, die für den Einsatz im Labor und auf die Arbeit mit den Grundschulern angepasst und ergänzt wurden. Es handelt sich hierbei um Demonstrati-

onsversuche zu allgemeinen Vorsichtsmaßnahmen bei einem Gewitter und um einen Schüler-versuch zur Veranschaulichung der Schrittspannung bei einem Blitzeinschlag.

Für eine anschauliche Darstellung der Schrittspannung wurde ein Versuch konstruiert, der wie bereits erwähnt, auf der Grundlage der von *Hopf* und *Wiesner* [2004] entwickelten und beschriebenen Ideen basiert. Die Schrittspannung kann im Bereich der Primarstufe in der vom *Hopf* und *Wiesner* vorgeschlagenen Form leider aufgrund der mangelnden Vorkenntnisse der Schüler nicht behandelt werden. Die Autoren empfehlen für die Messung der Schrittspannung eine mit Alufolie von innen verkleidete Schüssel zu nehmen, diese mit Blumenerde zu füllen und mithilfe eines Messgerätes und zwei miteinander verbundenen Kabeln Messwerte aufzunehmen, die die Schrittspannung und ihre Abhängigkeit vom Einschlagort und dem Abstand zwischen den Kabeln abbilden.

Es wurde beschlossen, den vorgeschlagenen Versuch zu verändern, damit auf die Verwendung eines Messgerätes verzichtet werden kann. Stattdessen sollten Leuchtdioden als Indikatoren für die im Boden existierende Schrittspannung verwendet werden. Damit diese bei Überschreitung der zulässigen Spannung nicht durchbrennen, wurde ein Vorwiderstand in Reihe zu den Leuchtdioden geschaltet. Um die Sachverhalte noch realistischer zu gestalten, wurden die Dioden mit dem Vorwiderstand an kleinen Spielfiguren befestigt. Die Stromzuleitung wurde dadurch realisiert, dass die Leuchtdioden mittels Kabel mit zwei Steckern leitend verbunden wurden. Die Stecker befestigte man in den Spielfiguren, indem man Löcher in die Füße der Figuren bohrte und die Metallstecker dort platzierte (Abb. 7.36).



Abb. 7.36: Spielfigur ausgestattet mit einer Leuchtdiode und einem Vorwiderstand für die Anzeige der Schrittspannung.

Insgesamt werden für einen Versuch zwei Figuren verwendet. Eine von ihnen sollte einen großen Abstand zwischen den Füßen aufweisen, bei der zweiten Figur sollten die Füße ganz nah beieinander sein. Für die Durchführung des Versuches werden darüber hinaus eine Metallschüssel und eine größere Plastikschüssel benötigt. In der Metallschüssel wird am Rand ein kleines Loch gebohrt und dort eine Buchse für die Stromzufuhr eingebaut. Darüber hinaus wird der Schüsselrand mit nicht leitendem Klebeband isoliert. Die Schüssel aus Metall wird mit Blumenerde gefüllt und in die Plastikschüssel gestellt. Die beiden Behälter sowie die Blumenerde stellen nun modellhaft den Erdboden dar, in den ein Blitz bei einem Gewitter einschlägt. Der Blitzeinschlag wird durch einen Metallstab realisiert, der unter Spannung steht (Abb. 7.37). Der Stab wird in die Blumenerde gesteckt und mit Hilfe eines Kabels mit der Spannungsquelle ($\sim 12\text{ V}$) verbunden. Die in der Metallschüssel eingebaute Buchse steht ebenfalls durch ein Kabel mit der Spannungsquelle in Verbindung. Nach dem Anlegen der Spannung werden die Spielfiguren nacheinander an dieselbe Stelle in die Blumenerde gesteckt. Die Diode der Spielfigur, deren Füße einen Abstand aufweisen, leuchtet dabei hell auf. Die Leuchtdiode der Spielfigur, die ihre Füße zusammenhält, bleibt aus.



Abb. 7.37: Aufbau des Modell-Versuches zur Veranschaulichung der Schrittspannung.

Bei diesem Versuch empfiehlt es sich mit einer Geschichte in die Versuchsdurchführung einzusteigen, in der es sich um einen Bauern handelt, der von einem Gewitter im Freien überrascht wurde. Kinder sollten Vorschläge dazu machen, wie der Bauer sich zu verhalten habe. Alternativ können von dem Betreuer des Versuches Vorschläge geäußert werden wie „Der Bauer rennt schnell über das Feld zu seinem Bauernhof, um dort Schutz zu finden“ oder „Der

Bauer geht in die Hocke, stellt dabei die Füße ganz eng beieinander und wartet das Gewitter auf dem Feld ab“. Nachdem die einzelnen Versuchsbestandteile den Objekten in der Realität zugeordnet wurden, könnten beide Vorschläge an dem beschriebenen Versuch überprüft werden.

Ein zweites Modell zu den Vorsichtsmaßnahmen bei einem Gewitter wurde auf der Grundlage des Artikels von *Harrer et al.* [2008] konstruiert. Von den Autoren wird vorgeschlagen mit Hilfe einer Influenzmaschine, einer präparierten Spielfigur und einer Blechdose den Faraday'schen Käfig darzustellen und so auf einen sicheren Schutz in einem Auto bei einem Gewitter hinzuweisen. Dieser Versuch wurde im Rahmen des Labors durch weitere Elemente bezüglich der Sicherheit bei einem Gewitter ergänzt und wird daher im Rahmen dieser Arbeit ausführlich beschrieben.

Für die anschauliche Darstellung der Vorsichtsmaßnahmen wird, wie bereits erwähnt, eine Influenzmaschine verwendet. Diese simuliert die Blitzeinschläge. Die Maschine wird vorerst etwas umgebaut. Die kugelförmigen Aufsätze werden abgeschraubt und die beiden Kondensatoren werden mit Hilfe von Kabeln mit dem „Erboden“ und mit der „Gewitterwolke“ verbunden. Eine Metallschüssel mit einer eingebauten Buchse als Stromanschluss und eine Plastikschüssel, die mit der Blumenerde gefüllt wurde, dienen im vorliegenden Versuch als Erdboden. Darüber hinaus wird in der Erde ein spiralförmig aufgewickelter Draht versteckt. Dieser hilft die Ladungen in der ganzen Schüssel abzugreifen. Am Ende des Drahtes wird eine Krokodilklemme befestigt, um die Spielfigur sowie andere Objekte daran zu befestigen.

Die Gewitterwolke wird modellhaft mit dem kugelförmigen Aufsatz der Influenzmaschine dargestellt. Diesen Aufsatz spannt man in einer Stativklemme ein, sodass er senkrecht über dem „Erdreich“ hängt (Abb. 7.38). Um den Aufbau noch realistischer zu gestalten, wird ein Bild einer Gewitterwolke auf dem Stativ angebracht. Nun werden verschiedene Objekte mit dem in der Erde versteckten Draht verbunden und auf die Blumenerde gestellt um die Blitzeinschläge auf diese zu simulieren. Wird die Maschine betätigt, so schlagen Blitze in die Modellobjekte ein. Man kann z.B. eine Spielfigur in den Versuchsaufbau einbeziehen. Diese sollte stromleitend sein. Hierfür kann die Figur mit einer Metallkugel als Kopf und einer versteckten Metallstange im Körper leitend gemacht werden. Man zeigt den Kindern zuerst, dass ein Blitz in einen Menschen einschlagen kann, wenn er nicht rechtzeitig Schutz in einem Haus oder in einem Auto findet.



Abb. 7.38: Aufbau des Modell-Versuches zur Veranschaulichung der Gefahren und Vorsichtsmaßnahmen bei einem Gewitter.

Der Einsatz einer Spielfigur ist auch aus dem Grund sinnvoll, weil man damit demonstrieren kann, dass diese vom Blitz nicht getroffen wird, wenn sie sich in einem Auto befindet. Als solches dient eine Konstruktion aus Draht, die die Umrisse eines Autos wiedergibt. Das Dach wurde zusätzlich mit Alufolie verkleidet. Es wurde bewusst auf den Einsatz eines Spielautos aus Metall verzichtet, da gezeigt werden soll, dass nicht die Gummireifen für den Schutz des Menschen sorgen (erfahrungsgemäß sehen Kinder die Gummireifen des Autos als Schutz gegen den Blitzeinschlag an, da sie wissen, dass Gummi keinen Strom leitet). Insbesondere der „Vorher-Nachher-Effekt“, in diesem Fall „Spielfigur ohne Auto“ und anschließend „im Auto“ überzeugt die Kinder sehr.

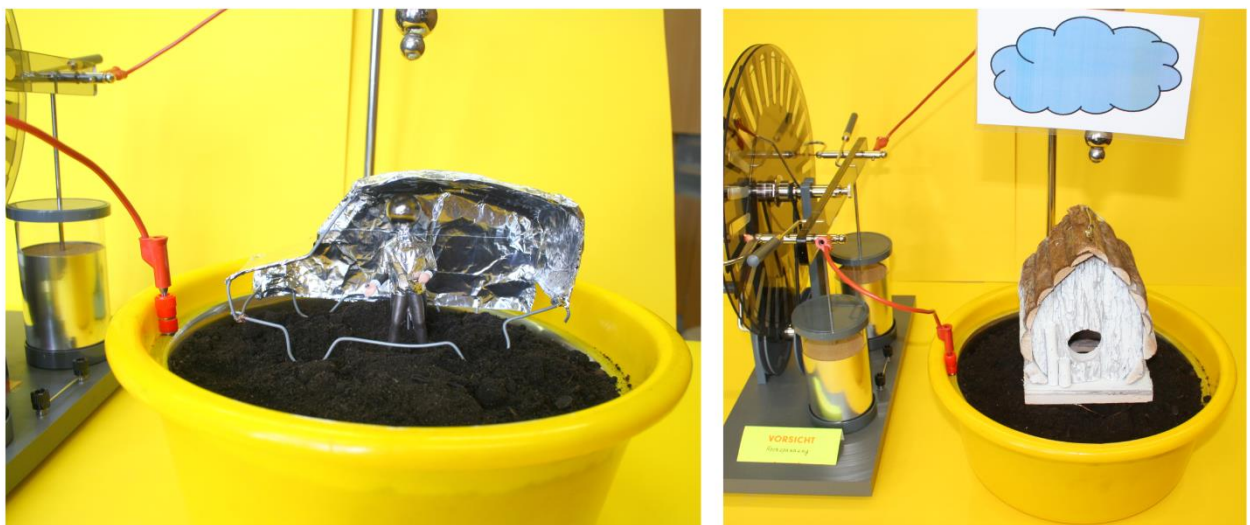


Abb. 7.39: Demonstration eines Blitzeinschlages in ein Modellauto und in ein Modellhaus mit einem Blitzableiter.

Weiterhin kann veranschaulicht werden, dass ein Blitzableiter am Haus eine wichtige Schutzmaßnahme darstellt. Dafür wird ein Hamsterhäuschen aus dem Tierbedarf mit einem „Blitzableiter“ versehen. Dieser wird aus einem langen Draht angefertigt und am Haus angebracht. Darüber hinaus kann im Rahmen des vorliegenden Versuches demonstriert werden, dass der Aufenthalt im Wasser während eines Gewitters lebensgefährlich ist. Dafür wird eine mit Alufolie ausgekleidete Schüssel mit Wasser gefüllt. Im Wasser wird ebenfalls ein spiralförmiger Draht versteckt. Die Wolke und das Wasser in der Schüssel werden mit der Influenzmaschine verbunden. Ins Wasser kann zusätzlich eine mit Alufolie verkleidete Spielfigur gelegt werden. Man stellt beim Betätigen der Maschine fest, dass der Blitz in die Spielfigur einschlägt, wenn sich diese im Wasser befindet. Auch der Blitzeinschlag ins Wasser kann problemlos demonstriert werden.

7.3 Astronomisch bedingte Phänomene auf der Erde

7.3.1 Jahreszeiten

Die Jahreszeitentstehung gehört laut zahlreichen Interessensbefragungen zu einem der interessanten Inhalte des Physik- bzw. Sachunterrichtes. Erfahrungsgemäß gehört dieses Naturphänomen zu den Themen, die mit vielen Fehlvorstellungen seitens der Schüler verbunden sind. So wird die Entstehung der Jahreszeiten oft auf die Variation des Sonne-Erde-Abstandes zurückgeführt. Die wahre Ursache der Jahreszeiten nämlich die Erdachsenneigung spielt auch bei weiterführenden Beschäftigungen mit der Umweltp Physik eine wichtige Rolle. So z.B. hat die Änderung der Erdachsenneigung einen Einfluss auf das Klima der Erde. Daher wurde beschlossen einen Versuch/Modell zur Veranschaulichung der Jahreszeitentstehung in den Stationenlauf aufzunehmen.

Theoretische Grundlagen zur Entstehung der Jahreszeiten

Wie bereits erwähnt, sind die Jahreszeiten auf der Erde auf die Achsenneigung zurückzuführen. Wieso die Neigung eine Temperaturänderung nach sich zieht, kann durch das Lambertsche Gesetz erklärt werden. Dieses Gesetz erläutert den Einfluss des Einfallswinkels auf die Strahlungsflussdichte. Unter der Strahlungsflussdichte wird dabei die ankommende Strahlung verteilt auf die beschienene Fläche verstanden. Das Lambertsche Gesetz wird durch die Be-

ziehung $J = J_0 \cdot \sin\beta$ mathematisch erfasst. Dabei ist J die Strahlungsflussdichte beim Einfallswinkel β und J_0 ist die Strahlungsflussdichte auf eine senkrechte Fläche (dies entspricht dem Einfallswinkel von $\alpha = 90^\circ$). Anhand des Gesetzes erkennt man, dass die Strahlungsflussdichte desto höher ausfällt, je näher der Einfallswinkel β an 90° herankommt. Beim senkrechten Einfall erreicht die Strahlungsflussdichte ihr Maximum. Das liegt daran, dass die ausgestrahlte Energie sich im Falle von $\alpha = 90^\circ$ auf eine kleinere Fläche verteilt als im Falle von $\beta < 90^\circ$ oder $\beta > 90^\circ$.

Die Neigung der Erdachse verursacht also eine Änderung des Einstrahlungswinkels auf die beiden Erdhalbkugeln im Verlauf eines Jahres: Die Erdachse ist um $23,5^\circ$ geneigt. Diese Achsenneigung ist in kurzen Zeiträumen betrachtet stabil. Bei der Bahndrehung der Erde um die Sonne behält die Erdachse also die gleiche Neigung bei. Darüber hinaus bleibt auch die räumliche Ausrichtung (nämlich zum Polarstern hin) zumindest für einige Jahrtausende ebenfalls gleich. Dies führt dazu, dass sich die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne sowohl mit der Nordhalbkugel als auch mit der Südhalbkugel zur Sonne hin ausrichtet. Dies entspricht in der Mittagszeit einem Einfallswinkel relativ nahe bei 90° . In der erstgenannten Stellung herrscht Sommer auf der Nordhalbkugel und Winter auf der Südhalbkugel. Nach einem Viertel der jährlichen Strecke um die Sonne befindet sich die Erde in der Stellung, in der beide Kugelhälften gleich beschienen werden. Es ist Herbst auf der Nordhalbkugel und Frühling auf der Südhalbkugel. In der nächsten Position wendet sich der Nordpol aufgrund der Ausrichtung und Neigung der Achse von der Sonne ab, dafür wird die Südhalbkugel zur Sonne hin ausgerichtet. Es ist Winter auf der Nordhalbkugel und Sommer auf der südlichen Hemisphäre der Erde. Die Abb. 7.40 stellt die einzelnen beschriebenen Positionen dar. [Bennett, 2010]

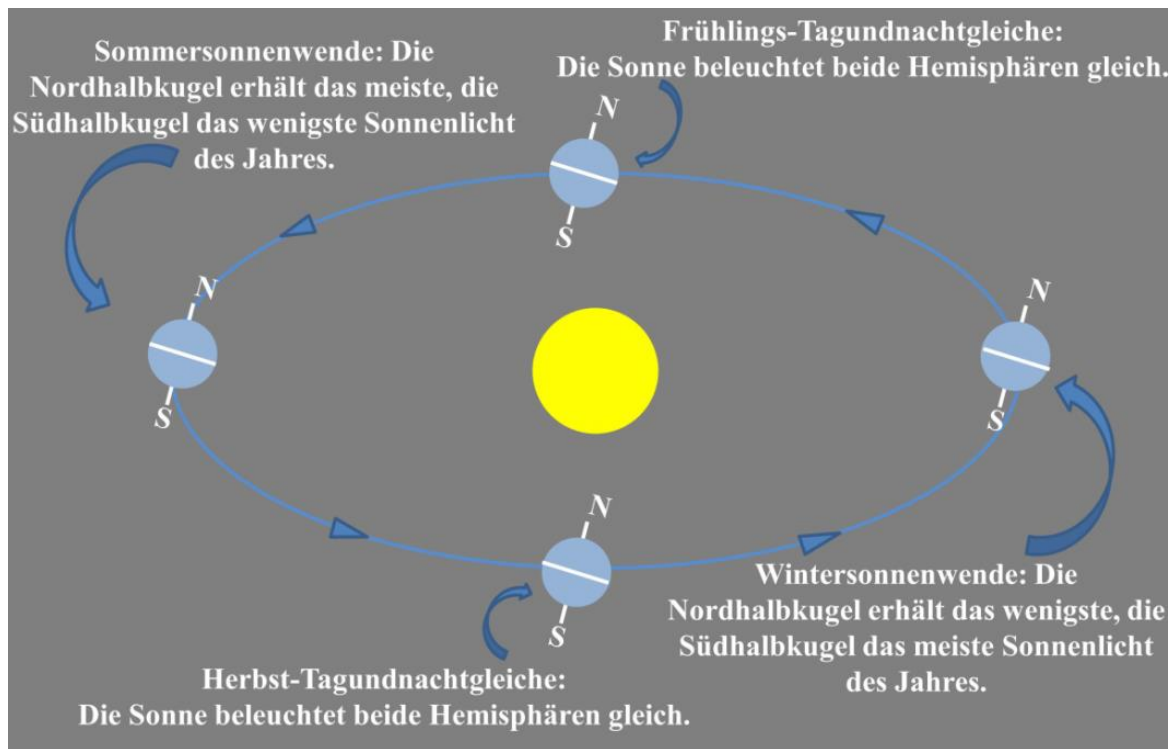


Abb. 7.40: Entstehung der Jahreszeiten auf der Erde (nach Bennett [2010, S. 49]).

Betrachtet man die Erdachsenneigung in langen Zeiträumen, also in mehreren Zehntausenden von Jahren, so stellt man fest, dass sie Änderungen unterliegt. Die Neigung kann zwischen Werten von 22° und 25° variieren (Abb. 7.41-links). Darüber hinaus führt die Erdachse eine Präzessionsbewegung aus (Abb. 7.41-rechts). Hierdurch verursachte Schwankungen wirken sich auf das Klima der Erde und auf die Ausprägungen der Jahreszeiten aus. Die Auswirkung auf die Jahreszeiten sieht in vereinfachter Betrachtung so aus: Ist die Achsenneigung hoch, so sind die Jahreszeiten extremer ausgeprägt. [Bennett, 2010]

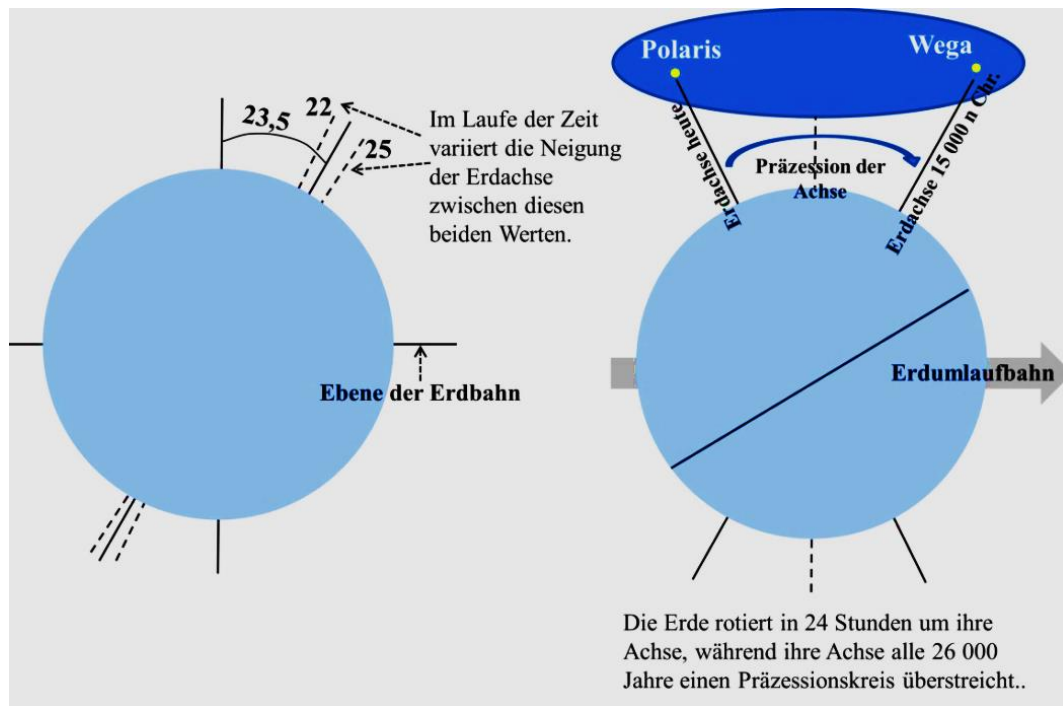


Abb. 7.41: Links: heutige Neigung der Erdatmosphäre; Rechts: die Präzession der Erdatmosphäre im Laufe der Jahrtausende (nach Bennett [2010, S. 428; S. 54]).

Die Neigung der Rotationsachse ruft also auf der Erde die Jahreszeiten hervor. Auch andere Planeten des Sonnensystems weisen Achsenneigungen auf, z.B. Mars. Allerdings unterliegt die Marsachse ständig Neigungsänderungen, aufgrund der gravitativen Einflüsse des Jupiters. Dadurch kann die Neigung der Marsachse im Verlauf einiger hunderttausend Jahre Werte zwischen 0° und 60° annehmen. Dies kann zu starken Temperaturunterschieden zwischen den einzelnen Jahreszeiten sowie zur langfristigen Änderung der mittleren Temperatur, also zu Klimaänderung führen. [Bennett, 2010]

Konstruktion des Versuches zur Veranschaulichung von Jahreszeiten

Es existieren zahlreiche Vorschläge in der didaktischen Literatur, wie die Jahreszeiten den Schülern verdeutlicht werden können. Die allgemein bekannten Versuche sind dabei die, bei denen eine Solarzelle benutzt wird um die Auswirkung des Neigungswinkels zu verdeutlichen oder auch die Verwendung einer Schokoladentafel, die einmal flach auf den Boden hingelegt und einmal in einem Winkel von etwa 90° zur Sonne oder einer Lampe aufgestellt wird. Andere Autoren schlagen vor, ein Modell der Erde von außen zu betrachten und die Verteilung eines Lichtkegels auf der Erdoberfläche bei verschiedenen Stellungen der Erde um die Sonne zu beobachten.

Im vorliegenden Modell werden die beiden letztgenannten Vorschläge kombiniert und zu einem Versuch zusammengefasst. Hierfür werden nur wenige Gegenstände benötigt. Daher ist dieses Modell nicht nur im Rahmen von Schülerlaborveranstaltungen, sondern auch im normalen Schulbetrieb zu empfehlen.

Als Modell der Erde dient eine Styroporkugel. Mit einem Holzspieß wird die Erdachse dargestellt, einen Kork-Ring benutzt man als Untersetzer für die Styroporkugel. Die Sonne wird entsprechend mit einer leistungsstarken Lampe simuliert. Darüber hinaus wird für den vorliegenden Versuch eine Stoppuhr und eine kleine Tafel Schokolade gebraucht. In der Verpackung der Schokoladentafel wird ein kleines Fenster herausgeschnitten. Die Tafel wird anschließend mit Hilfe eines doppelseitigen Klebebandes auf der Nordhalbkugel der „Erde“ platziert und von der Lampe in einem kleinen Abstand beschienen. Die Modell-Erde sollte so aufgestellt werden, als ob auf der Nordhalbkugel gerade Sommer wäre. Während die Schokolade von der Lampe beschienen wird, sollte die Zeit gestoppt werden (man lässt die Lampe je nach Leistung drei bis fünf Minuten leuchten). Danach wird die „Erde“ in die Stellung gebracht in der auf der Nordhalbkugel Winter ist. Eine weitere Tafel Schokolade soll erneut als Indikator für die dort ankommende Strahlung dienen. Man stoppt dabei die Zeit und achtet darauf, dass die zweite Schokoladentafel dieselbe Zeit lang von der Lampe beschienen wird.

Wichtig wäre es außerdem den Abstand zwischen der „Sonne“ und der „Erde“ gleich zu halten. Um dieses zu verdeutlichen, kann man Schüler den Abstand vor jedem Teilversuch selbst vermessen und einstellen lassen.



Abb. 7.42: Aufbau des Versuchs zur Veranschaulichung der Jahreszeitenentstehung. Links: Sommer, auf der Nordhalbkugel rechts: Winter auf der Nordhalbkugel.

Die Jahreszeiten lassen sich mit Hilfe dieses relativ simplen Versuches eindrucksvoll demonstrieren. Anhand der unterschiedlichen Konsistenz der beiden Schokoladentafeln, erkennen Kinder schnell, dass die Neigung der Erdachse für die Entstehung der Jahreszeiten verantwortlich ist.

7.4 Modelle bzw. Versuche zur Erkundung der Hydrosphäre

7.4.1 Gezeiten

Bisher wurden Phänomene der Geosphäre, der Atmosphäre und die astronomisch bedingten Naturphänomene auf der Erde wie die Jahreszeiten betrachtet. Die Hydrosphäre, eine weitere nicht weniger wichtige Sphäre der Erde, wurde bisher in keinem Modell berücksichtigt. Die neue Veranstaltung des Schülerlabores zum Thema „Planet Erde“ sollte den Grundschulern einen Überblick über unseren einzigartigen und faszinierenden Heimatplaneten verschaffen, dazu gehört neben den bereits aufgezählten Bereichen auch die Hydrosphäre der Erde. Daher wurde entschieden, die Entstehung der Gezeiten im Rahmen eines selbstentwickelten Modells zu thematisieren.

Theoretische Grundlagen zu den Gezeiten auf der Erde

Eine ausführliche Erklärung und Vorausberechnung von Ebbe und Flut erfolgt durch die Berücksichtigung von astronomischen, topographischen und hydrodynamischen Aspekten. [Glebe, 2011] Im Rahmen dieser Arbeit wird man sich aus kapazitativen Gründen auf die Betrachtung grundlegender, also astronomischer, Aspekte begrenzen. Die Ursache des Phänomens, nämlich die Gravitation zwischen Erde und Mond, wird zuerst erläutert. Anschließend wird auf einige weitere astronomische Faktoren eingegangen, die die Erklärung von Ebbe und Flut präzisieren, jedoch auch das Verständnis der Gezeitenentstehung erschweren, falls sie alle gleichzeitig betrachtet werden.

Zwei Ansätze können genutzt werden um die Herkunft der Gezeitenkräfte zu erklären. Der erste Ansatz beruht auf der Betrachtung der Bewegung der Erde und des Mondes auf kreisförmigen Bahnen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Dabei ist je nach verwendetem Bezugssystem die Zentripetal- bzw. die Zentrifugalbeschleunigung an allen Orten der Erde vom Betrag und Richtung gleich groß, weil alle Punkte der Erde Kreisbahnen mit gleichem Radius beschreiben. Die Gezeitenbeschleunigung errechnet sich aus der Differenz der Gravitationsbeschleunigung und der Zentripetalbeschleunigung bzw. (bei der Betrachtung eines anderen Bezugssystems) aus der Summe der Gravitations- und Zentrifugalbeschleunigung. [Primer, Schön, 2004]

Im zweiten Ansatz, der hier favorisiert und daher ausführlicher beschrieben wird, betrachtet man die Erde im Gravitationsfeld des Mondes. Die Bahnbewegungen der beiden Körper werden nicht berücksichtigt. Die Erde erfährt im inhomogenen Gravitationsfeld des Mondes eine Gravitationsbeschleunigung, die vom Quadrat des Abstandes abhängt. Daher ist die Gravitationsbeschleunigung auf der dem Mond zugewandten Seite der Erde (im Ort Z der Abb. 7.43) größer als im Zentrum der Erde (im Ort M) und im Zentrum wiederum größer als auf der dem Mond abgewandten Seite (im Ort A). In der Formelsprache ausgedrückt beträgt die Gravitationsbeschleunigung a in den drei Orten der Erde:

$$\text{Gravitationsbeschleunigung im Erdmittelpunkt (M): } a_M = G \cdot \frac{M_M}{r^2};$$

$$\text{Gravitationsbeschleunigung im Punkt (Z): } a_Z = G \cdot \frac{M_M}{(r-R)^2};$$

$$\text{Gravitationsbeschleunigung im Punkt (A): } a_A = G \cdot \frac{M_M}{(r+R)^2},$$

dabei ist M_M die Masse des Mondes, r der Abstand zwischen dem Erdmittelpunkt und dem Mond, $r - R$ der Abstand zwischen dem Mond und dem Ort Z , $r + R$ der Abstand zwischen dem Mond und dem Ort A . Aus den oberen Gleichungen erkennt man, dass $a_A < a_M < a_Z$ gilt. Als Gezeitenbeschleunigung wird die Differenz der Gravitationsbeschleunigungen an zwei Orten bezeichnet. Für die Gezeitenbeschleunigung gilt im Allgemeinen:

$$a_{\text{Gez}} = G \cdot M_M \frac{4R}{r^3} \quad [\text{Boer et al., 2001}]$$

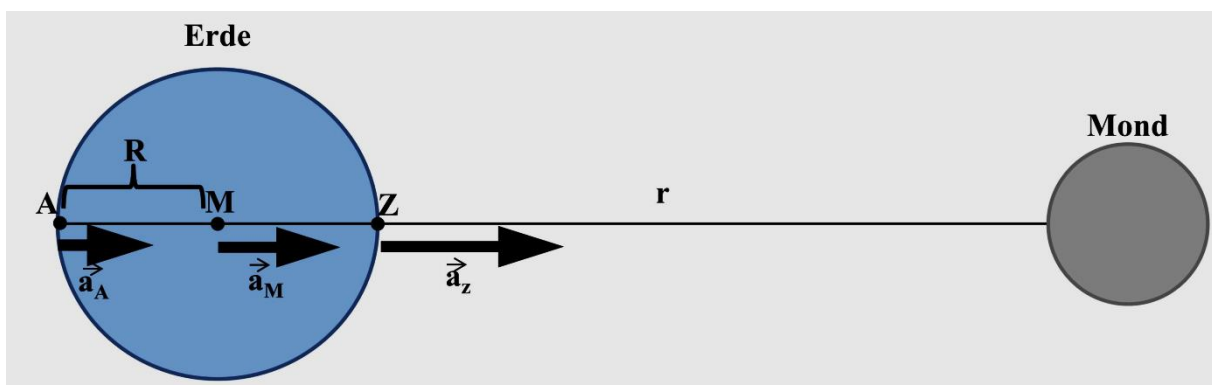


Abb. 7.43: Gravitationsbeschleunigung an verschiedenen Orten der Erde (nach Boer et al., [2001, S. 113]).

Demnach wird die Erde am Ort Z schneller zum Mond beschleunigt als ihr Mittelpunkt. Im Erdmittelpunkt ist die Beschleunigung Richtung Mond stärker als im Ort A . Da die Erde ein starrer Körper ist, wird sie infolge der unterschiedlichen Beschleunigungen nicht auseinandergezogen, es bilden sich lediglich zwei Wasserberge die als Flutberge oder Gezeitenwellen bezeichnet werden (Abb. 7.44). [Boer et al., 2001]

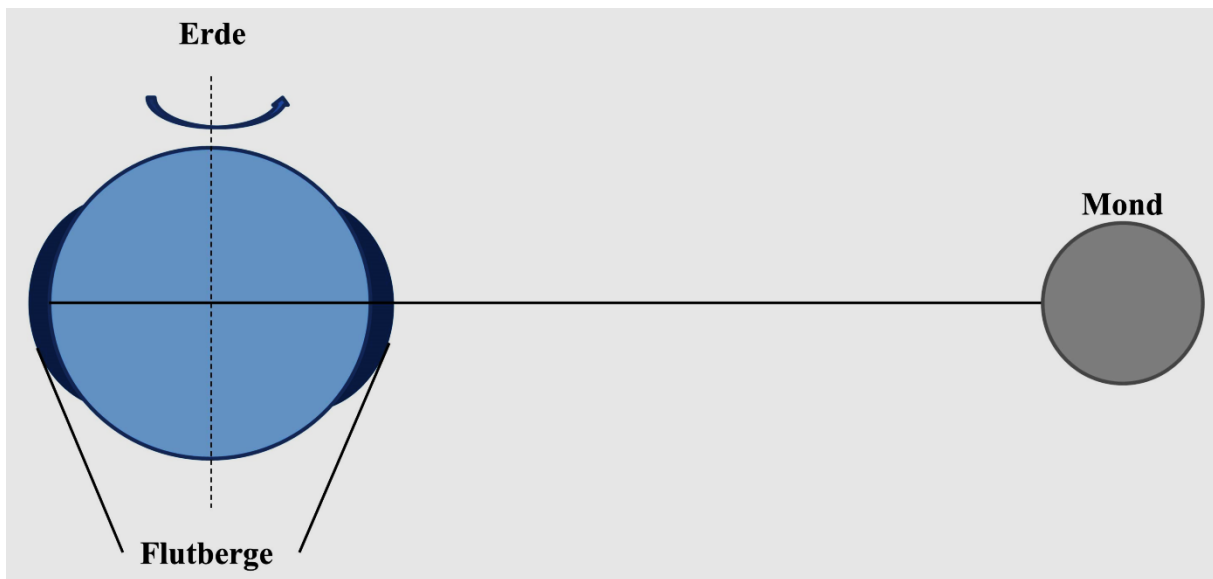


Abb. 7.44: Schematische Darstellung der Flutberge (nach Boer et al., [2001, S. 113]).

Der beschriebene Entstehungsmechanismus von Gezeiten auf der Erde ist ein vereinfachtes physikalisches Modell, das die Entstehung von Ebbe und Flut den Schülern der Sekundarstufe II nahe legt. Es existieren viele weitere in diesem Modell nicht berücksichtigte Faktoren, die die Gezeiten beeinflussen. In der Schule sollten diese Faktoren frühestens in der Sekundarstufe II angesprochen werden. Für wissenschaftliche Zwecke wie z.B. für die Vorausberechnungen von Hoch- und Tiefwasser, sind sie jedoch unerlässlich und werden daher hier erläutert. Man unterscheidet dabei zwischen den zeit- und ortsabhängigen Effekten. Auf den erstgenannten Faktor wird im Folgenden zuerst ausführlich eingegangen. [Glebe, 2010]

Aus Beobachtungen der Gezeiten ist bekannt, dass die übernächste Flut, also praktisch die Flut am Folgetag etwa 50 Minuten später eintritt. Dies lässt sich relativ einfach erklären: Die Erde rotiert unter den Flutbergen hindurch. Würde der Mond immer in derselben Position verharren, würden die Flutberge aufgrund der Erdrotation immer zu etwa demselben Zeitpunkt auf die Küste treffen. Der Erdtrabant rotiert jedoch in 27,3 Tagen um den Planeten herum. In einem Tag wandert er also etwa $13,9^\circ$ weiter ($360^\circ/27,3$ Tage). Dies entspricht ca. 3,66% der gesamten Umrundung. Bezogen auf 24 Stunden ergibt diese Prozentzahl 53 Minuten. Diese Zeitspanne ist allerdings nicht immer erfüllt. Zwei Mal im Monat weicht die tägliche Verspätung von der theoretischen Rechnung besonders stark ab. Dies lässt sich dadurch erklären, dass große Wellen z.B. bei Vollmond, eine höhere Geschwindigkeit aufweisen und die Verspätung dadurch verringern. Kleinere Flutwellen, wie bei Halbmond, breiten sich langsamer aus (die Gründe für den „Einfluss“ der Mondphasen werden gleich erläutert). Dies führt zu einer großen täglichen Verspätung. [Glebe, 2010]

Nicht nur die Zeiten sondern auch die Höhe des Tidenhubs unterliegt starken Schwankungen (Abb. 7.45). Dies hängt mit der Änderung der Mondposition im Verlaufe eines Monats zusammen. Der Mond umkreist die Erde, dabei steht er an unterschiedlichen Tagen in verschiedenen Winkeln relativ zur Sonne. Wie genau die Stellung des Mondes die Gezeiten beeinflusst, ist aus der Abb. 7.46 ersichtlich: Sonne und Mond verursachen beide zusammen Gezeitenkräfte auf der Erde. Die Sonne ist zwar viel massereicher als der Mond jedoch auch viel weiter von der Erde entfernt. Der Mond ist zwar viel masseärmer, sein Abstand zur Erde ist jedoch viel geringer. Da die Entfernung mit der dritten Potenz in die Berechnung der Gezeitenkräfte eingeht und die Masse nur mit der ersten, dominiert die Wirkung der Entfernung. Berechnet man die Gezeitenkräfte, die von beiden Himmelskörpern verursacht wurden, so stellt man fest, dass die Gezeitenkraft des Mondes etwa 2,17-mal größer ist als die der Sonne.

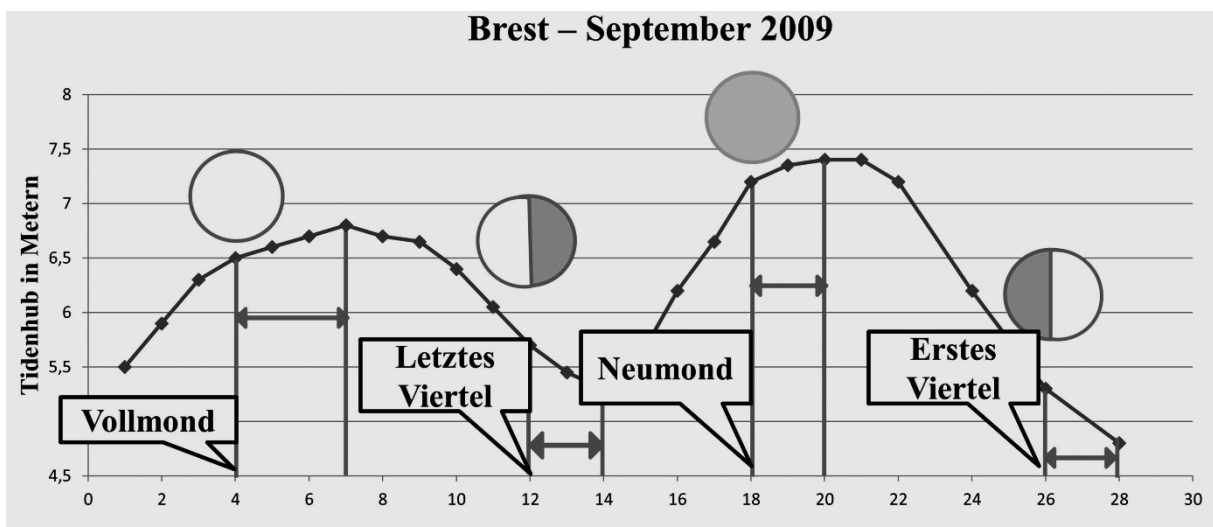


Abb. 7.45: Tidenhub zu unterschiedlichen Mondphasen (nach Glebe [2010, S. 48]).

Bei Vollmond steht der Erdtrabant in Opposition zur Sonne. Das heißt die beiden gezeitenrelevanten Körper Sonne und Mond stehen in einer Linie. Die Anziehungskraft der Sonne und des Mondes sowie die resultierende Gezeitenkraft wirken ebenfalls entlang dieser Linie. Bei Vollmond addieren sich also die Gezeitenkraft der Sonne und die des Mondes und verstärken den Tidenhub auf der Erde. Man nennt es Springflut. Bei Neumond herrscht dieselbe Situation (Abb. 7.46-links). Beim abnehmenden und zunehmenden Mond sind Ebbe und Flut weniger stark ausgeprägt, da die Gezeitenkraft der Sonne und die des Mondes senkrecht zueinander stehen. Dadurch ist der Tidenhub schwächer ausgeprägt (Abb. 7.46-rechts). Man nennt dies Nippflut. Das Maximum der Springflut liegt jedoch nicht exakt bei Voll- bzw. Neumond, wie aus der Abb. 7.45 ersichtlich ist. Dies liegt zum einen an der Trägheit des Wassers, zum

anderen an der Abbremsung des Wassers durch die Küsten sowie an dem Auftreten miteinander interferierenden Wellen. [Glebe, 2010]

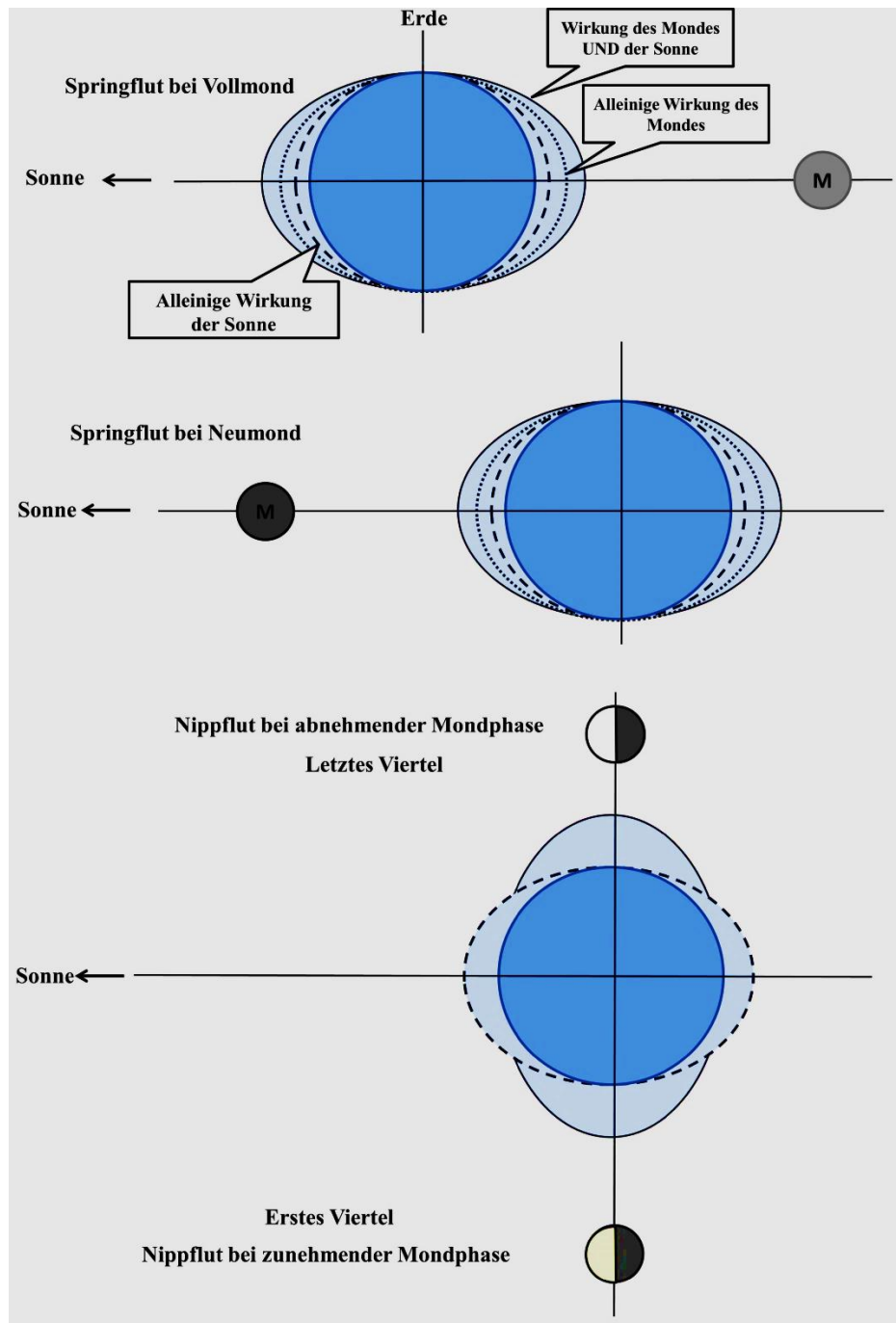


Abb. 7.46: Himmelskörperkonstellationen bei Voll-, Neumond sowie beim abnehmenden und zunehmenden Mond (nach Glebe [2010, S. 45, 46]).

Darüber hinaus erkennt man aus der Abb. 7.45, dass der Tidenhub zu Vollmond und Neumond unterschiedlich stark ausfällt. Dies liegt daran, dass die Umlaufbahn des Mondes nicht kreis-, sondern ellipsenförmig ist. Das bedeutet wiederum, dass der Mond mal einen größeren mal einen kleineren Abstand zur Erde aufweist. Im Laufe eines Jahres steht also der Erdtra-

bant einmal bei Vollmond, einmal bei Neumond näher an der Erde, man spricht dabei von Vollmond- bzw. Neumond-Dominanz. Manchmal ist der Abstand Erde-Mond bei Voll- und bei Neumond etwa gleich groß, Abb. 7.47-links. Eine logische Schlussfolgerung aus dieser Abbildung wäre, dass die Dominanzperioden ein halbes Jahr andauern. Dieses ist jedoch nicht der Fall, im Durchschnitt handelt es sich um Perioden von etwa 200 Tagen. Es liegt daran, dass der Mondorbit in etwa 8,85 Jahren eine Umdrehung gegen den Uhrzeigersinn vollzieht (Abb. 7.47-rechts). Auf ein Jahr bezogen ergibt sich eine Drehung um etwa 40° ($360^\circ/8,85$ Jahre). Bis der Mond die ursprüngliche Position bei Voll- oder Neumond annimmt, muss er sich rund 11% mehr weiterdrehen ($40^\circ \cdot 100\%/360^\circ=11\%$). Dies entspricht einer zusätzlichen Zeitdauer von etwa 20 Tagen. Somit beträgt die Dominanzperiode kein halbes Jahr sondern rund 202 Tage. [Glebe, 2010]

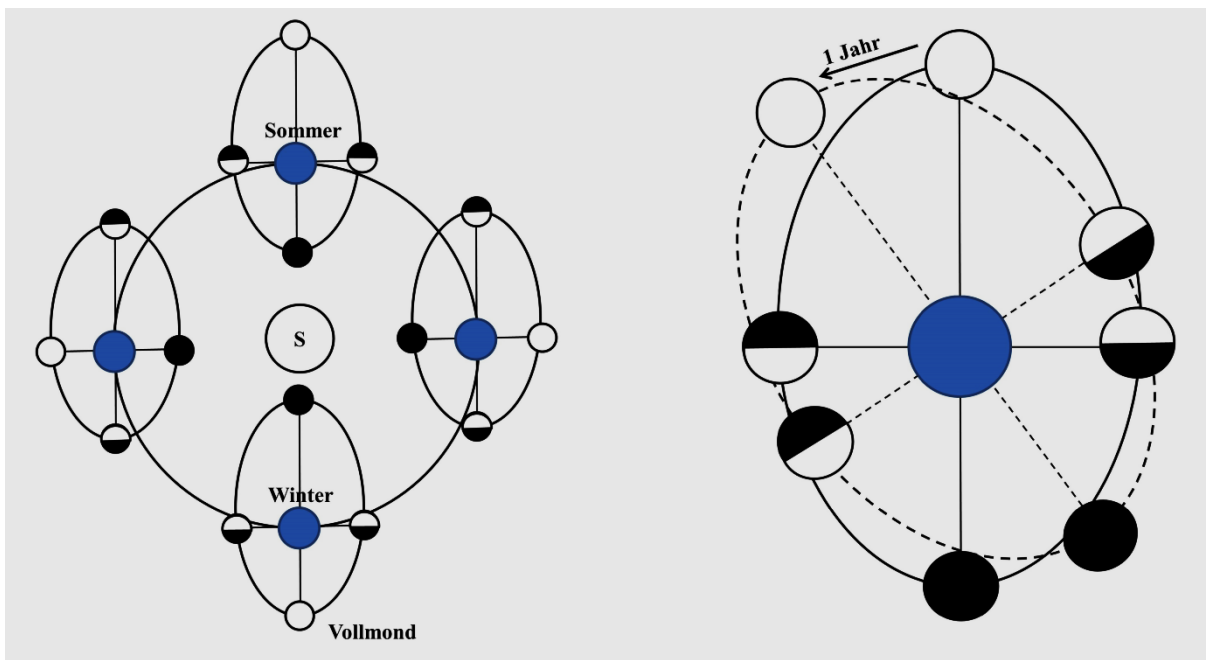


Abb. 7.47: Links: Mondbahn im Verlauf eines Jahres ohne Berücksichtigung der Mondorbitrotation. Rechts: Mondorbitrotation (nach Glebe [2010, S. 41]).

Darüber hinaus ergibt sich zur Tagundnachtgleiche eine ebenfalls besondere Situation. Hier liegen die Maxima von Springfluten und die Minima von Nippfluten. Der Grund liegt darin, dass die Erde im Verlauf eines Jahres eine Rotation um die Sonne vollführt und dabei ihre Achsausrichtung beibehält. Dies hat folgende Konsequenzen für die Gezeiten: Wie bereits erläutert, existieren zwei Gezeitenkomponenten, die der Sonne und die des Mondes. Zur Tagundnachtgleiche liegen die Gezeitenkräfte der beiden Himmelskörper in einer Ebene und die beiden Komponenten addieren sich. Zu allen anderen Zeitpunkten existieren jedoch zwei Gezeitenkomponenten, die in unterschiedlichen Ebenen liegen. [Glebe, 2010]

Zu den Langzeiteffekten gehören der 4,4-jährige Zyklus der Extremspringfluten und der 18-jährige Rhythmus: Auf diese wird im Folgenden nur kurz eingegangen: Es wurde bereits erläutert, dass die Springflut bei der Tagundnachtgleiche am stärksten ist. Etwa alle 4,4 Jahre ist sie besonders stark ausgeprägt, man spricht von Jahrzehnt-Extremflut. Ihr Auftreten lässt sich folgendermaßen erklären: Nicht nur der Mond vollzieht eine Umdrehung um die Erde sondern auch die Mondbahn tut es. Sie benötigt allerdings etwa 8,85 Jahre dafür. Die extremen Springfluten treten sowohl bei Vollmond als auch bei Neumond, also zwei Mal in dieser Periode auf. Man erhält also einen 4,4-jährigen Zyklus der Extremfluten. Der 18-jährige Zyklus hängt mit der Mondbahnneigung zusammen. Diese variiert von -5° bis $+5^\circ$ im Zeitraum von 18,6 Jahren. Dadurch steigt das Meeresniveau innerhalb von etwa 9 Jahren um ca. 3% pro Jahr an und sinkt wiederum in den nächsten 9 Jahren um den gleichen Betrag. Dies hat wiederum eine Auswirkung auf die Höhe der gemessenen Flut. Erklären lässt sich dies durch den folgenden Sachverhalt. Je kleiner die Neigung der Mondbahn, desto größer ist die Gezeitenkraft bei Voll- und Neumond. [Glebe, 2010]

Neben den beschriebenen zeitabhängigen Effekten, die einen astromischen Ursprung aufweisen, müssen bei Vorausberechnungen von Gezeiten auch die ortsabhängigen Effekte berücksichtigt werden. Diese sind geographischen Ursprungs und hängen von Küstenverlauf und der Meerestiefe ab. [Glebe, 2010] Von der ausführlichen Betrachtung der örtlichen Auswirkungen auf die Gezeiten wird hier jedoch abgesehen.

Die ausführliche Analyse der theoretischen Grundlagen der Gezeiten auf die Erde zeigt, dass es sich bei diesem Phänomen um einen komplexen Sachverhalt handelt. Um die Entstehung von Ebbe und Flut Grundschulkindern nahezubringen, empfiehlt es sich, sich auf die wesentlichen Aspekte der Gezeiten zu konzentrieren. Die Existenz von zwei Flutbergen, die Erdrotation unter den Flutbergen hinweg sowie die Bewegung der Flutberge im Verlauf eines Monats stellen die grundlegenden Phänomene dar, auf denen das Modell zur Darstellung der Gezeiten basieren soll. Das selbständig entwickelte und konstruierte Modell wird im Folgenden ausführlich erläutert.

Konstruktion des Modells der Gezeiten

Bei dem selbstentwickelten Modell zur Veranschaulichung der Gezeiten handelt es sich um eine veränderte Art des Telluriums. Für seine Konstruktion wird als erstes ein alter Globus benötigt. Die Globuskugel stellt den Erdkörper dar und bildet die Grundlage für das vorlie-

gende Modell. Der Aufkleber mit der Karteninformation wird entfernt und der mittlere Teil des Globus (etwa 10 cm breit) wird herausgesägt, sodass zwei verkleinerte Kugelhälften übrig bleiben (Abb. 7.48). Diese werden nun auf folgende Weise weiterverarbeitet. Damit beide Kugelhälften zusammenhalten, müssen sie mit Hilfe eines Bogens miteinander verbunden werden. Dieser Bogen stellt eine Art Griff dar, der aus einem Kupferröhrchen angefertigt wird. So ein Griff wird bei den handelsüblichen Globussen für die Breitengradeinteilung genutzt. Darüber hinaus sollten zwei Ringe aus einem Kupferblech ausgeschnitten und an den beiden Enden des Kupferröhrchens festgelötet werden, damit der Bogen an den Kugelhälften befestigt werden kann. Die Ringe klebt man mittig auf die Oberfläche der Kugelhälften mit einem geeigneten Kleber. So bleiben die beiden Globusteile miteinander verbunden und der „Erdkörper“ kann per Hand um die eigene Achse rotiert werden.

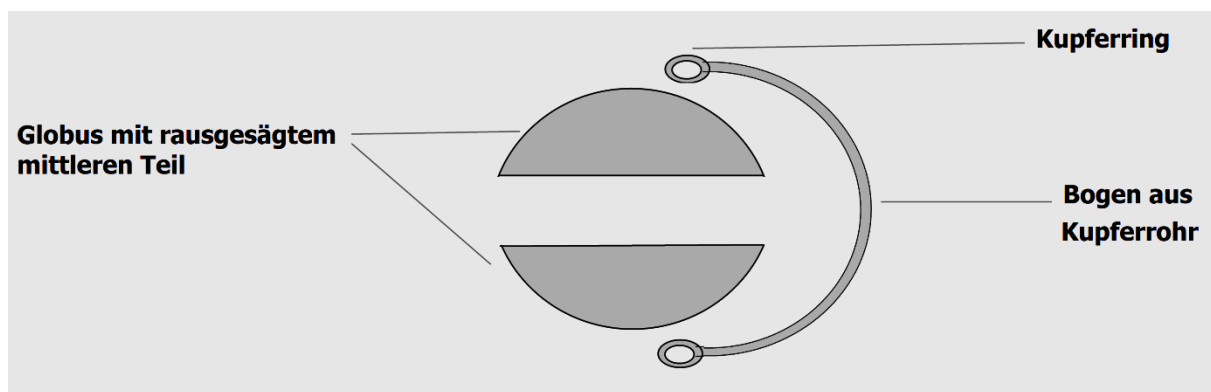


Abb. 7.48: Konstruktion des Modell-Erdkörpers aus einem alten Globus, der mittlere Teil des Globus wird ausgesägt.

Die gezeitenbedingten Flutberge werden durch zwei Acrylglaskugelhälften (etwa 10 cm Durchmesser) realisiert. Es empfiehlt sich auch hier nur den oberen Teil der Kugelhälfte zu verwenden, das untere Stück kann abgesägt werden (Abb. 7.50-rechts). Mehrere Plastikrohre (z.B. Kabelisoliationsrohre aus dem Baumarkt) werden im vorliegenden Modell als Achsen genutzt. Es wird eine „Erdachse“, eine „Mondachse“, eine „Mondbahnachse“ und eine Achse für die „Flutberge“ benötigt. Die Rohre werden für die Achsenkonstruktion durchbohrt und ineinandergesteckt (Abb. 7.49). Zum Bohren der Plastikrohre empfiehlt es sich einen Holzrundbohrer zu verwenden und ihn sowie das Rohr während des Bohrens zu kühlen. Die durchbohrten Löcher sollten anschließend glatt geschliffen werden. Bevor die Achsen jedoch miteinander verbunden werden, muss ein weiteres entscheidendes Bauteil in ihnen Platz finden. Es handelt sich dabei um ein Spritzensystem, mit dem die künstlichen Flutberge herausgeföhren werden.

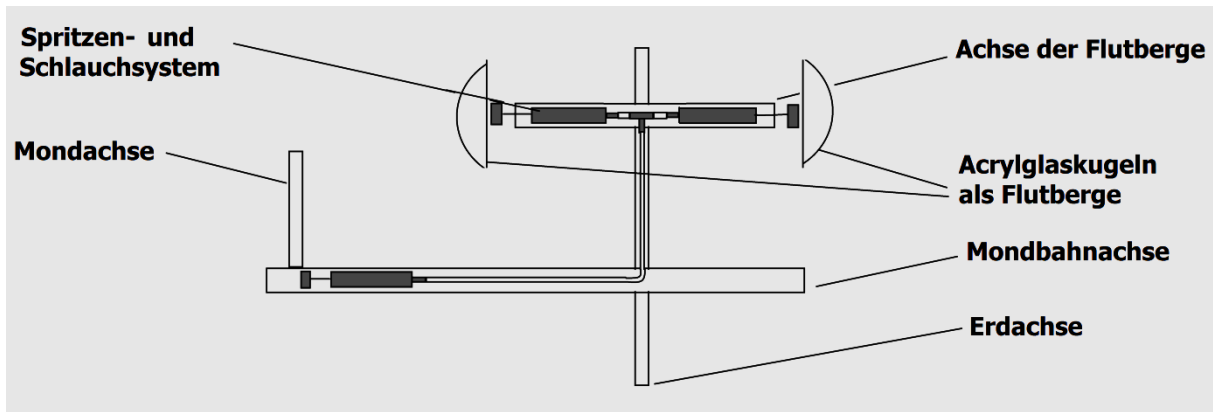


Abb. 7.49: Die Achsen und das darin eingebaute Spritzen-Schlauchsystem.

Das System besteht aus zwei kleineren und einer größeren Spritze, passend zum Durchmesser der Rohre (Abb. 7.50). Drei Gummischläuche und ein T-Stück aus Plastik verbinden sie zu einer hydraulischen Presse. Die Schläuche müssen luftdicht an den Spritzen und am T-Stück anliegen und fest mit ihnen verbunden sein. Hierfür kann man aus einem dickeren Kupferdraht mehrere Schellen anfertigen. Zieht man diese an den Verbindungsstellen fest, so gehen die Schläuche nicht von den Spritzen ab. Darüber hinaus sollten die Schläuche an den Verbindungsstellen mit etwas Heißkleber abgedichtet werden.



Abb. 7.50: Die hydraulische Presse sorgt für das „Herausfahren der Flutberge“.

Diese hydraulische Presse wird in den Achsen des Modells verbaut. Die zwei kleineren Spritzen, zwei Schläuche und ein T-Stück werden im Inneren der Flutbergachse mit Hilfe von Kabelbindern befestigt (Abb. 7.49 und Abb. 7.50-rechts). Dafür müssen im Plastikrohr an den passenden Stellen kleine Löcher gebohrt werden. Anschließend werden an die Kolben der beiden Spritzen die Acrylglaskugelhälften geklebt. Der dritte Schlauch findet in der „Erdachse“ und in der Mondbahnachse Platz. Die große Spritze baut man ebenfalls in der „Mondbahnachse“ ein. Zur Betätigung des Mechanismus ist allerdings eine weitere Änderung in der „Mondbahnachse“ notwendig: Eine rechteckige Öffnung am Ende der Achse dient dazu den Kolben der großen Spritze freizulegen. Dieser Kolben wird mit der „Mondachse“ fest verbun-

den. Er und die „Mondachse“ bilden somit den Betätigungsmechanismus für die hydraulische Presse. Das Spritzen-Schlauch-System wird vor der Inbetriebnahme mit Leitungswasser blasenfrei gefüllt.

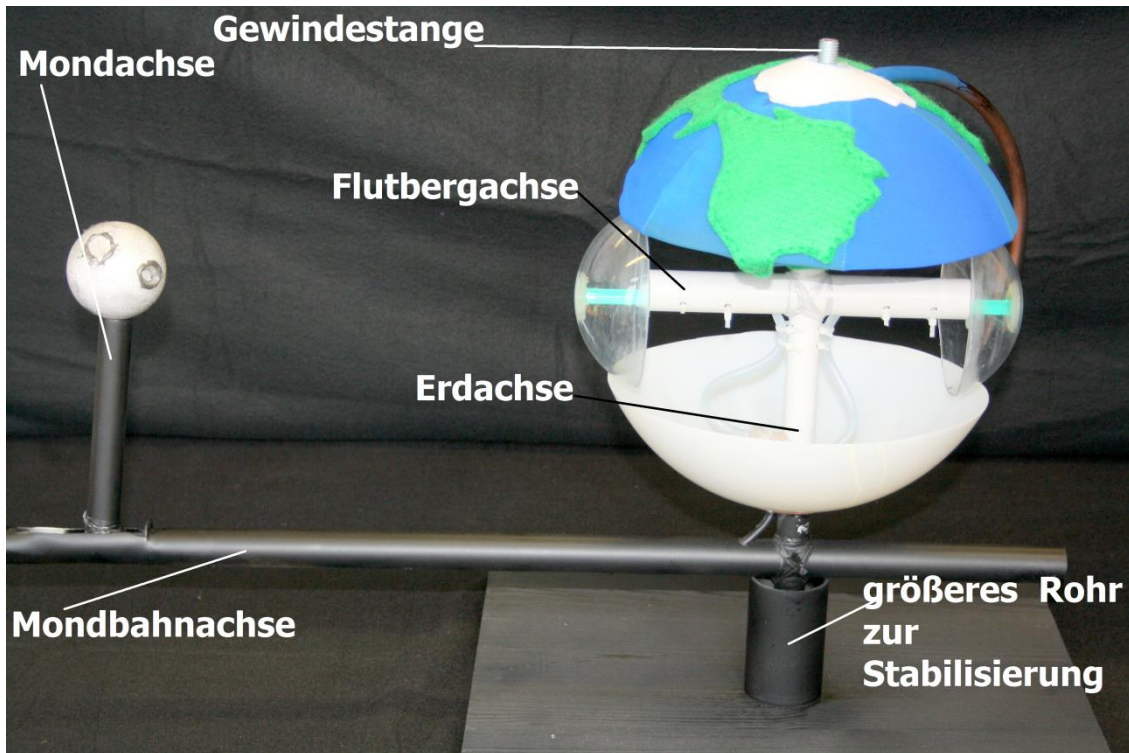


Abb. 7.51: Das zusammengebaute Modell mit all seinen Achsen.

Die „Erdachse“ wird mit der „Flutbergachse“ sowie mit der „Mondbahnachse“ fest verbunden (Abb. 7.51). Es wird empfohlen, die Rohre miteinander zu verkleben und die Verbundstelle anschließend mit Draht oder Wäscheleine festzuziehen. Es ist darauf zu achten, dass die Flutbergachse parallel zur Mondachse ausgerichtet wird. Die komplette Achsenkonstruktion wird auf eine Gewindestange gesetzt. Diese findet wiederum Halt in einem rechteckigen Stativfuß aus Holz. Um der Achsenkonstruktion Stabilität zu verleihen, empfiehlt es sich ein kürzeres breiteres Rohrstück auf den unteren Teil der „Erdachse“ zu setzen. Dieses bildet eine Auflagefläche für die „Mondbahnachse“. Die „Mondachse“, die „Mondbahnachse“ und der Stativfuß werden schwarz lackiert, damit der Erdkörper bei der Durchführung des Modells im Vordergrund steht. Unterhalb sowie oberhalb der oberen Globushälfte wird auf die Gewindestange eine Mutter geschraubt. Zieht man diese obere Mutter fest, so ist der „Erdkörper“ nicht beweglich. Wird sie gelockert, kann der Globus auch um die eigenen Achse rotieren (Abb. 7.52).

Die Globushälften werden nun mit einem elastischen Stoff umspannt, um dem Erdkörper eine möglichst realitätsnahe Erscheinung zu verleihen. Ein Bezug eines Relax-Kissens in Form

eines Balles hat sich dabei als sehr gut geeignet erwiesen. In diesen wird ein Reißverschluss eingenäht, um den Bezug jederzeit abnehmen zu können. Das Modell ist nun so konstruiert, dass es sich problemlos auseinanderbauen lässt, um das Spritzensystem neu mit Wasser zu befüllen.

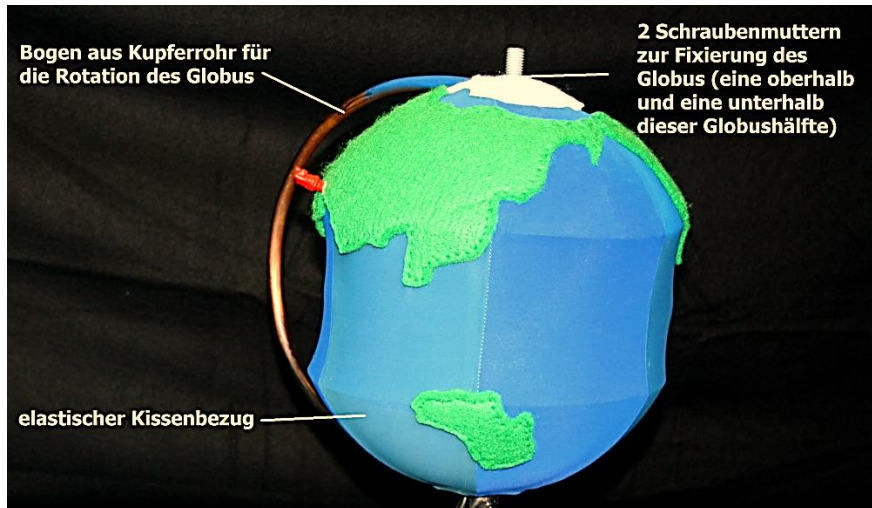


Abb. 7.52: Ein Kissenbezug dient für eine realistische Gestaltung des Modell-Erdkörpers.

Darüber hinaus sollte das Modell mit einer Zeit- sowie einer Tageseinteilung ausgestattet werden. Diese sollte mit der weißen Farbe auf einem schwarzen Karton gemalt und laminiert werden. Sie kann bei Bedarf auf den Fuß des Modells gesetzt werden (Abb. 7.53).

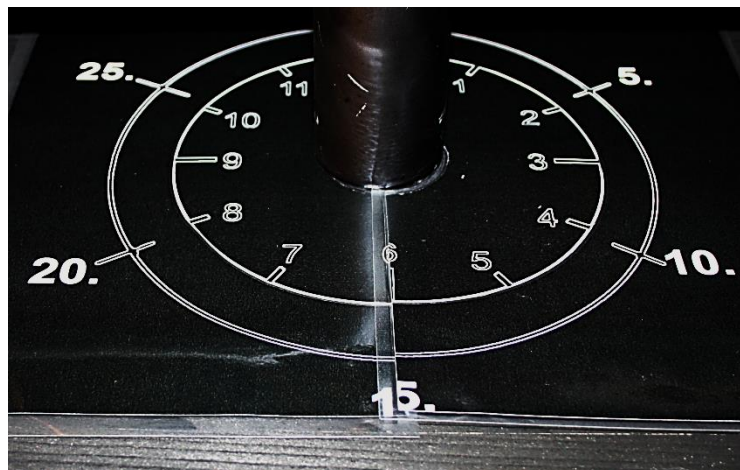


Abb. 7.53: Die Zeit- sowie die Tageseinteilung auf dem Holzfuß des Modells.

Für den Einsatz des beschriebenen Modells wird die folgende Vorgehensweise vorgeschlagen: Es empfiehlt sich einen Perspektivenwechsel mit den Kindern zu üben. Dafür wird den Kindern zu Beginn der Durchführung eine Geschichte erzählt: Sie seien nun die Raumfahrer und beobachten die Erde von der Raumstation aus. Eine Spielfigur, die auf das Modell aufgesetzt wird, stellt einen Freund dar, der seinen Urlaub an der Nordsee verbringt. Zuerst wird

angenommen, dass der Planet Erde genauso wie Merkur und Venus keinen natürlichen Trabanten besitzt. Man lässt stattdessen ein kleines Satellitenmodell um die „Erde“ kreisen. Dabei werden auf der Oberfläche des Erdkörpers selbstverständlich keine Änderungen beobachtet. Fügt die Lehrkraft jedoch den „Erdmond“ zum Aufbau hinzu und löst den Betätigungsmechanismus aus, so entstehen auf der „Erdoberfläche“ zwei Flutberge (Abb. 7.54). Der erste befindet sich auf der dem Mond zugewandten Seite des Erdkörpers, der zweite auf der dem Mond abgewandten. Eine Erklärung für die Entstehung der Flutberge, nämlich die Unterschiede in der Gravitationsbeschleunigung, liefert dieses Modell nicht. Dies kann mit den leistungsstärkeren Kindern mündlich oder durch Rollenspiele geschehen.

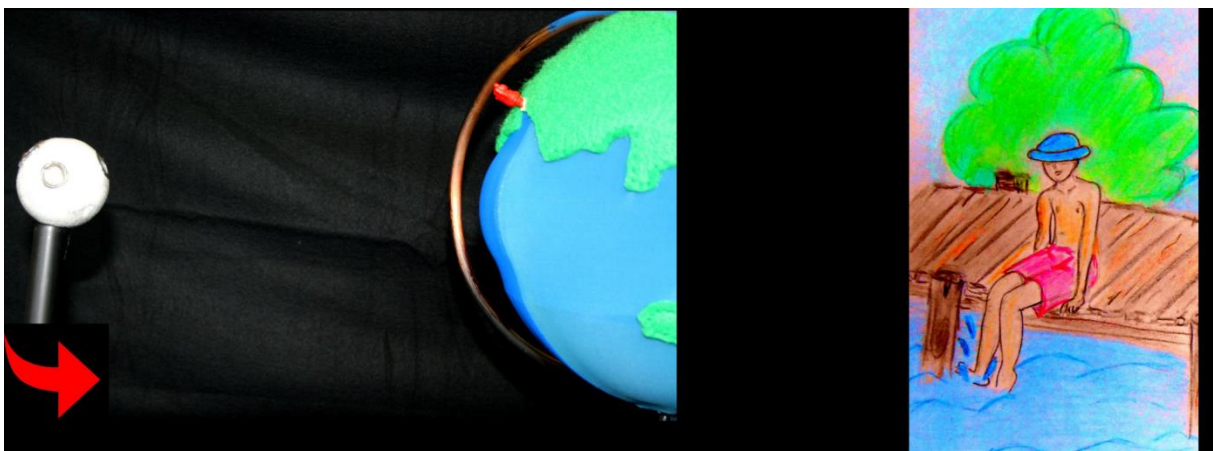


Abb. 7.54: Die Spielfigur auf der Modell-Erde erlebt gerade die Flut oder das Hochwasser.

Im nächsten Schritt soll der sechsstündige Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser thematisiert werden. Dafür wird die „Erde“ langsam um ihre Achse rotiert. Kinder beobachten dabei wie oft im Laufe des Tages die Spielfigur Hoch- und Tiefwasser erlebt. Dabei ergibt sich für einen Tag ein viermaliger Wasserstandwechsel. Dividieren Kinder nun die Tageslänge in Stunden durch die Anzahl des Wasserstandwechsels, so kommen sie auf den sechsstündigen Rhythmus zwischen dem Hoch- und Tiefwasser.

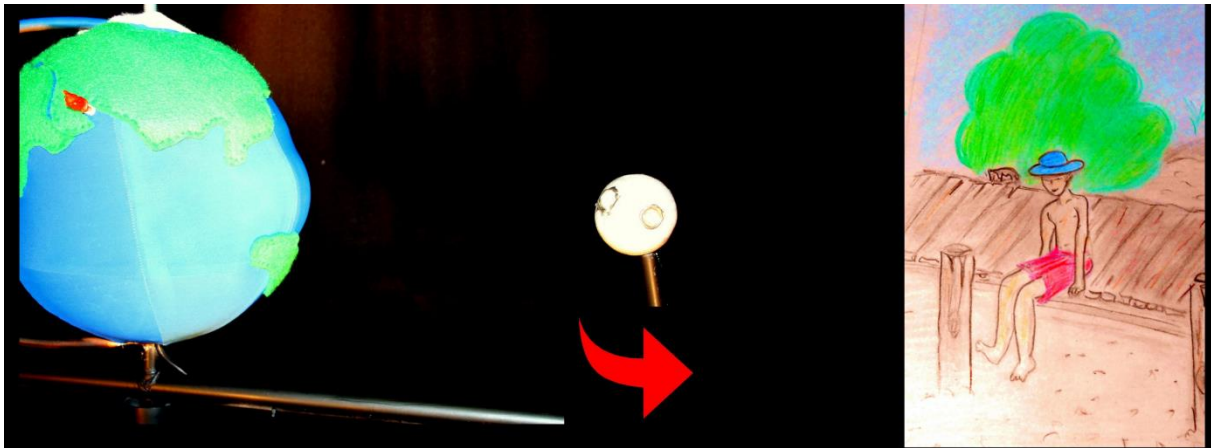


Abb. 7.55: Die Spielfigur auf der Modell-Erde erlebt gerade Tiefwasser oder Ebbe.

Mit diesem Modell lässt sich zeigen, dass die Flutberge im Laufe eines Monats durch die Erdoberfläche wandern. Es empfiehlt sich dafür zunächst, die Bewegung des Modes um die Erde getrennt von der Eigenrotation der Erde zu betrachten. Dafür wird die Mutter an der oberen Seite der Globuskugelhälfte fest zugeschraubt, damit die „Erde“ keine Eigenumdrehung ausführen kann. Den „Mond“ lässt man nun um die „Erde“ kreisen. Dabei stellen Schüler fest, dass die „Flutberge“ in die Bewegungsrichtung des „Mondes“ entlang der Erdoberfläche wandern. Leistungsstärkere Kinder können anhand des Modells auch die tägliche zeitliche Verspätung des Auftretens von Ebbe und Flut nachvollziehen. Dafür kann die oben beschriebene Zeitskala auf den Stativfuß gelegt werden. Eines der Kinder lässt die „Erde“ um ihre Achse mehrere Male rotieren, ein anderer Schüler oder die Betreuungsperson lässt gleichzeitig den „Mond“ langsam um die „Erde“ kreisen. Ein drittes Kind nennt die Uhrzeiten bei denen z.B. das Hochwasser auftritt. Kinder stellen fest, dass Hochwasser und Tiefwasser an verschiedenen Tagen nicht zu gleichen Uhrzeiten eintreten.

Die Möglichkeiten des Modells lassen sich wie folgt zusammenfassen: Mit dem selbstentwickelten Gezeitenmodell wird Ebbe und Flut veranschaulicht. Man erkennt anhand des Modells, dass der Mond zwei Flutberge auf dem Erdkörper entstehen lässt. Es lässt sich der sechsstündige Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser nachvollziehen. Es kann außerdem gezeigt werden, wie es zu einer täglichen zeitlichen Verspätung beim Aufkommen von Hoch- und Tiefwasser kommt. Dazu kann das angefertigte Ziffernblatt genutzt werden. Auch die Ursache für diese Zeitverschiebung, nämlich die Bewegung des Mondes um den gemeinsamen Erde-Mond-Schwerpunkt (im Modell um die Erde) im Laufe des Monats, lässt sich im Modell lokalisieren.

Die Grenzen des Modells sollten an dieser Stelle ebenfalls erläutert werden: Der künstliche Mond rotiert im Modell um den Erdkörper und nicht um den gemeinsamen Schwerpunkt. Eine ausführliche Erklärung dazu, wie die Flutberge zustande kommen, kann von diesem Modell ebenfalls nicht geliefert werden. Trotz dieser und anderer Vereinfachungen, können mit dem entwickelten Gezeitenmodell die wesentlichen Aspekte des Phänomens anschaulich dargestellt werden.

7.5 Zusammenfassung

Auf der Grundlage des theoretischen Fachwissens konnten Modelle und Versuche entwickelt werden. Diese dienen dazu, Phänomene rund um den Planeten Erde zu veranschaulichen. Sie wurden so konzipiert, dass sie die wesentlichen Inhalte auf der Ebene der Primarstufe erläutern. Vermutlich weisen die Modelle noch einige Schwachstellen auf. Um diese jedoch entdecken und verbessern zu können, sollten sie gemeinsam mit den Grundschulkindern durchgeführt werden. Eine Erprobung im Rahmen der Veranstaltung mit der Bezeichnung „Planet Erde“ erscheint angesichts der Themenauswahl sinnvoll. Daher werden die beschriebenen Modelle zu einer experimentellen Veranstaltung zusammengefasst, die gegebenenfalls durch weitere nicht selbst entwickelte Versuche und Videos ergänzt wird.

8 Erprobung und Evaluation der entwickelten Schüler- versuche

Ausgehend vom Interesse der Kinder und Jugendlichen sowie deren Vorstellungen wurden Schülerversuche bzw. Modelle zu geo- und umweltphysikalischen Themen entwickelt. Ob diese Modelle für den Einsatz im Schülerlabor geeignet sind, wurde anhand praktischer Erprobung geprüft. Hierzu wurden die Modelle in ein thematisches Angebot „Planet Erde“ integriert. Die Erprobung sollte darüber hinaus zeigen, ob Kinder ab der Klassenstufe 4 diejenigen Sachverhalte verstehen können, die durch die Modelle repräsentiert werden. Rückmeldungen der Versuchsbetreuer lieferten hierfür wichtige Anhaltspunkte. Außerdem sollte evaluiert werden, wie der Umgang mit den Modellen von den Kindern wahrgenommen wird. Zu diesem Zweck wurden die Schüler am Ende der Veranstaltung befragt. Die Ergebnisse der Erprobung und der Evaluation werden in diesem Kapitel ausführlich vorgestellt.

8.1 Erprobung

Das experimentelle Schülerlaborangebot „Planet Erde“ richtete sich an Kinder der Klassenstufen vier bis sechs. Die Veranstaltung trug den Charakter einer Stationenarbeit. Jedes Modell bildete die Grundlage einer Station. Neben dem eigentlichen Modell/Schülerversuch gehörten zu den Stationen auch Karteikarten zur Durchführung und Erklärung sowie Videos und Animationen. Die Veranstaltung lief nach dem folgenden Schema ab: Zu Beginn fand eine Einführungs- bzw. Motivationsphase statt; es folgte die Stationenarbeit; die Veranstaltung wurde durch eine Nachbesprechungs- bzw. Rückmeldungsphase abgeschlossen. Die Dauer der Veranstaltung belief sich auf etwa dreieinhalb Zeitstunden.

Insgesamt wurden zehn verschiedene Stationen angeboten (Tab. 8.1). Die Schüler arbeiteten in Zweier- bis Dreiergruppen. Da alle selbstentwickelten Modelle genau einmal vorlagen, wurden zusätzliche Versuche bzw. Modelle eingesetzt, die aus der Literatur entnommen wurden. Die zur Verfügung stehende Zeit reichte nicht aus, damit jedes Kind alle Versuche durchführen konnte. Am Anfang der Veranstaltung wurde jedoch deutlich gemacht, dass nicht alle Stationen im vorgegeben Zeitrahmen durchgeführt werden können. Als Nachbereitung der Veranstaltung wurde daher eine gegenseitige Vorstellung der Stationen vorgeschlagen. Im Rahmen des Versuches „Vorsicht beim Gewitter“ erwarben Schüler eine Urkunde, die sie als

Andenken an den Laborbesuch mit nach Hause nehmen durften. In der Abb. 8.1 sind einige Fotos wiedergegeben, die einen Eindruck von der Veranstaltung vermitteln.

Thema „Planet Erde“	
Hauptstationen	
Bezeichnung der Station	Lernziel
Die seltsamen Lavastreifen!	Ozeanbodenspreizung/Erdmagnetfeld
Wo war Afrika vor einigen hundert Millionen Jahren?	Kontinentalverschiebung
Wie sieht es im Inneren der Erde aus?	Schalenaufbau der Erde/ planetaren Differenzierung
Vorsicht bei Gewitter!	Schrittspannung beim Blitzeinschlag
Wie entsteht Wind?	Entstehung des Land-See-Windes
Wohin verschwindet Wasser bei Ebbe?	Gezeiten auf der Erde
Warum gibt es Jahreszeiten?	Entstehung der Jahreszeiten
Warum ist der Himmel blau?	Rayleigh-Streuung
Blitz und Donner!	Vorsichtsmaßnahmen beim Gewitter
Erde und Mond-ein seltsames Pärchen!	Umlaufbahn des Mondes um die Erde
Zusatzstationen	
Bezeichnung der Station	Lernziel
Kaltes Wasser - warmes Wasser	Thermische Ausdehnung des Wassers
Wasser wird erwärmt	Thermische Ausdehnung des Wassers
Gewitterquiz	Vorsichtsmaßnahmen beim Gewitter

Tab. 8.1: Übersicht über die Stationen des Angebotes „Planet Erde“.



Abb. 8.1: Impressionen zur Veranstaltung „Planet Erde“, auf den Bildern sind einige ausgewählte Stationen der Veranstaltung „Planet Erde“ zu sehen.

Die Erprobung diente in erster Linie dazu, Schwierigkeiten beim Einsatz der Modelle/Versuche zu identifizieren und Verbesserungsvorschläge hierfür zu erarbeiten. Die entwickelten Schülerversuche wurden darüber hinaus durch die mehrfachen Einsätze im Schülerlabor auf ihre Robustheit geprüft. Die Rückmeldungen der Studierenden/Versuchsbetreuer lieferten Hinweise zu den Durchführungsschwierigkeiten sowie zu den Reaktionen der Schüler. Im Folgenden werden drei Auszüge aus den Praktikumsberichten vorgestellt.

Rückmeldung zum Modell „Gezeiten“:

„Der Versuch klappte im Allgemeinen gut. Aufgrund des Alters konnten die meisten Schülerinnen und Schüler sich allerdings noch nichts unter der Gravitation vorstellen. Daher blieb häufig die Frage offen, warum sich das Wasser denn nun überhaupt durch den Mond bewegt. Akzeptierten sie diesen Umstand jedoch, so konnten sie mit dem Modell sehr gut vorhersagen, wann an welchem Ort Ebbe und Flut herrscht. Der Film war in der Länge meines Erachtens etwas zu lang, da die Schülerinnen und Schüler eher gelangweilt reagierten. Die lange Vorgeschichte, wie die Aufnahmen gemacht wurden, interessierte die Schülerinnen und Schüler nicht. Die Bilder, wie das Wasser dann jedoch die Landschaft flutete, wurden meist wieder mit mehr Begeisterung aufgenommen, so dass eine Kürzung des Films auf diese wesentlichen Stellen sinnvoll gewesen wäre“ (Praktikumsbericht eines Lehramtsstudenten).

Rückmeldung zum Modell „Wo war Afrika vor einigen hundert Millionen Jahren“:

„Da bei vielen Schülern keinerlei Vorwissen vorhanden ist, muss bei diesem Versuch einiges an Vorarbeit geleistet werden. Dazu war es notwendig, den Kindern mittels eines kleinen Films einen Überblick über den Aufbau der Erde zu verschaffen. Der Film ermöglicht es ihnen, die einzelnen Schichten sowie die Anordnung und ihre Namen kennenzulernen. Des Weiteren wurden, je nach Klassenstufe, weitere Informationen gegeben, bis die Kinder zum Ergebnis kommen, dass Südamerika und Afrika wie zwei Puzzleteile ineinander passen. Sie wurden durch den Betreuer zum Phänomen der Kontinentalverschiebung geführt, welche ihnen im eigentlichen Experiment verdeutlicht wurde. Bei diesem Versuch war es relativ einfach die Aufmerksamkeit der Kinder zu erlangen. Die Kinder erkannten sehr gut, dass das rot gefärbte Wasser – im Versuch der Erdmantel - an die Oberfläche aufsteigt und sich dort in zwei Ströme trennt. Danach sinkt es wieder ab. Durch diese Beobachtungen wurde es ihnen möglich die Zusammenhänge der Kontinentalverschiebung zu verstehen und nachzuvollziehen“ (Auszug aus dem Praktikumsbericht einer Lehramtsstudentin).

Rückmeldung zum Modell „Die seltsamen Lavastreifen“:

„Der Versuch war optisch sehr liebevoll gestaltet und die vielen eigenständigen Teile des Versuchs hielten die Schülerinnen und Schüler aktiv. Insgesamt erschien mir der Versuch jedoch etwas zu lang [...]. Bei der Umsetzung gab es manchmal Probleme mit den kleinen Kompassen. Man musste aufpassen, dass die Wachsstreifen an den Stellen, auf die man die Kompass aufsetzte, eben genug waren“ (Praktikumsbericht eines Lehramtsstudenten).

Durch die Erprobung konnten einige Schwierigkeiten bei der Arbeit mit den Modellen festgestellt werden. Oft äußerten die Betreuer jedoch, dass sie selbst viel Spaß und Freude beim Einsatz der Modelle hatten und auf die gleiche Reaktion seitens der Schüler stießen.

8.2 Evaluation

Wie das Angebot bzw. die Modelle zum Thema „Planet Erde“ von Schülern bewertet werden, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit durch eine Befragung evaluiert. Als Vergleichsangebot wurde die bewährte experimentelle Veranstaltung des Labors „Elektrizität und Energie“ gewählt. Die beiden Veranstaltungen weisen den gleichen Ablauf auf. Die Form des Experimentierens (Stationenarbeit) war bei beiden Angeboten ebenfalls gleich. Darüber hinaus wurden Schüler von denselben Studierenden betreut. Somit stimmten beide Angebote in wesentlichen Punkten bis auf die thematische Ausrichtung überein. Die Stationen des Angebotes „Elektrizität und Energie“ sowie die zugehörigen Lernziele sind in der Tab. 8.2 dargestellt.

Hauptstationen	
Bezeichnung der Station	Lernziel
Solarhaus	Richtige Ausrichtung von Photovoltaikanlagen
Windkraftanlage	Funktionsweise einer Windkraftanlage
Solarboot	Einsatzmöglichkeit der Photovoltaikanlagen
Sicherer Umgang mit Elektrizität	Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit elektrischen Strom
Zitronenbatterie	Funktionsweise einer Batterie
Elektromagnet	Funktionsweise eines Elektromagneten
Hausbeleuchtung	Reihen- und Parallelschaltung
Fahrraddynamo	Generatorprinzip und Aufbau eines Generators
Tauchsieder	Wärmeerzeugung durch den elektrischen Strom
Toaster	Wärmeerzeugung durch den elektrischen Strom
Elektroquiz	Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit elektrischen Strom
Zusatzstationen	
Bezeichnung der Station	Lernziel
Der zauberhafte Wasserstrahl	Elektrostatische Phänomene
Strom durch Reibung	Elektrostatische Phänomene
Strom aus einer Kartoffel	Funktionsweise einer Batterie
Der verwirrte Kompass	Elektromagnetismus

Tab. 8.2: Übersicht über die Stationen des Angebotes „Elektrizität und Energie“.

8.3 Wertungskriterium

Bereits im ersten Kapitel wurde aus der Literatur abgeleitet, dass Schülerlabore unabhängig von ihren thematischen Ausrichtungen, auf ein hohes aktuelles Interesse seitens der Schüler stoßen. Daher wird bei der vorliegenden Evaluation davon ausgegangen, dass beide Angebote das aktuelle Interesse der Schüler wecken. *Eine gleich gute Bewertung der beiden Veranstal-*

tungen wird angesichts der festgestellten Wirkung der Schülerlabore als ein positives Ergebnis für das neu entwickelte Angebot gewertet.

8.4 Stichprobe und Untersuchungsdesign

Erprobung und Evaluation fanden im Zeitraum von Oktober 2012 bis Februar 2013 statt. Daran nahmen insgesamt 180 Schüler teil. Bei den Kindern, die das Angebot „Planet Erde“ besuchten und bei den Schülern, die an dem Angebot „Elektrizität und Energie“ teilnahmen, handelte sich um zwei verschiedene Fallgruppen. Die Befragung wurde im Anschluss an die Veranstaltung durchgeführt. In der Tab. 8.3 ist die Verteilung der befragten Schüler auf die Angebote, Klassenstufen sowie in Bezug auf ihr Geschlecht dargestellt.

Klassenstufe			Angebot			Geschlecht		
	n	%		n	%		n	%
4	94	52,2	Planet Erde	109	60,6	Jungen	92	51,1
5	27	15,0	Elektrizität	71	39,4	Mädchen	88	48,9
6	59	32,8	Gesamt	180	100,0	Gesamt	180	100,0
Gesamt	180	100,0						

Tab. 8.3: Zusammensetzung der Evaluationsstichprobe.

8.5 Erhebungsinstrument

Bei der Evaluation wurde der validierte Fragebogen von *Engeln* [2004] eingesetzt. In diesem Fragebogen wird das Labor bzw. die Experimente anhand von fünf Merkmalen bewertet: Größe der Herausforderung, Qualität der Zusammenarbeit, Authentizität, Verständlichkeit und Offenheit. Jedes Merkmal wird dabei durch mehrere Fragen erfasst. Mit der "Offenheit" ist die Möglichkeit gemeint eigene Entscheidungen während des Experimentierens treffen zu können.

Da der Fragebogen von *Engeln* sich in erster Linie an die Schüler der Sekundarstufe II richtete, wurde er für die Befragung im Rahmen dieser Arbeit umformuliert. Der Wortschatz des Fragebogens wurde an Grundschulkindern angepasst. Die veränderten Items zu den einzelnen Laborvariablen sind in Tab. 8.4 abgebildet. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Fragen in der erwähnten Tabelle als positiv formulierte Aussagen vorgestellt werden. In dem Fragebogen werden sie jedoch auch als negative Aussagen eingesetzt (Anhang 0.13 und Anhang 0.14), um Schüler zum Nachdenken beim Beantworten der Items anzuregen, z.B. statt „Beim Durchführen der Versuche habe ich mich wohl gefühlt.“ wird im

Fragebogen die Formulierung „Beim Durchführen der Versuche habe ich mich nicht wohl gefühlt.“ verwendet.

Variablen	Items	Variablen	Items
Verständlichkeit	Ich habe alles gewusst, um die Versuche gut durchzuführen. Ich habe die Anleitungen zu den Versuchen gut verstanden. Ich habe verstanden, wie die Versuche aufgebaut werden sollen.	Zusammenarbeit	Ich habe heute gut mit meinen Mitschülern zusammengearbeitet. Ich habe heute meinen Mitschülern etwas erklärt/Meine Mitschüler haben mir heute etwas erklärt. Ich habe mich heute mit meinen Mitschülern über die Versuche unterhalten.
	Ich konnte die Aufgaben, die mir heute gestellt wurden, gut erledigen. Um was es im Versuch ging, war mir klar.	Betreuung	Ich konnte den Betreuern Fragen zum Versuch stellen. Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer sich gut mit dem Thema auskennen und selbst gerne Versuche durchführen.
Offenheit	Beim Durchführen der Versuche konnte ich meine eigenen Ideen ausprobieren. Beim Durchführen der Versuche konnte ich vieles selbst entscheiden.	Herausforderung	Ich habe mich beim Durchführen der Versuche angestrengt. Die Versuche waren genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer. Beim Durchführen der Versuche habe ich über den Versuch nachgedacht.
Authentizität	Ich habe heute nicht nur etwas über das Schülerlabor gelernt, sondern auch über die Universität selbst.		
UR-Einstellung	Der Besuch des Schülerlabors hat mein Interesse am Sachunterricht/am Physikunterricht vergrößert.	Akzeptanz	Möchtest du das Labor noch mal besuchen? (als Antwort“ ja“ und „nein“) Vergib dem Labor eine Note (1 bis 6)

Tab. 8.4: Items zur Bewertung der Laborvariablen, veränderte Formulierung nach *Engeln* (Quelle: *Engeln* [2004, S. 74-75]).

Das aktuelle Interesse ist eine weitere wichtige Variable innerhalb des Fragebogens von *Engeln*. Dieses wurde in drei Komponenten unterteilt, nämlich in eine emotionale, wertbezogene und epistemische. Die letzte erfasste den Wunsch mehr über den Interessensgegenstand erfahren zu wollen. Diese veränderten Items zur Erfassung von Interessenskomponenten sind in der Tab. 8.5 abgebildet. Die Bewertungen der genannten Variablen wurden durch die Mittelwertberechnungen der dazugehörigen Items vorgenommen.

Variablen	Items	Variablen	Items	
emotional	Die Versuche waren für mich interessant.	Epistemisch	Ich werde mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge sprechen, die ich im Schülerlabor erlebt habe.	
	Beim Durchführen der Versuche habe ich mich wohl gefühlt.		Ich werde über Dinge nachdenken, die ich im Schülerlabor erlebt habe.	
	Das Durchführen der Versuche war nicht langweilig.		Ich werde in Büchern oder im Internet über das Thema nachlesen, das wir heute im Schülerlabor behandelt haben.	
	Die Versuche haben mir Spaß gemacht.		Ich würde gerne mehr über die Versuche lernen, die wir im Schülerlabor durchgeführt haben.	
	Beim Durchführen der Versuche ist die Zeit sehr schnell vergangen.		Solche Versuche, wie wir sie im Schülerlabor durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit machen wollen.	
wertbezogen	Es war für mich nützlich, dass wir heute Versuche durchgeführt haben.			
	Dass wir heute Versuche durchgeführt haben, ist mir wichtig.			
	Der heutige Besuch des Schülerlabors ist für mich wichtig.			

Tab. 8.5 Items zur Erfassung der Interessenskomponenten, veränderte Formulierung nach *Engeln* (Quelle: *Engeln* [2004, S. 74-75]).

8.6 Ergebnisse der Evaluation

Die schulische Nachbereitung der Veranstaltung bestand darin, Briefe durch die Schüler verfassen zu lassen, die an das Schülerlabor gerichtet waren. In diesen Briefen sollten Kinder die durchgeführten Versuche beschreiben und so das Gelernte wiederholen. Schüler konnten darüber hinaus erläutern, was ihnen am Laborbesuch gefallen hat. Aus diesen Feedbacks wurde rekonstruiert, wie die Veranstaltung auf die Kinder gewirkt hat. Die Abb. 8.2 zeigt einige ausgewählte Briefe.

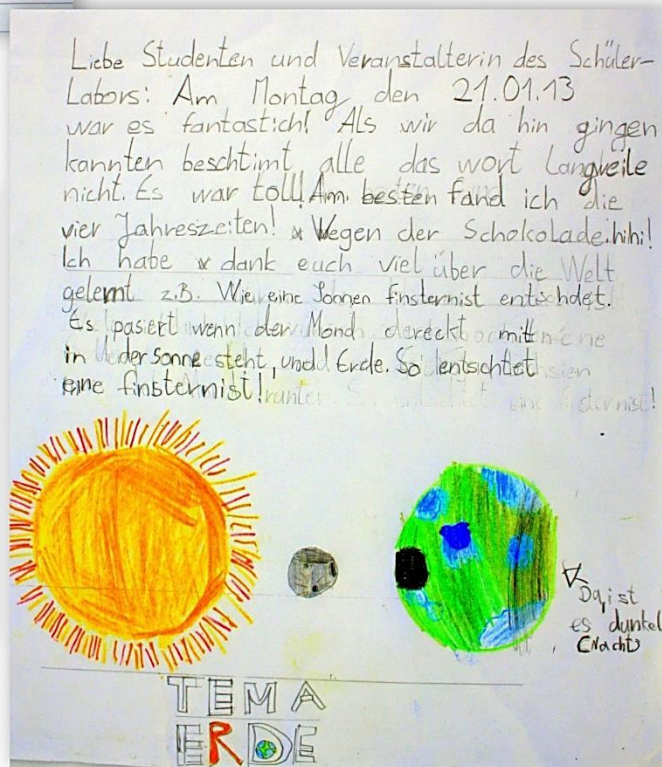
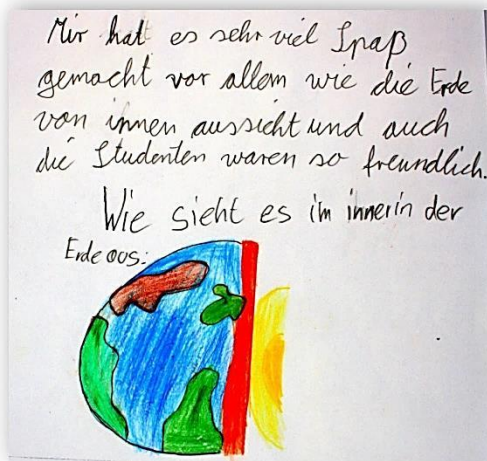
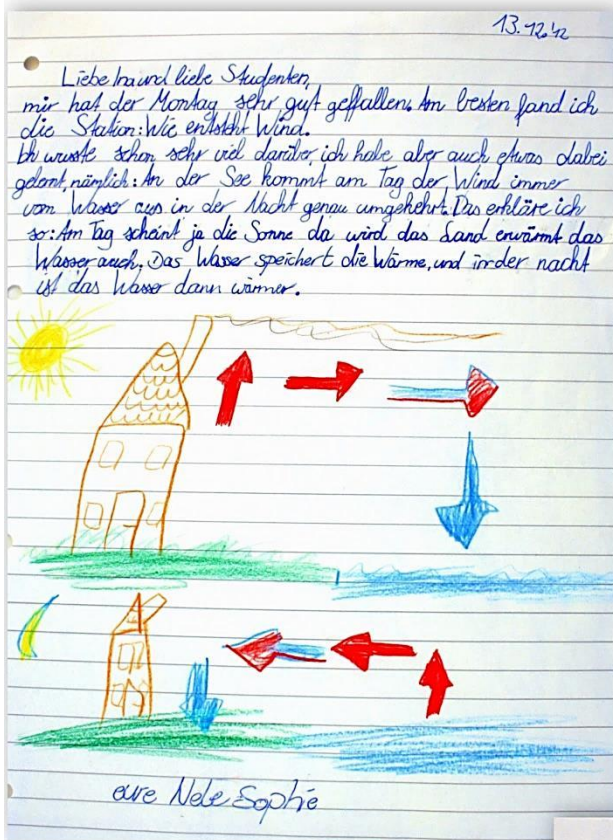


Abb. 8.2: Einige ausgewählte Briefe der Schüler an die Betreuer des Labors.

Bereits anhand dieser Rückmeldungen ist zu entnehmen, dass der Besuch des Labors zum Thema „Planet Erde“ bei Kindern einen bleibenden Eindruck hinterlassen hat. Noch genauer

konnte die Bewertung des Laborangebotes anhand der Evaluationsbogen erfasst werden. Die Ergebnisse dieser Evaluation werden nachfolgend ausführlich vorgestellt.

In der Tab. 8.6 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Laborvariablen dargestellt. Darüber hinaus sind dort Mittelwerte für die drei Komponenten des Interesses enthalten. Der T-Test (Anhang 0.15) zeigte, dass keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung der beiden Veranstaltungen auftreten. Das bedeutet, dass beide Angebote von Schülern gleich gut wahrgenommen werden. Um noch detailliertere Informationen zur Bewertung der Veranstaltungen zu erhalten, wurden zusätzlich Mittelwerte der einzelnen Items miteinander verglichen. Auch hierbei konnten keine signifikanten Unterschiede durch den T-Test (Anhang 0.16) festgestellt werden.

Bereich	Variable	Angebot	\bar{x}	s
Laborvariablen	Verständlichkeit	Erde	3,4	0,4
		Strom	3,5	0,4
	Offenheit	Erde	2,8	1,0
		Strom	2,9	1,0
	Zusammenarbeit	Erde	3,3	0,6
		Strom	3,2	0,7
	Betreuung	Erde	3,8	0,4
		Strom	3,7	0,4
	Herausforderung	Erde	3,4	0,5
		Strom	3,5	0,6
	Authentizität	Erde	3,3	0,8
		Strom	3,3	0,9
Akzeptanz_Note	Erde	1,4	0,6	
	Strom	1,4	0,8	
Komponente des Interesses	emotional	Erde	3,7	0,4
		Strom	3,5	0,5
	wertbezogen	Erde	3,6	0,5
		Strom	3,5	0,8
	epistemisch	Erde	3,3	0,6
		Strom	3,2	0,8

Tab. 8.6: Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) der einzelnen Variablen (zur Parametrisierung: 1 Punkt – sehr niedrige Ausprägung der Variable, 4 Punkte – sehr hohe Ausprägung der Variable, z.B. „Ich habe die Anleitungen zu den Versuchen nicht verstanden“ – 1 Punkt, „Ich habe die Anleitungen zu den Versuchen sehr gut verstanden“ – 4 Punkte).

Innerhalb jedes einzelnen Angebotes wurden die verschiedenen Laborvariablen und die Interessenskomponenten selbstverständlich unterschiedlich bewertet, dies bestätigte auch der T-Test (Anhang 0.17 für das Angebot „Planet Erde“ und Anhang 0.18 für das Angebot „Elektrizität und Energie“). Im Rahmen des Angebotes „Planet Erde“ sieht die Wertung wie folgt aus:

Die Laborvariable Offenheit enthält die schlechteste Bewertung unter allen Laborvariablen. Die Betreuung wird von den Schülern im Mittel besser als alle übrigen Variablen eingeschätzt. Die restlichen Variablen zeigen keine signifikanten Unterschiede zueinander. Die emotionale und die wertbezogene Komponente schneiden bei dem Angebot „Planet Erde“ besser als die epistemische ab. Jedoch muss beachtet werden, dass die Einschätzung des epistemischen Merkmals des Interesses immer noch sehr hoch ausfällt. Die beiden erstgenannten Komponenten unterscheiden sich in ihrer Wertung nicht. In der Abb. 8.3 sind die Mittelwerte der einzelnen Variablen und der drei Interessenskomponenten grafisch dargestellt.

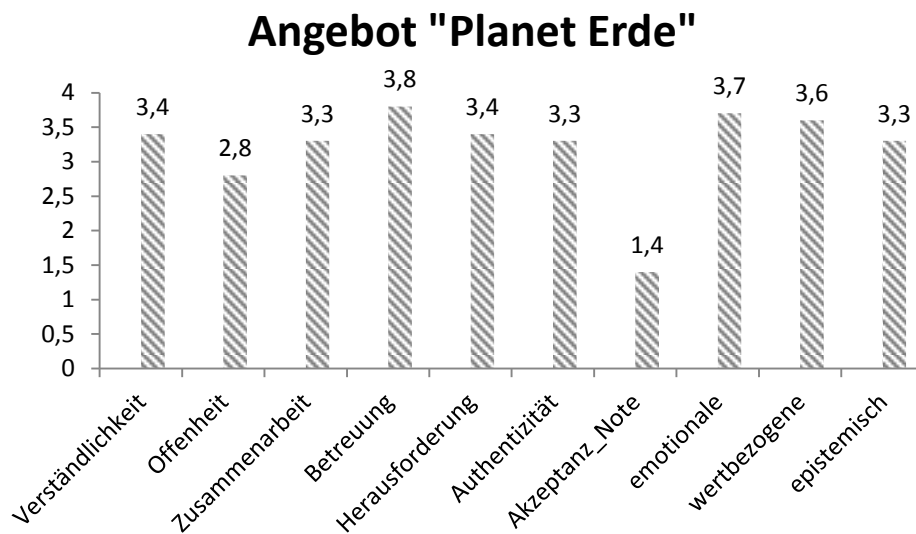


Abb. 8.3: Mittelwerte der Laborvariablen und Interessenskomponenten im Rahmen des Angebotes „Planet Erde“.

Innerhalb der Veranstaltung „Elektrizität und Energie“ schneidet Offenheit signifikant schlechter ab als Betreuung, Herausforderung und Verständlichkeit (Anhang 0.18). Die Variable Betreuung wird von den Schülern besser bewertet als Authentizität und Verständlichkeit. Die letztgenannte Variable erhält wiederum eine bessere Bewertung als Zusammenarbeit und Authentizität. Bezüglich der Interessenskomponenten ergibt sich innerhalb des Angebotes „Elektrizität und Energie“ eine ähnliche Situation wie bei der neu entwickelten Veranstaltung. Die epistemische Komponente schneidet auch hier schlechter ab als die beiden anderen Komponenten. Die Mittelwerte der einzelnen Variablen und der drei Interessenskomponenten im Rahmen des Angebotes „Elektrizität und Energie“ sind in der Abb. 8.4 grafisch dargestellt.

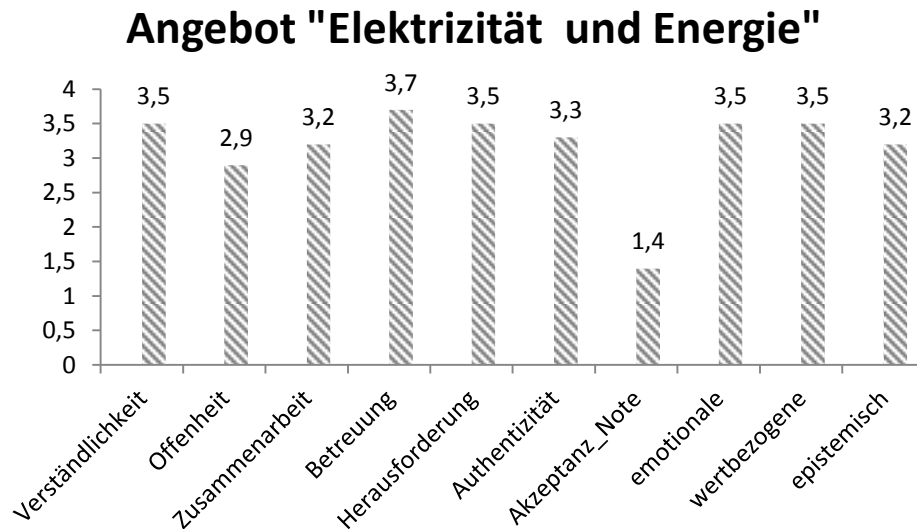


Abb. 8.4: Mittelwerte der Laborvariablen und Interessenskomponenten im Rahmen des Angebotes „Elektrizität und Energie“.

Die vorliegende Evaluation zielt unter anderem auch darauf ab, die Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich der Wahrnehmung der beiden Angebote festzustellen. Der Mittelwertevergleich hat jedoch innerhalb beider Angebote keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung der Jungen und Mädchen ergeben (Anhang 0.19 und Anhang 0.20). Dies deutet darauf hin, dass Jungen und Mädchen das Labor im Rahmen von beiden Veranstaltungen gleich gut beurteilen. Das Schülerlabor weckt offensichtlich im Mittel ein gleich hohes aktuelles Interesse bei Jungen wie bei Mädchen.

Zusätzlich zum Mittelwertevergleich zwischen den einzelnen Laborvariablen wurden prozentuale Antworthäufigkeiten betrachtet. Diese Auswertungsmethode erlaubt zwar keine Aussagen in Bezug auf die Grundgesamtheit, jedoch liefert sie detailliertere Informationen über die Bewertungen der beiden Veranstaltungen bezogen auf die Stichprobe. In der Tab. 8.7 wurden nur Antworthäufigkeiten „stimmt ziemlich“ und „stimmt völlig“ betrachtet. Dabei fällt auf, dass „stimmt völlig“ bei allen Items zur Verständlichkeit im Rahmen des Angebotes „Elektrizität und Energie“ häufiger vorkommt als bei der Veranstaltung „Planet Erde“. Dies ist jedoch nicht überraschend, da es sich bei Experimenten zum Thema „Planet Erde“ um kompliziertere Schülerversuche bzw. Modelle handelt.

Häufigkeiten in %			Stimmt ziemlich	Stimmt völlig	Ge- samt	
Laborvariablen	Verständlichkeit	Alles gewusst, um die Versuche durchzuführen	Erde	58	15	73
			Strom	61	20	81
		Anleitungen gut verstanden	Erde	27	67	94
			Strom	17	78	95
		Aufbau der Versuche war klar	Erde	33	62	95
			Strom	19	76	95
		Aufgaben gut erledigt	Erde	40	56	96
			Strom	28	68	96
		Ziel der Versuche war klar	Erde	37	50	88
			Strom	22	73	95
	Offenheit	Konnte eigene Ideen ausprobieren	Erde	23	39	62
			Strom	20	43	63
		Konnte vieles selbst entscheiden	Erde	14	46	60
			Strom	20	46	66
	Zusammenarbeit	Gut mit den Mitschülern gearbeitet	Erde	24	73	97
			Strom	17	76	93
		Den Mitschülern etwas erklärt	Erde	36	39	75
			Strom	37	30	67
		Mit den Mitschülern über die Versuche unterhalten	Erde	29	47	77
			Strom	29	48	78
	Betreuung	Man konnte alles fragen	Erde	13	82	95
			Strom	32	61	93
		Betreuer kennen das Thema und experimentieren gern	Erde	16	84	100
			Strom	21	79	100
	Herausforderung	Ich habe mich angestrengt	Erde	26	64	90
			Strom	20	64	84
		Versuche weder zu leicht, noch zu schwer	Erde	37	45	82
Strom			23	65	88	
Während des Versuches über diesen nachgedacht		Erde	30	61	91	
		Strom	26	61	87	
Authentizität	Universität kennengelernt	Erde	35	49	84	
		Strom	32	49	81	
Akzeptanz	Möchtest du das Labor noch mal besuchen, Als Antwort“ ja“	Erde	99	-	-	
		Strom	96	-	-	
	Vergib dem Labor eine Note (spalte „stimmt ziemlich= 2, Stimmt völlig = 1)	Erde	25	70	95	
		Strom	19	74	93	
Sonst. UR-Einstellung	Mein Interesse am Sach-oder Physikunterricht hat sich vergrößert	Erde	28	63	91	
		Strom	25	66	91	

Tab. 8.7: Antworthäufigkeiten zu den einzelnen Items, betrachtet wurden nur Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten „Stimmt ziemlich“ und „Stimmt völlig“.

Die meisten Fragen, die auf Offenheit und Zusammenarbeit abzielen, schneiden bei beiden Angeboten nach diesem Kriterium in etwa gleich gut ab. Nur bei der Frage „Ich habe meinen Mitschülern heute etwas erklärt“, die sich auf die Zusammenarbeit der Schüler bezieht, ist ein deutlicherer Unterschied festzustellen. Kinder beantworten diese Frage beim Angebot „Planet Erde“ etwas häufiger mit „stimmt völlig“ als beim Vergleichsangebot.

Auch Items zur Betreuung wurden innerhalb der neu entwickelten Veranstaltung häufiger mit „stimmt völlig“ beantwortet. Dies deutet darauf hin, dass Schüler das Gefühl hatten beim Thema „Planet Erde“ besser betreut zu sein als bei dem Vergleichsangebot, obwohl es sich bei beiden Veranstaltungen um dieselben Studierenden handelte. Im Gegensatz dazu schneiden Fragen zur Herausforderung bei beiden Angeboten in etwa gleich gut ab. Nur das Item „Versuche waren weder zu leicht, noch zu schwer?“ wird beim Thema „Elektrizität und Energie“ häufiger mit „stimmt völlig“ beantwortet. Schüler haben den Grad der Herausforderung beim Thema „Elektrizität und Energie“ häufiger als angemessen empfunden.

Die Versuchsanleitungen waren für Kinder der Stichprobe nach dem hier festgelegten Kriterium ebenfalls beim Vergleichsangebot verständlicher formuliert. Trotzdem werden die meisten Items bezüglich des aktuellen Interesses bei der Veranstaltung „Planet Erde“ häufiger mit „stimmt völlig“ beantwortet (Tab. 8.8). So werden auch alle Fragen betreffs emotionaler Interessenskomponente im Rahmen der neuen Veranstaltung häufiger mit der bestmöglichen Antwort versehen. Ähnlich sieht es auch bei den übrigen Komponenten des Interesses aus.

Häufigkeiten in %				Stimmt ziemlich	Stimmt völlig	Gesamt
Komponente des Interesses	emotional	Versuche waren interessant	Erde	12	88	100
			Strom	23	73	100
		Ich habe mich wohl gefühlt	Erde	11	80	96
			Strom	13	74	89
		Es war nicht langweilig	Erde	12	84	86
	Strom		9	83	95	
	Ich habe viel Spaß gehabt	Erde	4	91	92	
		Strom	7	82	95	
	Die Zeit war sehr schnell rum	Erde	15	64	89	
		Strom	11	56	79	
	wertbezogen	Experimentieren war für mich nützlich	Erde	25	70	95
			Strom	23	63	67
		Experimentieren heute war für mich wichtig	Erde	22	69	95
	Strom		23	67	86	
	Schülerlaborbesuch ist für mich wichtig	Erde	28	63	92	
Strom		20	68	90		
epistemische	Ich werde mich über die The- men des Labors unterhalten	Erde	22	66	91	
		Strom	18	63	88	
	Ich werde über die Themen des Labors nachdenken	Erde	33	56	88	
		Strom	27	56	81	
	Ich werde über die Themen des Labors nachlesen	Erde	37	23	89	
Strom		29	24	83		
Ich würde mehr über die Ver- suche wissen wollen	Erde	29	62	60		
	Strom	29	59	53		
Solche Versuche möchte ich auch in der Freizeit durchführen	Erde	28	53	91		
	Strom	28	45	88		

Tab. 8.8: Antworthäufigkeiten zu Interessenskomponenten, betrachtet wurden nur Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten „Stimmt ziemlich“ und „Stimmt völlig“.

8.7 Zusammenfassung und Diskussion

Im Rahmen der Veranstaltung „Planet Erde“ konnten die selbstentwickelten Schülerversuche bzw. Modelle mit Kindern der vierten bis zur sechsten Klassenstufe erfolgreich erprobt werden. Alle Versuche wurden von den Schülern gut aufgenommen. Die Erfahrungsberichte der betreuenden Studierenden deuteten darauf hin, dass die meisten Versuche auch für die Schüler der Klassenstufe vier gut geeignet sind. Nach der Meinung der Betreuer empfiehlt es sich den Versuchsteil zur Umpolung des Erdmagnetfeldes, wie vermutet, erst ab der sechsten Klassen-

stufe einzusetzen. Die Modelle wurden durch den mehrmaligen Einsatz im Labor auf ihre Robustheit überprüft. Darüber hinaus konnten einige Verbesserungen in der Konzeption und in der Durchführung der Versuche vorgenommen werden. Erfahrungsberichte der Betreuer deuten darauf hin, dass die Veranstaltung „Planet Erde“ auch für die Studierenden motivierend war. Dieses spiegelte sich in der guten Schülerbewertung bezüglich der Betreuung im Rahmen des neuentwickelten Angebotes wider. Darüber hinaus zeigten Rückmeldungen der Kinder in Form von Briefen, dass Schüler sich noch einige Zeit nach dem Laborbesuch an die Versuche und Modelle gut erinnern und deren Inhalte richtig wiedergeben konnten (typischerweise einen Monat nach dem Laborbesuch).

Mittelwertvergleiche zeigten, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung der Veranstaltungen gibt. Das bedeutet, beide Angebote schneiden bei Kindern der Grundgesamtheit gleich gut ab. Das aktuelle Interesse wird bei Schülern in beiden Fällen in hohem Maße geweckt. Damit konnte die anfangs formulierte Vermutung bestätigt werden. Dieses Ergebnis stimmt mit den Ergebnissen der Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren überein, die am Anfang dieser Arbeit vorgestellt wurden. Die im Kapitel 2 beschriebenen Untersuchungen besagen, dass Schülerlabore das aktuelle Interesse der Kinder und Jugendlichen unabhängig von ihrer Konzeption im hohen Maße wecken. Die gleich gute Bewertung der beiden Veranstaltungen wird demnach als positives Ergebnis gewertet. Es empfiehlt sich daher weitere Veranstaltungen zu geo- und umweltphysikalischen Themen zu entwickeln und im Labor zu erproben. Darüber hinaus wurden keine geschlechtsbezogenen Unterschiede in den Bewertungen der Veranstaltungen festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass beide Angebote ihre Wirksamkeit sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen in gleichem Maße entfalten.

9 Ergebnisse der Arbeit

In der Einleitung wurden Forschungsfragen formuliert. Diese wurden mittels verschiedener Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit beantwortet. Die Resultate dieser Arbeit werden daher in Form von Antworten auf die eingangs gestellten Fragen verfasst. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse einzelner Untersuchungen kann den entsprechenden Kapiteln entnommen werden.

FF1: Welche Themen oder Themenbereiche sind für die Grundschüler und für die Sekundarstufenschüler gleichermaßen interessant?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden zunächst unterschiedliche Theorien zum Wesen, zur Entstehung und zur Entwicklung des Interesses analysiert. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird das Interesse als Konstrukt aus zwei miteinander wechselwirkenden Komponenten, dem situationalen und dem individuellen Interesse, verstanden. Dabei kann sich bei günstigen Bedingungen aus dem situationalen Interesse das individuelle Interesse entwickeln.

Die Analyse der Literatur zu den physikalisch-technischen Schülerinteressen hat gezeigt, dass sich Kinder und Jugendliche im Rahmen des Physikunterrichtes für medizinische, biophysikalische und astronomische/astrophysikalische Themen interessieren. Das Interesse der Schüler an Naturphänomenen und an gesellschaftlichen Auswirkungen von Technologien wurde als Anhaltspunkt dafür gedeutet, dass auch geo- und umweltphysikalische Fragestellungen zu den interessanten Gebieten des Physikunterrichtes gezählt werden können. Aus dieser Vermutung heraus wurde eine Arbeitshypothese formuliert. Bei Betrachtungen von Interessensstudien wurde darüber hinaus festgestellt, dass im Bereich der Sekundarstufe I ein Rückgang des physikalisch-technischen Schülerinteresses zu beobachten ist.

Zur Überprüfung der aufgestellten Arbeitshypothese wurde eine Interessensbefragung konzipiert, die im Schülerlabor der Universität Siegen durchgeführt wurde. Hierzu wurden Fragebögen entworfen, die von etwa 300 Schülern beantwortet wurden. Die Auswertung der Interessenserhebung zeigte, dass geo- und umweltphysikalische Fragestellungen für Kinder und Jugendliche in etwa genauso interessant sind, wie medizinische, biophysikalische und astronomische/astrophysikalische Themen. Das Interesse der Jugendlichen an den beiden Inhaltsbereichen fiel signifikant kleiner aus als das der Kinder. Es handelte sich hierbei um den er-

wähnten Rückgang des physikalischen Interesses bei Jugendlichen. Jedoch ist dieser negative Entwicklungstrend bei geo- und umweltphysikalischen Themen nur sehr schwach ausgeprägt. Darüber hinaus konnte ermittelt werden, dass Mädchen und Jungen ein in etwa gleich hohes situationales Interesse an den beiden Themengebieten zeigen. Es gibt also im Mittel keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Interessensausprägung bei geo- und umweltphysikalischen Inhalten.

Zusammenfassend lässt sich also die erste Forschungsfrage folgendermaßen beantworten: Medizinische, bio-, astro-, geo- und umweltphysikalische Fragestellungen werden von Kindern und Jugendlichen als sehr interessant bezeichnet. Veranstaltungen zu astronomischen Themen werden aufgrund der zum Schülerlabor zugehörigen Universitätssternwarte von Anfang an im Labor angeboten. Welches der fünf Themengebiete zum Arbeitsschwerpunkt des Labors gewählt werden soll und weshalb, wird durch nachfolgend erläutert.

FF2: Welche der interessanten Themengebiete sind als Arbeitsschwerpunkt des Labors am besten geeignet? Welche Kriterien außer der „Interessantheit“ sollten bei der Auswahl des Themenschwerpunktes berücksichtigt werden?

Alle fünf betrachteten Themenbereiche könnten aufgrund ihrer hohen Interessantheit für Schüler als thematischer Schwerpunkt des Labors etabliert werden. *Muckenfuß* unterscheidet bei Unterrichtsthemen zwischen dem Orientierungswissen und dem Verfügungswissen (gleichzusetzen mit dem reinen Fachwissen). Je höher der Anteil der erstgenannten Komponente, desto stärker wird dieses Thema von der Mehrheit der Schüler geschätzt. Alle hier verglichenen thematischen Gebiete weisen einen hohen Anteil an Orientierungswissen auf. Alle Bereiche sind auch aus dieser Hinsicht als Arbeitsschwerpunkte des Labors geeignet. Betrachtet man die Inhalte aus der Perspektive der gegenwärtigen und zukünftigen Gesellschaftsrelevanz, so wird deutlich, dass geo- und umweltphysikalische Fragestellungen aus dieser Sicht eine besondere Rolle spielen. Insbesondere in Anbetracht der gesellschaftlichen Probleme wie Klimawandel, hoher Energiebedarf und Knappheit der Ressourcen erscheinen die Themenbereiche Geophysik und Umweltphysik besonders bedeutungsvoll.

Als Antwort auf die Frage *FF2* kann festgehalten werden: Neben der Interessantheit der Themen, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit auch der Anteil an Orientierungswissen und die gegenwärtige und zukünftige gesellschaftliche Relevanz als besonders bedeutungsvolle Kriterien für den Themenschwerpunkt des Labors angesehen. Von den fünf Themengebieten, die von Kindern und Jugendlichen als interessant bezeichnet werden, sind angesichts der ge-

nannten Kriterien die thematischen Bereiche Geophysik und Umweltphysik besonders gut geeignet.

FF3: Bringen Grundschüler die nötigen Voraussetzungen mit, um sich mit den Themengebieten, die auch ältere Schüler als interessant bezeichnen, erfolgreich auseinanderzusetzen? Ab welchem durchschnittlichen Alter verspricht die Beschäftigung mit den Schwerpunktthemen den größtmöglichen Erfolg?

Um diese Frage zu beantworten wurden Vorstellungen und Vorwissen von Kindern analysiert. Als wesentlich für geo- und umweltphysikalische Themen wurden Schülervorstellungen angesehen, die sich mit der Gestalt der Erde, mit Umweltverschmutzungen und Umweltereignissen beschäftigen. Zuerst wurde anhand der Literatur ein Überblick über die Ansichten der Kinder und Jugendlichen zu den genannten Inhalten erworben. So konnte eine Validierungsgrundlage für die eigene Erhebung geschaffen werden. Zur Ermittlung der themenbezogenen Vorstellungen von Kindern, die das Schülerlabor der Universität Siegen besuchten oder besuchen werden, wurde eine eigene Befragung konzipiert. Hierfür wurde ein Untersuchungsdesign entworfen. Die konzipierte Erhebung fand im Rahmen einer Weiterbildung an der Universität Siegen statt. Die an der Veranstaltung teilnehmenden Grundschullehrer führten die Befragung in ihren Klassen durch. Als Erhebungsinstrument diente ein Auftragskatalog. Anhand der Anweisungen in diesem Katalog sollten Schüler ihre Vorstellungen von der Erdgestalt und von verschiedenen Umweltereignissen zeichnerisch darstellen.

Es wurden ca. 280 Grundschüler befragt. Die Analyse der Zeichnungen ergab: Die meisten Viertklässler weisen ein geeignetes Vorstellungsniveau auf, um sich mit ausgewählten geo- und umweltphysikalischen Fragestellungen erfolgreich auseinanderzusetzen. Kinder dieser Altersstufe stellen sich unseren Planeten Erde als eine Kugel im Weltall vor. Sie verstanden, dass Menschen auch auf der Südhalbkugel der Erde leben können. Diese Ansichten sind für einen erfolgreichen Einstieg in die Beschäftigung mit geophysikalischen Fragestellungen vollkommen ausreichend. So kann z.B. der Schalenbau der Erde sowie die Mantelkonvektion in ihrem Inneren thematisiert werden. Bezüglich der umweltbezogenen Ansichten lässt sich festhalten, dass mehr als die Hälfte der befragten Viertklässler eine Vorstellung über die Naturereignisse wie Erdbeben oder Tsunamis verinnerlicht haben. Kinder dieser Altersstufe wussten bereits, dass Menschen mit Folgen dieser Naturereignisse zu kämpfen haben. Die Existenz der globalen Umweltprobleme war allerdings nur wenigen Schülern in diesem Alter bewusst. Nur etwa 11 Prozent der Kinder kannten diese Probleme. Dennoch können umweltphysikalische Themen in der Primarstufe bearbeitet werden. Fragestellungen zur Entstehung

von Winden, Niederschlägen, Gewittern und vielen anderen Naturphänomenen können im Primarstufenbereich mit Erfolg thematisiert werden. Dies kann als Vorstufe zur Beschäftigung mit globalen Umweltproblemen angesehen werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Grundschüler weisen im Mittel ab der vierten Klassenstufe einen geeigneten Entwicklungsstand bezüglich ihres Vorwissens und ihrer Vorstellungen auf, um sich mit ausgewählten geo- und umweltphysikalischen Fragestellungen erfolgreich zu beschäftigen. Die Voraussetzung dabei ist, dass diese Themen didaktisch gut aufbereitet und für die Arbeit mit Grundschulkindern angepasst wurden. Eine Möglichkeit hierfür besteht darin, Schülerversuche bzw. Modelle zu entwickeln, die eine eigenaktive Auseinandersetzung ermöglichen. Inwiefern dies realisierbar ist, wird anhand der nächsten Forschungsfrage erläutert.

FF4: Lassen sich Modelle bzw. Versuche für Grundschul Kinder entwickeln, die dem Arbeitsschwerpunkt des Labors entsprechen?

Zu geo- und umweltphysikalischen Themen konnten Schülerversuche bzw. Modelle entwickelt werden. Dazu gehört unter anderem das Modell zur Schalenentstehung im Erdinneren. Es thematisiert den inneren Aufbau der Erde und veranschaulicht modellhaft wie sich die einzelnen Schalen ausgebildet haben (planetare Differenzierung). Die aus diesem Versuch gewonnenen Erkenntnisse zur Entstehung und zum Aufbau der Erde lassen sich auf andere terrestrische Planeten übertragen. Im Modell zur Mantelkonvektion wird der Fluss von Materie im Erdmantel veranschaulicht und die Auswirkungen der konvektiven Strömungen auf die Bewegung der Lithosphärenplatten modellhaft dargestellt. Auch anhand dieses Versuches können Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Aufbau anderer erdähnlichen Planeten im Sonnensystem demonstriert werden. Das Seafloor-spreading-Modell dient hauptsächlich dazu, den Vorgang der Ozeanbodenspreizung begreiflich zu machen. Es erläutert auch die Entstehung der entgegengesetzt magnetisierten Streifen entlang des Mittelozeanischen Rückens. Darüber hinaus kann dieser Versuch auch in der Sekundarstufe I zur Veranschaulichung des Nachweises von Magnetfeldumpolungen genutzt werden. Auch Subduktionszonen können an diesem Modell veranschaulicht werden. Die Versuche zur atmosphärischen Elektrizität dienen der Demonstration von Vorsichtsmaßnahmen bei einem Gewitter. Mit Hilfe dieser Modelle können die Gefahren der Schrittspannung, des direkten Blitzeinschlages, der Entladung ins Wasser und die Notwendigkeit eines Blitzableiters an einem Haus sowie einige weitere Sachverhalte modellhaft vorgeführt werden. Auch zum Bereich der Atmosphärenoptik wurde ein Analogieversuch konstruiert. Er thematisiert die Entstehung von Himmelsfarben. Der Far-

benwechsel im Laufe eines Tages kann durch das konstruierte Modell vorgeführt werden. Bei dem Jahreszeiten-Modell steht die Ursache des Phänomens, nämlich die unterschiedlichen Einstrahlungswinkel des Sonnenlichtes auf die Erdoberfläche, im Vordergrund. Mit Hilfe dieses Versuches wird der Fehlvorstellung zur Entstehung der Jahreszeiten entgegen gewirkt, die bei Kindern und Jugendlichen oft vorzufinden ist, nämlich als würde die Variation des Abstandes zur Sonne die Jahreszeiten auf der Erde bedingen. Das Gezeitenmodell veranschaulicht die Existenz von zwei durch die Erde-Mond-Wechselwirkungen verursachten Flutbergen auf der Erde. Der sechsstündige Wechsel von Hoch- und Tiefwasser kann an diesem Modell sehr ausführlich und anschaulich thematisiert werden. Es kann darüber hinaus die monatliche Wanderung der Flutberge entlang der Erdoberfläche demonstriert werden. Nachgebaut und angepasst an die Arbeit mit Grundschulkindern wurde auch der Versuch zur Land- und Seewindentstehung. Bei diesem Versuch wird gezeigt, wie die Richtung der Luftzirkulation am Tage aussieht (Seewind). Man erkennt deutlich, dass die Sonnenstrahlung den Antrieb des Windes darstellt. Die Ursache der Windentstehung, nämlich die unterschiedlich starke Erwärmung des Wassers und der Küste, kann ebenfalls mit Hilfe eines Infrarotthermometers vorgeführt werden.

Grundsätzlich lautet die Antwort auf die *FF4*, dass es sich zum Themenschwerpunkt des Labors Modelle/Versuche entwickeln lassen. Man erkennt es am Beispiel der hier konstruierten und beschriebenen Schülerversuche. Die Konstruktion allein bringt allerdings für die Etablierung des Arbeitsschwerpunktes nicht genügend Erkenntnisse mit sich, denn die entwickelten Modelle bedürfen einer Erprobung im Rahmen des Labors. Darauf wird in der Antwort zur *FF5* eingegangen.

FF5: Welche Wirkung auf die Schüler erzielt die neu konzipierte Veranstaltung? Insbesondere: Was leisten in diesem Zusammenhang die neu entwickelten Modelle?

Die Effizienz der Schülerlabore im Allgemeinen wurde bereits zu Beginn dieser Arbeit anhand der Literatur analysiert. So konnten Kenntnisse über Untersuchungsmethoden und über Wirksamkeit der Labore gewonnen werden. Dabei wurde festgestellt, dass ein Laborbesuch mit einem hohen *aktuellen* Interesse seitens der Schüler einhergeht und zwar unabhängig von der thematischen Ausrichtung des Labors. Daher wurde vor der Evaluation der neu entwickelten Veranstaltung die Hypothese aufgestellt, dass das konzipierte Angebot im Durchschnitt genauso gut bewertet wird, wie ein bereits bewährtes Angebot aus dem Programm des Labors zu einem anderen Thema. Diese Vermutung sollte angesichts der bereits durchgeführten Wirksamkeitsanalysen von Schülerlaboren als ein positives Forschungsergebnis betrachtet

werden. Es soll jedoch berücksichtigt werden, dass das aktuelle Interesse nicht mit dem individuellen gleichzusetzen ist. Innerhalb der Wirksamkeitsuntersuchungen konnte nämlich keine Steigerung des individuellen Schülerinteresses festgestellt werden. Bei den Themen des Arbeitsschwerpunktes des Labors Siegen sollten Kriterien wie Interessantheit, gesellschaftliche Relevanz und wiederholte Schülerlaborbesuche zu diesen Themen für die Steigerung des individuellen naturwissenschaftlich-technischen Interesses der Kinder und Jugendlichen sorgen.

Um die Wirkung der beschriebenen Modelle bzw. des Angebotes zu ermitteln, wurden die entwickelten Modelle bzw. Versuche zu einer experimentellen Veranstaltung mit der Bezeichnung „Planet Erde“ zusammengefasst. An der Erprobung nahmen Kinder der Klassenstufen vier bis sechs teil. Es konnte festgestellt werden, dass die entwickelten Modelle für die Arbeit mit Primar- und Sekundarstufenschülern gut geeignet sind. Den ersten Anhaltspunkt für diese Feststellung bildeten die positiven Feedbacks der Versuchsbetreuer. Die Studierenden gaben an, dass sich Schüler interessiert, motiviert und sehr aktiv bei der Arbeit mit den Modellen zeigen. Auch Betreuer selbst äußerten ihre Begeisterung für das neu konzipierte Schülerlaborangebot. Darüber hinaus fielen die Rückmeldungen der Schüler sehr gut aus: Noch nach einigen Wochen erinnerten sich Kinder an die Versuche bzw. Modelle und konnten ihren Aufbau und ihre wesentlichen Inhalte in den an das Labor gerichteten Briefen wiedergeben.

Im Rahmen der Evaluierung wurden Schüler mit Hilfe eines validierten Erhebungsbogens befragt. Um vergleichende Aussagen treffen zu können, wurde eine bewährte Veranstaltung zum Thema „Elektrizität und Energie“ in die Evaluation einbezogen. An dieser nahmen insgesamt 180 Schüler teil, 109 von ihnen haben die neu entwickelten Veranstaltungen wahrgenommen und bewertet. Die neue Schülerlaborveranstaltung schnitt dabei in etwa genauso gut ab, wie das bereits bewährte Vergleichsangebot des Labors. Angesichts der Ergebnisse von Wirksamkeitsanalysen, wird dieses Forschungsergebnis als erfolgreich angesehen. Eine entscheidende Rolle für die positive Bewertung des Angebotes spielten die konstruierten Modelle. Sie ermöglichten zum einen eine aktive Auseinandersetzung mit Inhalten. Darüber hinaus konnten komplizierte Sachverhalte mit Hilfe der Modelle anschaulich und verständlich für Grundschüler dargestellt werden.

Die positive Evaluation des Angebotes zu geo- und umweltphysikalischen Themen gibt einen Anlass zur Empfehlung weitere Veranstaltungen zum Themenbereich „Planet Erde“ bzw. zu geo- und umweltphysikalischen Themen im Schülerlabor der Universität Siegen zu entwi-

ckeln. Für eine dauerhafte und erfolgreiche Arbeitsschwerpunktbildung des Labors ist es notwendig, für jede Klassenstufe mindestens eine Veranstaltung zum Themenschwerpunkt des Labors zu konzipieren. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte die Entwicklung weiterer Veranstaltungen aus zeitlichen Gründen nicht bewerkstelligt werden.

Zusammenfassend kann die vierte Forschungsfrage wie folgt beantwortet werden: Die neu konzipierte Veranstaltung weckt bei Kindern ein hohes aktuelles Interesse. Aufgrund der Interessantheit, des hohen Anteils an Orientierungswissen und der gesellschaftlichen Relevanz des Themengebietes wird eine besondere Wirkung auf die Förderung des individuellen physikalisch-technischen Schülerinteresses erwartet. Einen zentralen Beitrag zur erfolgreichen Beschäftigung mit komplizierten Sachverhalten im Rahmen des Angebotes leisten die neu entwickelten Modelle, die für eine hohe Eigenaktivität der Schüler, für Anschaulichkeit und Verständlichkeit der Sachverhalte sorgen.

FF6: Tragen die Inhalte, die Schüler selbst als interessant bezeichnen, tatsächlich zur Förderung des individuellen physikalisch-technischen Interesses bei? Kann die Beschäftigung mit diesen Inhalten dem Interessensrückgang in der Sekundarstufe entgegen wirken?

Die Analyse der Evaluationsbögen hat ergeben, dass die drei Komponenten des aktuellen Interesses, nämlich die emotionale, die wertbezogene und die epistemische, bei beiden Angeboten etwa gleich hoch ausgeprägt waren. Das bedeutet, dass die neu entwickelte Veranstaltung das aktuelle Interesse der Kinder im vollen Maße weckte. Dabei schnitten die emotionale und die wertbezogene Komponente besser ab als die epistemische. Daraus lässt sich ableiten, dass die Beschäftigung mit ausgewählten Themen den befragten Kindern viel Spaß und Freude bereitete. Interessanterweise fiel die Laborvariable Betreuung bei der Veranstaltung "Planet Erde" besser aus als bei dem Angebot zum Thema „Elektrizität und Energie“, obwohl es sich bei den Betreuenden um die gleichen Personen handelte. Dies ist ein Indiz dafür, dass auch Studierende ein besonders hohes Interesse für die neue Veranstaltung zeigten.

Der zur Evaluation eingesetzte Fragebogen enthielt kein Item zum individuellen Interesse der Kinder, da man nicht davon ausgehen kann, dass sich bereits nach dem ersten Besuch zum Themenschwerpunkt des Labors eine Änderung diesbezüglich feststellen lässt. Die zu Beginn der vorliegenden Arbeit formulierte Vermutung lautete: Das individuelle physikalisch-technische Schülerinteresse lässt sich nur dann im vollen Maße fördern und festigen, wenn die Angebote zum Themenschwerpunkt des Labors im Verlauf der gesamten Schullaufbahn mindestens einmal pro Jahr von Schulklassen wahrgenommen werden. Um diese Vermutung zu

überprüfen bedarf es einer Längsschnittstudie. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte und sollte keine solche Studie bewerkstelligt werden, da zur Verfolgung des primären Forschungsziels, nämlich der Etablierung eines Arbeitsschwerpunktes im Schülerlabor der Universität Siegen, andere hier ausführlich beschriebene Untersuchungen vorgenommen werden mussten. Es wird jedoch empfohlen eine solche Längsschnittuntersuchung im Schülerlabor Siegen anzulegen, um die Wirksamkeit des erarbeiteten Konzeptes zu bestätigen.

Eine ähnliche Situation ergibt sich auch in Bezug auf den zweiten Teil der sechsten Forschungsfrage. Um diese Teilfrage zu beantworten wäre ebenfalls eine über mehrere Jahre angelegte Untersuchung sinnvoll. Aus der Literatur zur Entwicklung des Interesses konnte jedoch die These abgeleitet werden, die besagt, dass thematische Kongruenzen in der Grundschule und in der weiterführenden Schule eine positive Wirkung auf die Förderung des individuellen Schülerinteresses haben können. Da die Themenschwerpunkte des Labors Siegen von Kindern und von Jugendlichen als sehr interessant bezeichnet werden, wird davon ausgegangen, dass sie dem negativen Interessensentwicklungstrend in der Physik entgegenwirken können. Eine Verknüpfung mit dem schulischen Unterricht ist dabei unabdingbar. Darüber hinaus wird empfohlen die Eltern als Begleitpersonen in die Schülerlaborbesuche einzubeziehen. Dadurch können Schüler ihre positiven Erlebnisse mit ihren Bezugspersonen teilen.

Zusammenfassend lassen sich die beiden Teilfragen wie folgt beantworten: Der Themenschwerpunkt des Labors wurde aus den Interessen der Kinder und Jugendlichen abgeleitet. Die neu entwickelte Veranstaltung zum Arbeitsschwerpunkt des Schülerlabors weckt das aktuelle Interesse der Kinder. Da der thematische Schwerpunkt auf den für Schüler interessanten Inhalten basiert, wird erwartet, dass diese Inhalte, die mindestens einmal pro Jahr im Verlauf der Schullaufbahn von Klassen wahrgenommen werden sollen, einen wesentlichen Beitrag zur Förderung des individuellen physikalisch-technischen Interesses leisten und dem negativen Entwicklungstrend entgegenwirken. Zur Überprüfung der Wirkung dieses Schülerlabor-konzeptes wird eine langfristig angelegte Studie empfohlen.

FF7: Kann ein Themenschwerpunkt im Schülerlabor der Universität Siegen erfolgreich und dauerhaft etabliert werden?

Alle anfangs geplanten konzeptionellen Schritte zur Erreichung der Teilziele konnten erfolgreich durchgeführt werden: Aus der laborinternen Befragung wurden physikalische Themengebiete ermittelt, die Kinder und Jugendliche interessieren. Diese thematischen Bereiche wurden unter Gesichtspunkten wie Anteil an Orientierungswissen sowie gesellschaftliche Rele-

vanz betrachtet. Aus diesen Überlegungen konnte ein thematischer Arbeitsschwerpunkt für das Schülerlabor der Universität Siegen abgeleitet werden. Anhand der Analyse von Schülervorstellungen zu geo- und umweltphysikalischen Inhalten wurde eine Alters- bzw. Klassenstufe festgestellt, die für den Einstieg in die Themen des Laborschwerpunktes den größtmöglichen Erfolg verspricht. Darüber hinaus wurden Modelle zu ausgewählten Inhalten des Themenschwerpunktes konstruiert und in Rahmen eines Schülerlaborangebotes erprobt. Die Veranstaltungen wurden außerdem anhand eines Fragebogens evaluiert. Die Evaluierung ergab, dass das neu konzipierte Schülerlaborangebot, das auf der Grundlage der entwickelten Modelle basiert, das aktuelle Interesse der Kinder weckt und fördert. Daher wird ausdrücklich empfohlen, zu dem etablierten Themenschwerpunkt des Labors weitere Angebote zu entwickeln und zu erproben. In den nächsten Jahren sollte pro Klassenstufe je ein Schülerlaborangebot zu geo- und umweltphysikalischen Themen entstehen. Würden Schüler einmal pro Jahr im Laufe ihrer Schullaufbahn an diesen Veranstaltungen teilnehmen, so könnte die Förderung und Festigung des physikalisch-technischen Interesses gewährleistet werden.

Resümierend lässt sich sagen, dass die meisten eingangs formulierten Forschungsfragen im Rahmen dieser Arbeit ausführlich beantwortet werden konnten. Dennoch bleiben viele Fragen auf dem Gebiet der Interessens- und Schülerlaborforschung offen. Einige von ihnen konnten bereits hier angerissen werden. Es wird empfohlen, diesen sowie weiteren Fragen dieses Forschungsgebiets nachzugehen.

Literaturverzeichnis

Albert, M. (2010): Jugend 2010. Eine pragmatische Generation behauptet sich. Orig.-Ausg. Frankfurt am Main: Fischer-Taschenbuch-Verl.

Albert, M. et al: Infografik: Problem Klimawandel: Haltungen der Jugendlichen. Online verfügbar unter <http://www.shell.de/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/youth-study-2010climate.pdf> - Zugriffsdatum: 06.08.2013.

Anderson, B. (1986): The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions on science. In: *European journal of Science Education* 8 (2), S. S.155-171.

Bayrhuber, H., Fischer, M. (2005): *Unsere Erde* : für Kinder, die die Welt verstehen wollen. Seelze-Velber: Kallmeyer.

Bennett, J. (2010): Astronomie. Die kosmische Perspektive. 5. Aufl. Hg. v. Harald Lesch. München, Boston, Mass. [u.a.]: Pearson Studium.

Berckhemer, H. (1990): Grundlagen der Geophysik. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Bleichroth, W. (1989): Die Vertretungsstunde - eine oft vertane Chance für den Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, Chemie* 37 (42), S. S. 2-10.

Blum, A. (1987): Student's knowledge and beliefs concerning environmental issues in four countries. In: *The Journal of Environmental Education*. 18 (3), S. 28–33.

BMBF (2001): Memorandum des Ingenieurdialogs. „Zukunftssicherung des Ingenieurwesens in Deutschland". Berlin.

Boer, K. (2001): Astronomie. Berlin: Paetec.

Braun, A. (1987): Untersuchungen über das Umweltbewußtsein bei Lernenden im Schulalter. In: J. Calliess und R.E Lob (Hg.): *Praxis der Umwelt- und Friedenserziehung*. Düsseldorf: Schwan.

Christen, F. (2004): Einstellungsausprägungen bei Grundschulern zu Schule und Sachunterricht und der Zusammenhang mit ihrer Interessiertheit. Kassel: Kassel Univ. Press.

Christen, F.; Vogt, H.; Upmeyer zu Belzen, A. (2001): Einstellung von Schülern zu Schule und Sachunterricht. Erfassung und Differenzierung von typologischen Einstellungsausprägungen bei Grundschulern. In: *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie (IDB)* 10, S. 291–307.

Clauser, C. (2014): Einführung in die Geophysik. Globale physikalische Felder und Prozesse in der Erde. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Colicchia, G.; Wiesner, H. (1999): Das Stethoskop in der ärztlichen Praxis und im Physikunterricht. In: *Physik in der Schule* 37 (5), S. S. 296-302.

Daniels, Z. (2008): Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Münster ;, München u.a: Waxmann.

Deci, E.L.; Ryan, R. M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2), S. 223–238.

Duit, R. (1993a): Alltagsvorstellungen berücksichtigen! In: Rainer Müller (Hg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Duit, R. (1993 b): Schülervorstellungen- von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Rainer Müller (Hg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Elster, D. (2007): Interessante und weniger interessante Kontexte für das Lernen von Naturwissenschaften. Erste Ergebnisse der deutschen ROSE-Erhebung. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 60 (4), S. 243–249.

Engeln, K. (2004): Schülerlabors. Authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos-Verl.

Euler, M. (2011): Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In: Rainer Müller (Hg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Fachverband Umweltphysik (1997): Bericht zum Arbeitstreffen "Umweltphysik". Heidelberg. Online verfügbar unter <http://www.dpg-physik.de/dpg/gliederung/fv/up/index.html> (21.10.2011).

Fink, B. (1992): Interessensentwicklung im Kindesalter aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Relation. In: Andreas Krapp und Manfred Prenzel (Hg.): *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Münster: Aschendorff.

Fölling-Albers, M. (1995): Interessen von Grundschulkindern. In: *Grundschule* (6), S. 24–26.

Frisch, W.; Meschede, M. (2007): Plattentektonik. Kontinentverschiebung und Gebirgsbildung. 2. Aufl. Darmstadt: Wiss. Buchges.

Fuhrer, U.; Wölfling, S. (1997): Von den sozialen Grundlagen des Umweltbewusstseins zum verantwortlichen Umwelthandeln. Die sozialpsychologische Dimension globaler Umweltproblematik. Bern: H. Huber (Huber Psychologie Forschung).

Gardner, Paul L. (1987): Schülerinteressen an Naturwissenschaften und Technik. In: M. Lehrke und L. Hoffmann (Hg.): *Schülerinteressen am naturwissenschaftlichen Unterricht*. Köln: Aulis-Verl. Deubner. IPN.

Gebauer, M. (1994): *Kind und Umwelt*. Frankfurt (Main)/Berlin/Bern u.a.

Glebe, W. (2010): *Ebbe und Flut. Das Naturphänomen der Gezeiten einfach erklärt*. 1. Aufl. Bielefeld: Delius Klasing.

- Glebe, W. (2011): Eine kurze Geschichte der Gezeiten. Ebbe und Flut. In: *Physik in unserer Zeit* 2011 (42), S. 77–84.
- Goudie, A. (2007): *Physische Geographie. Eine Einführung*. 4. Aufl. München, Heidelberg: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.
- Guderian, P. (2006): *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte*. Online verfügbar unter <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-02-12/PDF/guderian.pdf> - Zugriffsdatum: 12.02.2012.
- Haan, G. de; Kuckartz, U. (1996): *Umweltbewußtsein. Denken und Handeln in Umweltkrisen*. Opladen: Westdt. Verl.
- Häckel, H. (2008): *Meteorologie. 29 Tabellen*. 6. Aufl. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer (UTB, 1338).
- Hansen, K.-H.; Klinger, U. (1997): *Interesse am naturwissenschaftlichen Lernen im Sachunterricht - Ergebnisse einer Schülerbefragung*. In: *Forschung zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 7).
- Hansen, K.-H.; Klinger, U. (1998): *Interessenentwicklung und Methodenverständnis im Fach Naturwissenschaft. Ergebnisse der Evaluation des BLK-Modellversuchs PING in Rheinland-Pfalz*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Harrer, B.; Lang, M.; Hopf, M.; Wiesner, H. (2008): *Bei Gewitter ist man im Auto sicher! Ein Modellversuch zum Faraday'schen Käfig*. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 57 (2), S. S. 45-48.
- Hartertinger, A. (1995): *Interessensentwicklung und Unterricht*. In: *Grundschule* ((6)), S. 27–29.
- Hartertinger, A. (1997): *Interessensförderung. Eine Studie zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hartertinger, A.; Fölling-Albers, M. (2001): *Interessensorientiertes Lernen als Aufgabe der Schule*. In: *Was Schule leistet. Funktionen und Aufgaben von Schule*. Weinheim: Juventa (Dresdner Studien zur Erziehungswissenschaft und Sozialforschung).
- Hartertinger, A.; Fölling-Albers, M. (2002): *Schüler motivieren und interessieren. Ergebnisse aus der Forschung, Anregungen für die Praxis*. 1. Aufl. Bad Heilbrunn/Obb: Klinkhardt (Erziehen und Unterrichten in der Schule).
- Häußler, P.; Hoffmann, L.; Langeheine, R.; Rost, J.; Sievers, K. (1996): *Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Unterricht*. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 2 (3), S. 57–69.
- Hemmer, I. et al (2005): *Interesse von Schülerinnen und Schülern an geowissenschaftlichen Themen. Ergebnisse einer Interessenstudie im Rahmen des Projekts "Forschungsdialog System Erde" unter besonderer Berücksichtigung des Geographieunterrichts*. In: *Geographie und ihre Didaktik* (2), S. 57–72.

Hoeppe, G. (1999): Blau - die Farbe des Himmels. Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akad. Verl.

Hoffmann, L.; Häußler, P.; Lehrke, M.; Todt, E. (1984): Schülerfragebogen zur Veränderung von Schülerinteressen an Physik und Technik vom 5. bis 10. Schuljahr. Kiel: IPN.

Hoffmann, L.; Häußler, P.; Lehrke, M. (1998): Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

Hoffmann, L.; Lehrke, M. (1985): Eine Zusammenstellung erster Ergebnisse aus der Querschnitterhebung 1984 über die Schülerinteressen an Physik und Technik vom 5. bis 10. Schuljahr. Kiel: IPN.

IPCC: Klimawandel 2013. Physikalische Grundlagen. Online verfügbar unter http://www.de-ipcc.de/_media/IPCC_WG1_AR5_Headlines_deutsch.pdf - Zugriffsdatum: 07.10.2014.

Jung, W. (1986): Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Rainer Müller (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. 3. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Kaazke, J. (2008): Sicherheitshalber Umweltschutz?! Globale Umweltpolitik - ein essentieller Beitrag zur Konfliktprävention. DIAS-Analyse. Düsseldorfer Institut für Außen- und Sicherheitspolitik e.V. http://www.dias-online.org/fileadmin/templates/downloads/DIAS_Analysen/Analyse32.pdf - Zugriffsdatum: 09.10.2014

Kasten, H. (1991): Beiträge zu einer Theorie der Interessenentwicklung. Wissenschaftstheoretisch-methodologische Überlegungen, theorieimmanente Klärungen und Ergebnisse empirischer Untersuchungen. Frankfurt am Main, New York: P. Lang (Studien zur Frühpädagogik, 3).

Kasten, H.; Krapp, A. (1986): Das Interessen-Genese-Projekt - eine Pilotstudie. In: *Zeitschrift für Pädagogik* §", S. 175–188.

Klose, B. (2008): Meteorologie. Eine interdisziplinäre Einführung in die Physik der Atmosphäre. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (Springer-Lehrbuch).

Konopka, H.P (1986): Die Gestaltung der Erdoberfläche. Experimente zur endogenen u. exogenen Dynamik. In: *Geographie heute* 43 (7), S. S. 36-41.

Krapp, A. (1992a): Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In: Andreas Krapp und Manfred Prenzel (Hg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung. Münster: Aschendorff (Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie, 26).

Krapp, A. (1992b): Das Interessenskonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: Andreas Krapp und Manfred Prenzel (Hg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung. Münster: Aschendorff (Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie, 26).

Langeheine, R.; Lehmann, J. (1986): Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewußtsein. Kiel: IPN.

- Lappe, L.; Tully, C. J.; Wahler, P. (2000): Das Umweltbewußtsein von Jugendlichen. Eine qualitative Befragung Auszubildender. München: DJI, Verl. Dt. Jugendinst.
- Mali, G.B; Howe, A. (1979): Development of Earth and Gravity Concepts among Nepali Children. In: *Science Education* 63 (5), S. 685–691.
- Malinowski, P.; Holtappels, H.G; Hugo, R.: Umweltschutz-Problembewußtsein, Einstellungen und Verhalten. In: Pädagogisches Institut der Landeshauptstadt Düsseldorf (Hg.): Umwelterziehung in Düsseldorf.
- Marsh, H. W. (1986): Verbal and math self-concepts: an internal/external frame of reference model. In: *American Educational Research Journal* 23, S. 129–149.
- Marsh, H. W. (1990): Influences of internal and external frames of reference on the formation of math and english self-concepts. In: *Journal of Educational Psychology* 82, S. 107–116.
- Ministerin für Schule und Weiterbildung (2011): Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein Westfalen. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Online verfügbar unter http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf
- Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (2008): Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen. Deutsch, Sachunterricht, Mathematik, Englisch, Musik, Kunst, Sport, Evangelische Religionslehre, Katholische Religionslehre. 1. Aufl. Frechen: Ritterbach (Schule in NRW, 2012). Online verfügbar unter http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/grundschule/grs_faecher.pdf.
- Möller, H. (1996): Das Gewitter. (Teil 1). In: *Praxis der Naturwissenschaften. Physik* 45 (3), S. S.41-46.
- Muckenfuss, H. (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemässen Didaktik des Physikunterrichts. 1. Aufl. Berlin: Cornelsen.
- Müller, R. (2006): Physik in interessanten Kontexten. Online verfügbar unter <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/ifdn-physik/physik-in-interessanten-kontexten-rmueller.pdf> - Zugriffsdatum: 09.01.2011
- Müller, W. (2000): Der Blutdruck und seine Messung. In: *Praxis der Naturwissenschaften. Physik* 49 (7), S. S. 26-31.
- Müller, W. (2000): Endoskopie. Blick in das Innere des Menschen. In: *Praxis der Naturwissenschaften. Physik* 49 (7), S. S. 32-35.
- Nussbaum, J. (1979): Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study. In: *Science Education* 63 (1), S. 83–93.
- Nussbaum, J.; Novak, J.D. (1976): An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews. In: *Science Education* 60 (4), S. 535–550.

- Pawek, C. (2009): Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Uni Kiel. Online verfügbar unter http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/Diss_Pawek.pdf - – Zugriffsdatum: 20.02.2012.
- Prenzel, M. (1988): Die Wirkungsweise von Interesse. Ein pädagogisch-psychologisches Erklärungsmodell. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Prenzel, M.; Krapp, A.; Schiefele, H. (1986): Grundzuege einer pädagogischen Interessentheorie. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 32 (2), S. 163–173.
- Prenzel, M.; Lankes, E.M; Minsel, B. (2000): Interessensentwicklung in Kindergarten und Grundschule: Die ersten Jahre. In: U. Schiefele (Hg.): *Interesse und Lernmotivation. Neue Studien zu Entwicklung und Wirkungen*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Priemer, B.; Schön L.-H. (2004): Gezeiten im Schulunterricht. In: *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft-Düsseldorf 2004*.
- Raith, W.; Blome, H. J.; Bergmann, L.; Schäfer, C.; Gobrecht, H. (1997): *Sterne und Welt- raum*. Berlin [u.a.]: de Gruyter (Lehrbuch der Experimentalphysik, 8).
- Roßberger, E.; Hartinger, A. (2000): Interesse an Technik. Geschlechtsunterschiede in der Grundschule 32 (6), S. 15–17.
- Vogt, H.; Wieder, B.; Schwaab, S. (2000): Individuelles Interesse bei Grundschulern als "Schutz" gegen Interessenverfall in der Sekundarstufe I. In: *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, IDB 9*, S. 83–100.
- Siegal, M.; Butterworth, G.; Newcombe, P.A (2004): Culture and children`s cosmology. In: *Developmental Science* 7 (2004), S. 308–324.
- Sneider, C.; Pulos, S. (1983): Children`s Cosmographies: Understanding the Earth`s Shape und Gravity. In: *Science Education* 67 (2), S. 205–221.
- Sommer, C. (2002): Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen-eine Untersuchung von Schülervorstellungen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 8, S. 85–102.
- Sommer, C. (2005): Untersuchungen der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. Online verfügbar unter http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00001652/d1652.pdf;jsessionid=DFE357B80CEA25FED3B8D186BB1946DD?AC=Y - Zugriffsdatum: 08.10.2014
- Strahler, A. H.; Strahler, A. N. (2005): *Physische Geographie*. 3. Aufl. Stuttgart: E. Ulmer (UTB Geowissenschaften, 8159).
- Streller, S. (2009): Förderung von Interesse an Naturwissenschaften. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebots. Frankfurt, M, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, NY, Oxford, Wien: Lang.

Stricke, K.A; Posner, G.J (1992): A revisionist theory of conceptual change. In: R.A Duschl und R.J Hamilton (Hg.): *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*. New York: State University of New York, S. S. 147-176.

Todt, E. (1987): *Elemente einer Theorie der naturwissenschaftlichen Interessen*. In: Manfred Lehrke und Lore Hoffmann (Hg.): *Schülerinteressen am naturwissenschaftlichen Unterricht*. Unters. u. Erkl. ; d. vorliegende Arbeit entstand am Inst. für d. Pädagogik d. Naturwiss. (IPN) an d. Univ. Kiel.. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Todt, E. (1990): *Entwicklung des Interesses*. In: Hildegard Hetzer und Roland Arbinger (Hg.): *Angewandte Entwicklungspsychologie des Kindes- und Jugendalters*. NUR ALS SAMMELWERK. 2. Aufl. Heidelberg [etc.]: Quelle & Meyer (Uni-Taschenbücher, 935).

Vosniadou, S.; Brewer, W.F (1992): *Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood*. In: *Cognitive Psychology* 24, S. 535–585.

Wieder, B. (1999): *Interessenentwicklung im Vor- und Grundschulalter. Eine grundlegende Studie*. In: *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, IDB 8*, S. 19–28.

Wiesner, H.; Hopf, M. (2004): *Manchmal ist es gut, ein Huhn zu sein. Schrittspannungen beim Blitzschlag*. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 53 (2), S. S. 41-45.

Williams, E.R (1989): *Das Gewitter als elektrischer Generator*. In: *Spektrum der Wissenschaft* (1), S. S.80-89.

Wodzinski, R. (1996) (2011): *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik...* In: Rainer Müller (Hg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. 3. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Wunderlich, M. (2006): *Inspiration Natur. Patentwerkstatt Bionik*. Hg. v. Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU. Online verfügbar unter <https://www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/111206120202e29f.pdf> - Zugriffsdatum: 10.02.2011

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1.1: HAUPTZIEL (HZ) UND TEILZIELE (TZ) SOWIE KONZEPTIONELLE SCHRITTE (KS) ZUR VERWIRKLICHUNG DER ZIELE.	15
ABB. 3.1: STRUKTUR DES INTERESSENSKONSTRUKTES NACH KRAPP (NACH KRAPP [1992A, S. 15]).	36
ABB. 3.2: DIE VARIABLENSTRUKTUR DES WIRKUNGSMODELLS (NACH PRENZEL, KRAPP UND SCHIEFELE, [1986, S. 169]).	37
ABB. 4.1: DESIGN DER INTERESSENSBEFRAGUNG	63
ABB. 4.2: GRAFISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE AUS DER TAB. TAB. 4.4 (UNTEN BEWERTUNG DURCH DIE VERGABE DER PLÄTZE, OBEN BEWERTUNG DURCH PUNKTEVERGABE).	69
ABB. 4.3: GRAFISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE AUS DER TAB. 4.5.	71
ABB. 4.4: GRAFISCHE DARSTELLUNG DER HÄUFIGKEITEN AUS DER TAB. 4.8.	76
ABB. 4.5: GRAFISCHE DARSTELLUNG DER BEGRÜNDUNGSHÄUFIGKEITEN AUS DER TAB. 4.9. .	78
ABB. 4.6: ANGABEN ZUR BESCHÄFTIGUNG MIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN THEMEN IN DER FREIZEIT.....	79
ABB. 4.7: GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE AUS DER TAB. 4.10.....	80
ABB. 5.1: EINSTELLUNGEN VON JUGENDLICHEN ZUR UMWELTPROBLEMATIK KLIMAWANDEL (NACH ALBERT ET AL., HTTP://WWW.SHELL.DE/CONTENT/DAM/SHELL-NEW/LOCAL/COUNTRY/DEU/DOWNLOADS/PDF/YOUTH-STUDY-2010CLIMATE.PDF).....	90
ABB. 5.2: DIE IM INTERVIEW VON NUSSBAUM UND NOVAK BENUTZTEN AUFGABEN (NACH NUSSBAUM UND NOVAK [1976, S.538-546]).	92
ABB. 5.3: VERSCHIEDENE AUSPRÄGUNGEN DES VORSTELLUNGSNIVEAUS I VON NUSSBAUM UND NOVAK (NACH NUSSBAUM UND NOVAK [1976, S. 543]).	92
ABB. 5.4: VORSTELLUNGSNIVEAUS I BIS V VON NUSSBAUM UND NOVAK (NACH NUSSBAUM [1979, S.83]).	93
ABB. 5.5: VERSCHIEDENE AUSPRÄGUNGEN DER VORSTELLUNGSNIVEAUS I UND II NACH NUSSBAUM (NACH NUSSBAUM [1979, S.88]).	95
ABB. 5.6: VORSTELLUNGSNIVEAUS I BIS V VON NUSSBAUM (NACH NUSSBAUM [1979, S.89]).	95
ABB. 5.7: VERSCHIEDENE AUSPRÄGUNGEN DES VORSTELLUNGSNIVEAUS I VON MALI UND HOWE (NACH MALI UND HOWE [1979, S.687]).	97
ABB. 5.8: VORSTELLUNGEN VON DER ERDFORM SOWIE VON DER ERDANZIEHUNGSKRAFT NACH SNEIDER UND PULOS (NACH SNEIDER UND PULOS [1983, S.212]).	98
ABB. 5.9: VORSTELLUNGSNIVEAUS I BIS V NACH SNEIDER UND PULOS (NACH SNEIDER UND PULOS [1983, S. 214]).	98
ABB. 6.1: SÄULENDIAGRAMM ZUR TAB. 6.6	114
ABB. 6.2: GRAFISCHE DARSTELLUNG DES DURCHSCHNITTSALTERS IN BEZUG AUF DIE EINZELNEN KATEGORIEN.	115
ABB. 6.3: VERTEILUNG DER VIERTKLÄSSLER AUF DIE EINZELNEN VORSTELLUNGSNIVEAUS.	116
ABB. 6.4: AUSGEWÄHLTE KINDERZEICHNUNGEN ZEIGEN, WIE KINDER SICH DIE UMWELTVERSCHMUTZUNG UND UMWELTEREIGNISSE VORSTELLEN, DIE OBEREN BILDER WURDEN VON KINDERN DER KLASSENSTUFEN 1 UND 2 ANGEFERTIGT, DIE UNTEREN VON KINDERN DER KLASSENSTUFEN 3 UND 4.....	118
ABB. 6.5: GRAFISCHE DARSTELLUNG DER KINDLICHEN SICHTWEISEN IM BEREICH UMWELT; UMWELTVERSCHMUTZUNG UND GLOBALE UMWELTPROBLEME SIND DURCH KÄSTCHENMUSTER HERVORGEHOBEN, UMWELTEREIGNISSE DURCH LINIENMUSTER... ..	120
ABB. 6.6: GRAFISCHE DARSTELLUNG ZUR TAB. 6.12.....	121

ABB. 6.7: GRAFISCHE DARSTELLUNG ZUR TAB. 6.13.....	123
ABB. 7.1: LINKS: SCHALENAUFBAU DER ERDE; RECHTS: AUFBAU DER ERDKRUSTE UND DES MANTELS (NACH STRAHLER [2005, S. 272; 273]).	126
ABB. 7.2: LINKS: VORGANG DER PLANETAREN DIFFERENZIERUNG BZW. DIFFERENTIATION, DER ZUR AUSBILDUNG VON SCHALEN IN DER ERDE GEFÜHRT HAT; RECHTS: SCHALENAUFBAU DER ERDE HEUTE (NACH BENNETT [2010, S. 354; S. 358]).	128
ABB. 7.3: INNERER AUFBAU TERRESTRISCHER PLANETEN SOWIE DES ERDMONDES (NACH BENNETT [2010, S. 354]).....	129
ABB. 7.4: LINKS: „PROTOERDE“ MIT EINEM EINGEBAUTEN BECHERGLAS ZUR DARSTELLUNG DER DIFFERENZIERUNG; RECHTS: ANSCHLÜSSE FÜR DIE INBETRIEBNAHME DER HEIZFOLIEN.....	130
ABB. 7.5: AUFBAU DES MODELLS ZUR DARSTELLUNG DER PLANETAREN DIFFERENZIERUNG UND ZUSATZMATERIAL ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERSUCHES (EISENPFEILSPÄNE, HOLZSPÄNE, KERZENWACHS, AM BESTEN VORHER GERIEBEN, UND FRISCHHALTEFOLIE).	132
ABB. 7.6: DAS GEMISCH AUS EISEN-, HOLZPFEILSPÄNEN UND KERZENWACHS ALS MODELL FÜR DIE HOMOGEN VERTEILTE MATERIE EINES PLANETESIMALS.....	133
ABB. 7.7: ANORDNUNG DER ANFANGS HOMOGEN VERTEILTEN MATERIE IN SCHICHTEN NACH DEM ERHITZEN IM BECHERGLAS DER MODELL-ERDE ZUR VERDEUTLICHUNG DER PLANETAREN DIFFERENZIERUNG.	134
ABB. 7.8: LINKS: DIE DREI WICHTIGSTEN VORGÄNGE, DIE ZUR ERWÄRMUNG DES ERDINNEREN GEFÜHRT HABEN; RECHTS: DIE DREI ABKÜHLUNGSMECHANISMEN EINES PLANETEN (NACH BENNETT [2010, S. 358, 359]).	135
ABB. 7.9: KONVEKTIONSZELLEN IM ERDMANTEL (NACH BENNETT [2010, S. 389]).	137
ABB. 7.10: KERNDYNAMOMODELL VON F. BUSSE (NACH BERCKHEMER [1990, S. 148]).	138
ABB. 7.11: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES MAGNETFELDES DER ERDE SOWIE DER GASPLANETEN (NACH RAITH ET AL. [1997, S. 519]).	139
ABB. 7.12: LINKS: DAS LACKIERTE KUNSTSTOFFAQUARIUM MIT DEM „ERDKERN“ (ACRYLGLASHALBKUGEL MIT DEM HEIZDRAHT). RECHTS: EIN LAMINIERTES BILD DES PLANETEN ERDE IN DER GRÖÖE DES AQUARIUMS.	140
ABB. 7.13: GROÖE HOLZPLATTE DIENT ALS MODELL DER LITHOSPÄRENRÄNDER UND KLEINERE HOLZPLÄTTCHEN ALS EINZELNE LITHOSPÄRENPLATTEN MIT KONTINENTALER UND OZEANISCHER KRUSTE DARAUF.....	141
ABB. 7.14: SEITENANSICHT DES MANTELKONVEKTION-MODELLS MIT DEN DARIN ANGEDEUTETEN KONVEKTIVEN STRÖMUNGEN.....	142
ABB. 7.15: OBERFLÄCHE DER ERDE UNTERTEILT IN LITHOSPÄRENPLATTEN (NACH FRISCH, MESCHEDE [2007, S. 13]).	144
ABB. 7.16: DIE DREI ARTEN VON PLATTENGRENZEN SCHEMATISCH DARGESTELLT (NACH FRISCH, MESCHEDE [2007, S. 15]).	145
ABB. 7.17: ENTSTEHUNG DER ENTGEGENGESETZT MAGNETISIERTEN STREIFEN ENTLANG DES MITTELOZEANISCHEN RÜCKENS. FARBIGE STREIFEN WEISEN EINE AUSRICHTUNG, DIE DER HEUTIGEN MAGNETFELDRICHTUNG ENTSPRICHT, GRAUE STREIFEN SIND ENTGEGENGESETZT MAGNETISIERT (NACH STRAHLER UND STRAHLER [2005, S. 244] SOWIE FRISCH UND MESCHEDE [2007, S. 16]).	146
ABB. 7.18: EIN AUS ACRYLGLASPLATTEN ZUSAMMENGEBAUTES AQUARIUM ALS MODELL DES ERDINNEREN MIT EINEM SPALT IN DER MITTE, DER IM MODELL DIE FUNKTION DES MITTELOZEANISCHEN RÜCKENS ERFÜLLT.	148
ABB. 7.19: HOLZBRETTCHEN ALS MODELL DER LITOSPÄRENPLATTEN UND SPULE MIT EINEM EISENKERN ALS MODELL DES ERDKERNS.	149
ABB. 7.20: AUFBAU UND ERGEBNIS DES VERSUCHES/ DES MODELLS DER PLATTENTEKTONIK.	151

ABB. 7.21: DAS ERGEBNIS DES VERSUCHES VERANSCHAULICHT DIE ENTSTEHUNG DER ENTGEGENGESETZT MAGNETISIERTEN STREIFEN ENTLANG DES MITTELOZEANISCHEN RÜCKENS.	152
ABB. 7.22: LINKS: DICHTE- UND DRUCKABNAHME IN DER ATMOSPÄRENLUFT MIT WACHSENDER HÖHE (NACH <i>BENNETT</i> [2010, S. 412]); RECHTS: DIE GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER BAROMETRISCHEN HÖHENFORMEL ZEIGT DIE EXPONENTIELLE ABNAHME DES DRUCKES MIT DER HÖHE FÜR EIN ATMOSPÄRENMODELL EINER KONSTANTEN TEMPERATUR (NACH <i>HERING ET AL.</i> [2012, S. 129]).	154
ABB. 7.23: LINKS: DARSTELLUNG DER ISOBAREN UND DES DRUCKGRADIENTEN. RECHTS: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER SEE-UND DER LANDWIND-ENTSTEHUNG. (NACH <i>STRAHLER</i> UND <i>STRAHLER</i> [2005, S.98, 99]).	155
ABB. 7.24: LINKS: ZWEI GROBE ZIRKULATIONSZELLEN IM MODELL DER NICHT ROTIERENDEN ERDE. MITTE: DIE AUFTEILUNG DER GROßEN ZELLEN IN VIELE KLEINERE INFOLGE DER ERDROTATION UND DES DARAUS RESULTIERENDEN CORIOLIS-EFFEKTES. RECHTS: RICHTUNG DER GLOBALEN WINDMUSTER AUF DER ERDE. (QUELLE: <i>BENNETT</i> [2010, S. 423-426]).	156
ABB. 7.25: AUFBAU DES MODELLS/VERSUCHES ZUR VERANSCHAULICHUNG DER WINDENTSTEHUNG.	158
ABB. 7.26: DAS ERGEBNIS DES SCHÜLERVERSUCHES ZUR WINDENTSTEHUNG. DIE LUFTSTRÖMUNGEN WERDEN MITHILFE DES WASSERDAMPFES VERDEUTLICHT.	159
ABB. 7.27: LINKS: DIE WICHTIGSTEN WECHSELWIRKUNGEN DER STRAHLUNG MIT DER MATERIE (NACH <i>BENNETT</i> [2010, S. 418]); RECHTS: FARBLICHE ZUSAMMENSETZUNG DES GESTREUTEN UND DES DURCHGELASSENEN LICHTES BEI RAYLEIGH-STREUUNG (NACH <i>HOEPPE</i> , [1999], S. 418]).	160
ABB. 7.28: DIE ENTSTEHUNG DER HIMMELSFARBEN (NACH <i>BENNETT</i> [2010, S. 419]).	162
ABB. 7.29: AUFBAU DES VERSUCHS ZUR DARSTELLUNG VON HIMMELSFARBEN.	164
ABB. 7.30: VERANSCHAULICHUNG DES HIMMELSBLAUS UND DES ABENDROTS.	165
ABB. 7.31: DIE UNTERSCHIEDLICH LANGEN LICHTWEGE DURCH DIE MODELL-ERDATMOSPHERE.	166
ABB. 7.32: VERANSCHAULICHUNG DER THEORIEN ZUR ENTSTEHUNG EINES GEWITTERS; LINKS-NIEDERSCHLAGSHYPOTHESE; RECHTS KONVEKTIONSHYPOTHESE. (NACH <i>WILLIAMS</i> [1989, S. 82]).	168
ABB. 7.33: LADUNGSÜBERTRAGUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR. (NACH <i>WILLIAMS</i> [1989, S. 84]).	169
ABB. 7.34: MODELL DER GEWITTERWOLKE ZUR VERANSCHAULICHUNG DER PROZESSE IM INNEREN DER WOLKE, DIE ZUR AUFLADUNG DER WOLKE FÜHREN.	172
ABB. 7.35: AUFBAU DES MODELLS ZUR ENTSTEHUNG DER GEWITTERELEKTRIZITÄT.	173
ABB. 7.36: SPIELFIGUR AUSGESTATTET MIT EINER LEUCHTDIODE UND EINEM VORWIDERSTAND FÜR DIE ANZEIGE DER SCHRITTSPANNUNG.	174
ABB. 7.37: AUFBAU DES MODELL-VERSUCHES ZUR VERANSCHAULICHUNG DER SCHRITTSPANNUNG.	175
ABB. 7.38: AUFBAU DES MODELL-VERSUCHES ZUR VERANSCHAULICHUNG DER GEFAHREN UND VORSICHTSMAßNAHMEN BEI EINEM GEWITTER.	177
ABB. 7.39: DEMONSTRATION EINES BLITZEINSCHLAGES IN EIN MODELLAUTO UND IN EIN MODELLHAUS MIT EINEM BLITZABLEITER.	177
ABB. 7.40: ENTSTEHUNG DER JAHRESZEITEN AUF DER ERDE. (NACH <i>BENNETT</i> [2010, S. 49]). ...	180
ABB. 7.41: LINKS: HEUTIGE NEIGUNG DER ERDACHSE; RECHTS: DIE PRÄZSSION DER ERDACHSE IM LAUFE DER JAHRTAUSENDE. (NACH <i>BENNETT</i> [2010, S. 428; S. 54]).	181
ABB. 7.42: AUFBAU DES VERSUCHS ZUR VERANSCHAULICHUNG DER JAHRESZEITENENTSTEHUNG. LINKS: SOMMER, AUF DER NORDHALBKUGEL RECHTS: WINTER AUF DER NORDHALBKUGEL.	182

ABB. 7.43: GRAVITATIONSBSCHLEUNIGUNG AN VERSCHIEDENEN ORTEN DER ERDE (NACH <i>BOER ET AL.</i> , [2001, S. 113]).	184
ABB. 7.44: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER FLUTBERGE (NACH <i>BOER ET AL.</i> , [2001, S. 113]).	185
ABB. 7.45: TIDENHUB ZU UNTERSCHIEDLICHEN MONDPHASEN (NACH <i>GLEBE</i> [2010, S. 48]).	186
ABB. 7.46: HIMMELSKÖRPERKONSTELLATIONEN BEI VOLL-, NEUMOND SOWIE BEIM ABNEHMENDEN UND ZUNEHMENDEN MOND (NACH <i>GLEBE</i> [2010, S. 45, 46]).	187
ABB. 7.47: LINKS: MONDBAHN IM VERLAUF EINES JAHRES OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DER MONDORBITROTATION. RECHTS: MONDORBITROTATION (NACH <i>GLEBE</i> [2010, S. 41]).	188
ABB. 7.48: KONSTRUKTION DES MODELL-ERDKÖRPERS AUS EINEM ALTEN GLOBUS, DER MITTLERE TEIL DES GLOBUS WIRD AUSGESÄGT.	190
ABB. 7.49: DIE ACHSEN UND DAS DARIN EINGEBAUTE SPRITZEN-SCHLAUCHSYSTEM.	191
ABB. 7.50: DIE HYDRAULISCHE PRESSE SORGT FÜR DAS „HERAUSFAHREN DER FLUTBERGE“.	191
ABB. 7.51: DAS ZUSAMMENGEBAUTE MODELL MIT ALL SEINEN ACHSEN.	192
ABB. 7.52: EIN KISSENBEZUG DIENST FÜR EINE REALISTISCHE GESTALTUNG DES MODELL- ERDKÖRPERS.	193
ABB. 7.53: DIE ZEIT- SOWIE DIE TAGESEINTEILUNG AUF DEM HOLZFUß DES MODELLS.	193
ABB. 7.54: DIE SPIELFIGUR AUF DER MODELL-ERDE ERLEBT GERADE DIE FLUT ODER DAS HOCHWASSER.	194
ABB. 7.55: DIE SPIELFIGUR AUF DER MODELL-ERDE ERLEBT GERADE TIEFWASSER ODER EBBE.	195
ABB. 8.1: IMPRESSIONEN ZUR VERANSTALTUNG „PLANET ERDE“, AUF DEN BILDERN SIND EINIGE AUSGEWÄHLTE STATIONEN DER VERANSTALTUNG „PLANET ERDE“ ZU SEHEN.	198
ABB. 8.2: EINIGE AUSGEWÄHLTE BRIEFE DER SCHÜLER AN DIE BETREUER DES LABORS.	204
ABB. 8.3: MITTELWERTE DER LABORVARIABLEN UND INTERESSENSKOMPONENTEN IM RAHMEN DES ANGEBOTES „PLANET ERDE“.	206
ABB. 8.4: MITTELWERTE DER LABORVARIABLEN UND INTERESSENSKOMPONENTEN IM RAHMEN DES ANGEBOTES „ELEKTRIZITÄT UND ENERGIE“.	207

Tabellenverzeichnis

TAB. 2.1: ÜBERSICHT ÜBER DIE ANGEBOTE DES SCHÜLERLABORS DER UNIVERSITÄT SIEGEN STAND 2011.....	29
TAB. 4.1: ZUSAMMENSETZUNG DER STICHPROBE BEI DER SCHÜLERBEFRAGUNG.....	62
TAB. 4.2: DIE ZUSAMMENSETZUNG DER STICHPROBE BEI DER LEHRERBEFRAGUNG	62
TAB. 4.3: EINGESETZTE ITEMS GEORNET NACH THEMENGEBIETEN. FETT MARKIERTE FRAGEN SIND ZUSATZFRAGEN UND WURDEN NUR IM ZWEITEN FRAGEBOGEN FÜR JUGENDLICHE EINGESETZT.....	65
TAB. 4.4: MITTELWERTE SOWIE STANDARDABWEICHUNGEN DER BEWERTUNGEN VON THEMENGEBIETEN. LINKS BEWERTUNG DURCH DIE VERGABE DER PLÄTZE (PLATZ 1 - SEHR VIEL FREUDE BIS PLATZ 5 - KEINE FREUDE). RECHTS BEWERTUNG DURCH PUNKTEVERGABE (VON 0 PUNKTE – KEIN SPAß BIS 3 PUNKTE – SEHR VIEL SPAß).....	69
TAB. 4.5: MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN DER BEWERTUNGEN VON JUNGEN UND MÄDCHEN (BEWERTUNG NACH PUNKTEN; DIE STATISTIK ZUR BEWERTUNG NACH PLÄTZEN KANN DEM ANHANG 10.9 ENTNOMMEN WERDEN).....	71
TAB. 4.6: HÄUFIGKEITEN DER NENNUNGEN BEI DER VERGABE VON PLÄTZEN.....	73
TAB. 4.7: HÄUFIGKEITEN DER NENNUNGEN BEI DER VERGABE VON PUNKTEN.....	74
TAB. 4.8: DIE HÄUFIGKEITEN DER BEGRÜNDUNGEN EINES BESONDERS INTERESSANTEN THEMAS.....	75
TAB. 4.9: BEGRÜNDUNGSKATEGORIEN UND DIE HÄUFIGKEITEN IHRER NENNUNGEN.....	77
TAB. 4.10: WIE GRUNDSCHULLEHRER DAS INTERESSE DER MÄDCHEN UND DAS DER JUNGEN AN DEN AUSGEWÄHLTEN THEMENBEREICHEN EINSCHÄTZEN (0 PUNKTE – KEIN INTERESSE, 3 PUNKTE – SEHR HOHES INTERESSE).....	79
TAB. 6.1: AUFTRAGSKATALOG ZUR ANFERTIGUNG EINER ZEICHNUNG.....	109
TAB. 6.2: VERTEILUNG DER KINDER DER STICHPROBE AUF ALTERS- BZW. KLASSENSTUFEN; ANGABE IN HÄUFIGKEIT (N) UND IN PROZENT.....	109
TAB. 6.3: AUSWERTUNGSMATRIX FÜR DIE ZUORDNUNG DER KINDERZEICHNUNGEN ZU DEN EINZELNEN KATEGORIEN.....	111
TAB. 6.4: VERTEILUNG DER BEFRAGTEN KINDER AUF DIE VORSTELLUNGSNIVEAUS I BIS IV, IN DER LETZTEN SPALTE SIND DIE KINDER ERFASST, DIE IN IHREN ZEICHNUNGEN ZWISCHEN VERSCHIEDENEN KATEGORIEN WECHSELTEN. (N=279).....	112
TAB. 6.5: AUSGEWÄHLTE ZEICHNUNGEN, GEORNET NACH LEVELS UND DEREN AUSPRÄGUNGEN.....	113
TAB. 6.6: UNTERTEILUNG DER BEFRAGTEN KINDER NACH ALTER UND NACH KATEGORIE IHRER ANSICHT.....	114
TAB. 6.7: DAS MITTLERE ALTER DER BEFRAGTEN KINDER IN BEZUG AUF DIE EINZELNEN VORSTELLUNGSLEVELS (N=277), N: ANZAHL, \bar{x} : DURCHSCHNITTSALTER, S: STANDARDABWEICHUNG DES MITTELWERTES.....	115
TAB. 6.8: VERTEILUNG DER KINDER AUF DIE KLASSENSTUFEN UND AUF DIE NIVEAUS.....	116
TAB. 6.9: AUSWERTUNGSMATRIX ZUR QUANTITATIVEN ERFASSUNG VON KINDLICHEN SICHTWEISEN ZUR UMWELTVERSCHMUTZUNG UND ZU UMWELTEREIGNISSEN.....	117
TAB. 6.10: DIE HÄUFIGKEIT DER NENNUNGEN IN PROZENT IN DER GESAMTEN STICHPROBE (N=150).....	119
TAB. 6.11: UMWELTBEZOGENE VORSTELLUNGEN DER KINDER, UNTERTEILUNG NACH ALTERSSTUFEN (N=150).....	120
TAB. 6.12: UMWELTBEZOGENE VORSTELLUNGEN DER KINDER, UNTERTEILUNG NACH KLASSENSTUFEN (N=150).....	121
TAB. 6.13: ANTEIL DER KINDER IN PROZENT, DIE EINE VORSTELLUNG ÜBER DIE UMWELTVERSCHMUTZUNG, UMWELTPROBLEME SOWIE NATURKATASTROPHEN AUSGEBILDET HABEN; N=150.....	122

TAB. 8.1: ÜBERSICHT ÜBER DIE STATIONEN DES ANGEBOTES „PLANET ERDE“	198
TAB. 8.2: ÜBERSICHT ÜBER DIE STATIONEN DES ANGEBOTES „ELEKTRIZITÄT UND ENERGIE“.	200
TAB. 8.3: ZUSAMMENSETZUNG DER EVALUATIONSSTICHPROBE.	201
TAB. 8.4: ITEMS ZUR BEWERTUNG DER LABORVARIABLEN, VERÄNDERTE FORMULIERUNG NACH <i>ENGELN</i> (QUELLE: <i>ENGELN</i> [2004, S. 74-75]).	202
TAB. 8.5 ITEMS ZUR ERFASSUNG DER INTERESSENSKOMPONENTEN, VERÄNDERTE FORMULIERUNG NACH <i>ENGELN</i> (QUELLE: <i>ENGELN</i> [2004, S. 74-75]).	203
TAB. 8.6: MITTELWERTE (\bar{x}) UND STANDARDABWEICHUNGEN (S) DER EINZELNEN VARIABLEN (ZUR PARAMETRISIERUNG: 1 PUNKT – SEHR NIEDRIGE AUSPRÄGUNG DER VARIABLE, 4 PUNKTE-SEHR HOHE AUSPRÄGUNG DER VARIABLE, Z.B. „ICH HABE DIE ANLEITUNGEN ZU DEN VERSUCHEN NICHT VERSTANDEN“-1 PUNKT, „ICH HABE DIE ANLEITUNGEN ZU DEN VERSUCHEN SEHR GUT VERSTANDEN“-4 PUNKTE).	205
TAB. 8.7: ANTWORTHÄUFIGKEITEN ZU DEN EINZELNEN ITEMS, BETRACHTET WURDEN NUR HÄUFIGKEITEN DER ANWORTMÖGLICHKEITEN „STIMMT ZIEMLICH“ UND „STIMMT VÖLLIG“.	208
TAB. 8.8: ANTWORTHÄUFIGKEITEN ZU INTERESSENSKOMPONENTEN, BETRACHTET WURDEN NUR HÄUFIGKEITEN DER ANWORTMÖGLICHKEITEN „STIMMT ZIEMLICH“ UND „STIMMT VÖLLIG“.	210

Anhang

Anhang 0.1: Fragebogen zur Erhebung des situationalen Interesses bei Kindern von der dritten bis zur sechsten Klassenstufe – Seite 1 (gekürzte Version des Fragebogens für Jugendliche).

Fragebogen des Schülerlabors der Uni Siegen

Die Veranstalter des Schülerlabors bemühen sich Versuche zu den Themen vorzubereiten und anzubieten, die dir besonders viel Freude bereiten. Du kannst ihnen bei der Wahl der Themen helfen, indem du diesen Fragebogen ehrlich beantwortest.

Angaben zu deiner Person: Kreuze das an, was auf dich zutrifft:

Bist du ein Junge oder ein Mädchen?

- a Junge
b Mädchen

Wie alt bist du?

_____ Jahre alt

Welche Klasse besuchst du?

_____ Klasse

Welche Schule besuchst du?

- a Grundschule
b Hauptschule
c Realschule
d Gymnasium
e Gesamtschule
f Förderschule

Sicherlich hast du schon etwas über die Wissenschaft gehört, die als Physik bezeichnet wird. Beschäftigst du dich gerne mit physikalischen Themen?

- a sehr gerne
b gerne
c nur mit einigen Themen
d ungerne

Bei den nächsten 2 Fragen sollst du für die angebotenen Themen Rangplätze vergeben. Das Thema, das dir am meisten Freude bereitet, bekommt natürlich den 1. Platz; den 5. Platz gibt es für das langweiligste Thema.

1. Frage: Zum Geburtstag bekommst du einen Experimentierkoffer, mit dem du unter anderem das Thema erforschen kannst:

- a Welche Methoden ein Augenarzt zur Untersuchung von Augen benutzt und wie diese funktionieren
b Warum ein Eisbär nicht friert
c Warum es Sonnen- und Mondfinsternisse gibt
d Warum es Erdbeben gibt
e Wie ein Gewitter entsteht

2. Frage: Du hast die Wahl eine der fünf folgenden Galileo-Sendungen zu sehen:

- a Warum können Fledermäuse im Dunklen jagen?
b Was ist Ozonloch und wie gefährlich ist es für Menschen?
c Wie werden innere Organe z.B. Magen oder Darm untersucht?
d Wie funktioniert ein Fernrohr, das zum Beobachten von Sternen und anderen Himmelsobjekten benutzt wird?
e Wiesieht es im Inneren der Erde aus und warum wird sie mit einem riesigen Magneten verglichen?

3. Frage: In einer "Forscher AG" sollten die Themen behandelt werden, die dir und deinen Klassenkameraden besonders viel Spaß machen würden. Vergib für die angebotenen Themen Punkte (0- gar kein Spaß; 1- nur wenig Spaß; 2- viel Spaß; 3- sehr viel Spaß)!

- a Warum sehen einige Brillenträger nahe und andere ferne Gegenstände schlecht?
b Was würde mit der Erde passieren, wenn das ganze Eis am Nord- und Südpol schmelzen würde?
c Wiesind die Planeten entstanden?
d Wie finden Bienen den Weg zurück zu ihrem Bienenhaus?
e Wie kommt es zu den Ausbrüchen von Geysiren und Vulkanen?
f Warum ist die Erde im Inneren so heiß und wie kann man diese Wärme nutzen?

Fragebogen des Schülerlabors der Uni Siegen

- | | |
|---|---------|
| | 0 1 2 3 |
| g Pinguine benötigen sehr wenig Energie beim Schwimmen. Warum ist das so? | □ □ □ □ |
| h Sind Kometen eigentlich Sterne; wieso haben sie dann einen leuchtenden Schweif? | □ □ □ □ |
| i Wie funktioniert ein medizinisches Gerät zum Abhören des Herzens? | □ □ □ □ |
| j Wie kann man die Energie der Sonne und des Windes nutzen? | □ □ □ □ |

4. Frage: Bei der vorherigen Frage hast du sicherlich ein oder mehrere Themen angegeben, an denen du besonders viel Spaß hättest. Wähle ein Thema aus und begründe in max. drei Sätzen warum dies es Thema dich am meisten interessiert:

5. Frage: Beschäftigst du dich mit diesem Thema in deiner Freizeit?

- a ja
b nein

6. Frage: Wenn du die vorherige Frage mit "ja" beantwortet hast, dann müsstest du noch ankreuzen, wie genau du dich mit dem Thema beschäftigst?

- A Ich unterhalte mich mit meinen Freunden, Geschwistern, Eltern oder Lehrern darüber
B Ich lese Bücher darüber
C Ich suche im Internet nach Informationen darüber
D Ich schaue mir Sendungen dazu an
E Sonstiges

Vielen Dank fürs Mitmachen!

Fragebogen des Schülerlabors der Uni Siegen

Die Veranstalter des Schülerlabors bemühen sich Versuche zu den Themen vorzubereiten und anzubieten, die dir besonders viel Freude bereiten. Du kannst ihnen bei der Wahl der Themen helfen, indem du diesen Fragebogen ehrlich beantwortest.

Angaben zu deiner Person: Kreuze das an, was auf dich zutrifft:

Bist du ein Junge oder ein Mädchen?

- a Junge
b Mädchen

Wie alt bist du?

_____ Jahre alt

Welche Klasse besuchst du?

_____ Klasse

Welche Schule besuchst du?

- a Grundschule
b Hauptschule
c Realschule
d Gymnasium
e Gesamtschule
f Förderschule

Sicherlich hast du schon etwas über die Wissenschaft gehört, die als Physik bezeichnet wird. Beschäftigst du dich gerne mit physikalischen Themen?

- a sehr gerne
b gerne
c nur mit einigen Themen
d ungerne

Bei den nächsten 3 Fragen sollst du für die angebotenen Themen Rangplätze vergeben. Das Thema, das dir am meisten Freude bereitet, bekommt natürlich den 1. Platz; den 5. Platz gibt es für das langweiligste Thema.

1. Frage: Zum Geburtstag bekommst du einen Experimentierkoffer, mit dem du unter anderem das Thema erforschen kannst:

- a Welche Methoden ein Augenarzt zur Untersuchung von Augen benutzt und wie diese funktionieren.
b Warum ein Eisbär nicht friert.
c Warum es Sonnen- und Mondfinsternisse gibt.
d Warum es Erdbeben gibt.
e Wie ein Gewitter entsteht.

2. Frage: Du hast die Wahl eine der fünf folgenden Galileo-Sendungen zu sehen:

- a Warum können Fledermäuse im Dunklen jagen?
b Was ist Ozonloch und wie gefährlich ist es für den Menschen?
c Wie werden innere Organe z.B. Magen oder Darm untersucht?
d Wie funktioniert ein Fernrohr, das zum Beobachten von Sternen und anderen Himmelsobjekten benutzt wird?
e Wie sieht es im Inneren der Erde aus und warum wird sie mit einem riesigen Magneten verglichen?

3. Frage: Als Hausaufgabe sollst du eine Internetrecherche über eines der fünf Themen durchführen:

- a Wie entstehen Meeresströmungen und wie beeinflussen sie das Klima?
b Was sind Schwarze Löcher?
c In den Polargebieten kann man am nächtlichen Himmel beeindruckende Lichtschauspiele beobachten, diese heißen Polarlichter. Doch wie entstehen sie?
d Wie funktioniert ein medizinisches Gerät zum Abhören des Herzens?
e Warum fliegt die Ahornfrucht?

Fragebogen des Schülerlabors der Uni Siegen

4. Frage: In einer "Forscher AG" sollten die Themen behandelt werden, die dir und deinen Klassenkameraden besonders viel Spaß machen würden. Vergib für die angebotenen Themen Punkte (0- gar kein Spaß; 1- nur wenig Spaß; 2- viel Spaß; 3- sehr viel Spaß)!

- a Warum sehen einige Brillenträger nahe und andere ferne Gegenstände schlecht?
- b Was würde mit der Erde passieren, wenn das ganze Eis am Nord- und Südpol schmelzen würde?
- c Wie sind die Planeten entstanden?
- d Wie finden Bienen den Weg zurück zu ihrem Bienenhaus?
- e Wie kommt es zu den Ausbrüchen von Geysiren und Vulkanen?
- f Was ist Blutdruck und wie kann man ihn messen?
- g Warum ist die Erde im Inneren so heiß und wie kann man diese Wärme nutzen?
- h Pinguine benötigen sehr wenig Energie beim Schwimmen. Warum ist das so?
- i Sind Kometen eigentlich Sterne? Wieso haben sie einen leuchtenden Schweif?
- j Wie kann man die Energie der Sonne und des Windes nutzen?
- k Warum können wir immer nur die eine Seite des Mondes sehen?
- l Können sich Kontinente bewegen, Ozeane verschwinden und neu entstehen?
- m Wie entstehen Gletscher und wie werden sie untersucht?

5. Frage: Bei der vorherigen Frage hast du sicherlich ein oder mehrere Themen angegeben, an denen du besonders viel Spaß hättest. Wähle ein Thema aus und begründe in max. drei Sätzen warum dieses Thema dich am meisten interessiert:

6. Frage: Beschäftigst du dich mit diesem Thema in deiner Freizeit?

- a ja
- b nein

7. Frage: Wenn du die vorherige Frage mit "ja" beantwortet hast, dann müsstest du noch ankreuzen, wie genau du dich mit dem Thema beschäftigst?

- A Ich unterhalte mich mit meinen Freunden, Geschwistern, Eltern oder Lehrern darüber
- B Ich lese Bücher darüber
- C Ich suche im Internet nach Informationen darüber
- D Ich schaue mir Sendungen dazu an
- E Sonstiges

Vielen Dank für's Mitmachen!

Items aus der Befragung der Grundschullehrer zur Einschätzung der Schülerinteressen

Was glauben Sie, wie interessant sind die folgenden Themen für die Mehrheit der Schülerinnen und für die Mehrheit der Schüler der Klassen 2 bis 4. Vergeben Sie für die angebotenen Themen Punkte (0 Punkte - uninteressant; 1 Punkt - nur wenig interessant; 2 Punkte - interessant; 3 Punkte - sehr interessant) und zwar getrennt nach Geschlecht (m-Interesse der Jungen oder w-Interesse der Mädchen)!

- | | | |
|---|---|--------------------------|
| a | Warum sehen einige Brillenträger nahe und andere ferne Gegenstände schlecht? | <input type="checkbox"/> |
| b | Was würde mit der Erde passieren, wenn das ganze Eis am Nord- und Südpol schmelzen würde? | <input type="checkbox"/> |
| c | Wie sind die Planeten entstanden? | <input type="checkbox"/> |
| d | Wie finden Bienen den Weg zurück zu ihrem Bienenhaus? | <input type="checkbox"/> |
| e | Wie kommt es zu den Ausbrüchen von Geysiren und Vulkanen? | <input type="checkbox"/> |
| f | Warum ist die Erde im Inneren so heiß und wie kann man diese Wärme nutzen? | <input type="checkbox"/> |
| g | Pinguine benötigen sehr wenig Energie beim Schwimmen. Warum ist das so? | <input type="checkbox"/> |
| h | Sind Kometen eigentlich Sterne? Wieso haben sie einen leuchtenden Schweif? | <input type="checkbox"/> |
| i | Wie funktioniert ein medizinisches Gerät zum Abhören des Herzens? | <input type="checkbox"/> |
| j | Wie kann man die Energie der Sonne und des Windes nutzen? | <input type="checkbox"/> |

Anhang 0.6: T-Test zum Vergleich der Bewertung der einzelnen Themengebiete innerhalb der Gruppe der Kinder.

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Medizin1 - Biophysik1	,5893	1,5758	,1216	,3493	,8293	4,847	167	,000
Paaren 2	Medizin1 - Astro1	,8698	1,6075	,1237	,6257	1,1139	7,034	168	,000
Paaren 3	Medizin1 - Geophysik1	1,2681	1,7115	,1328	1,0058	1,5304	9,546	165	,000
Paaren 4	Medizin1 - Umweltphysik1	1,1054	1,4738	,1144	,8796	1,3313	9,664	165	,000
Paaren 5	Biophysik1 - Astro1	,2946	1,5777	,1217	,0543	,5349	2,421	167	,017
Paaren 6	Biophysik1 - Geophysik1	,6958	1,6929	,1314	,4363	,9552	5,295	165	,000
Paaren 7	Biophysik1 - Umweltphysik1	,5030	1,5967	,1232	,2598	,7462	4,083	167	,000
Paaren 8	Astro1 - Geophysik1	,3976	1,3757	,1068	,1868	,6084	3,724	165	,000
Paaren 9	Astro1 - Umweltphysik1	,2139	1,5524	,1205	-,0240	,4518	1,775	165	,078
Paaren 10	Geophysik1 - Umweltphysik1	-,1879	1,3495	,1051	-,3953	,0196	-1,788	164	,076
Paaren 11	Medizin2 - Biophysik2	-,9826	1,0759	,0820	-1,1445	-,8206	-11,977	171	,000
Paaren 12	Medizin2 - Astro2	-1,2861	1,1209	,0852	-1,4543	-1,1179	-15,092	172	,000
Paaren 13	Medizin2 - Geophysik2	-1,2977	1,0604	,0806	-1,4568	-1,1385	-16,096	172	,000
Paaren 14	Medizin2 - Umweltphysik2	-1,1532	,9947	,0756	-1,3025	-1,0039	-15,248	172	,000
Paaren 15	Biophysik2 - Astro2	-,3140	,9659	,0737	-,4593	-,1686	-4,263	171	,000
Paaren 16	Biophysik2 - Geophysik2	-,3304	,9094	,0695	-,4677	-,1931	-4,751	170	,000
Paaren 17	Biophysik2 - Umweltphysik2	-,1715	,8957	,0683	-,3063	-,0367	-2,511	171	,013
Paaren 18	Astro2 - Geophysik2	-,0117	,7858	,0601	-,1303	,1069	-,195	170	,846
Paaren 19	Astro2 - Umweltphysik2	,1329	,8333	,0634	,0079	,2580	2,098	172	,037
Paaren 20	Geophysik2 - Umweltphysik2	,1579	,7602	,0581	,0431	,2726	2,716	170	,007

Anhang 0.7: T-Test zum Vergleich der Bewertung der einzelnen Themengebiete innerhalb der Gruppe der Jugendlichen.

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Medizin1 - Biophysik1	-,0858	1,7337	,1498	-,3821	,2104	-,573	133	,568
Paaren 2	Medizin1 - Astro1	,3481	1,7979	,1547	,0421	,6542	2,250	134	,026
Paaren 3	Medizin1 - Geophysik1	1,2351	1,6833	,1454	,9475	1,5227	8,494	133	,000
Paaren 4	Medizin1 - Umweltphysik1	,9370	1,5141	,1303	,6793	1,1948	7,190	134	,000
Paaren 5	Biophysik1 - Astro1	,3926	1,5851	,1364	,1228	,6624	2,878	134	,005
Paaren 6	Biophysik1 - Geophysik1	1,3022	1,4262	,1232	1,0586	1,5459	10,570	133	,000
Paaren 7	Biophysik1 - Umweltphysik1	1,0075	1,5594	,1352	,7400	1,2750	7,451	132	,000
Paaren 8	Astro1 - Geophysik1	,8918	1,4319	,1237	,6471	1,1365	7,210	133	,000
Paaren 9	Astro1 - Umweltphysik1	,5672	1,5545	,1343	,3015	,8328	4,223	133	,000
Paaren 10	Geophysik1 - Umweltphysik1	-,3097	1,2829	,1108	-,5289	-,0905	-2,794	133	,006
Paaren 11	Medizin2 - Biophysik2	-,3949	,9522	,0811	-,5552	-,2346	-4,872	137	,000
Paaren 12	Medizin2 - Astro2	-,9270	1,0564	,0903	-1,1055	-,7485	-10,271	136	,000
Paaren 13	Medizin2 - Geophysik2	-,9051	,9693	,0828	-1,0689	-,7413	-10,930	136	,000
Paaren 14	Medizin2 - Umweltphysik2	-,7971	,8209	,0699	-,9353	-,6589	-11,407	137	,000
Paaren 15	Biophysik2 - Astro2	-,5328	,9686	,0828	-,6965	-,3692	-6,439	136	,000
Paaren 16	Biophysik2 - Geophysik2	-,5109	1,0191	,0871	-,6831	-,3388	-5,869	136	,000
Paaren 17	Biophysik2 - Umweltphysik2	-,4022	,8876	,0756	-,5516	-,2528	-5,323	137	,000
Paaren 18	Astro2 - Geophysik2	,0219	,8154	,0697	-,1159	,1597	,314	136	,754
Paaren 19	Astro2 - Umweltphysik2	,1204	,8565	,0732	-,0243	,2651	1,646	136	,102
Paaren 20	Geophysik2 - Umweltphysik2	,0985	,8949	,0765	-,0527	,2497	1,289	136	,200
Paaren 21	Medizin1 - Medizin1 erweitert	,0075	,3962	,0342	-,0602	,0752	,218	133	,828
Paaren 22	Biophysik1 - Biophysik1 erweitert	-,1241	,5053	,0438	-,2107	-,0374	-2,831	132	,005
Paaren 23	Astro1 - Astro1 erweitert	,4261	,5716	,0496	,3280	,5241	8,596	132	,000
Paaren 24	Geophysik1 - Geophysik1 erweitert	-,1353	,5600	,0486	-,2314	-,0393	-2,787	132	,006
Paaren 25	Umweltphysik1 - Umweltphysik1 erweitert	-,1870	,4604	,0402	-,2666	-,1074	-4,649	130	,000

Paaren 26	Astro2 - Astro2 erweitert	,1606	,3895	,0333	,0948	,2264	4,825	136	,000
Paaren 27	Geophysik2 - Geophysik2 erweitert	-,0365	,3016	,0258	-,0875	,0145	-1,416	136	,159
Paaren 28	Umweltphysik2 - Umweltphysik2 erweitert	,1208	,3283	,0279	,0655	,1760	4,322	137	,000
Paaren 29	Medizin1 erweitert - Biophysik1 erweitert	-,2188	1,5201	,1328	-,4816	,0439	-1,648	130	,102
Paaren 30	Medizin1 erweitert - Astro1 erweitert	,7000	1,5880	,1393	,4244	,9756	5,026	129	,000
Paaren 31	Medizin1 erweitert - Geophysik1 erweitert	1,0615	1,4877	,1305	,8034	1,3197	8,136	129	,000
Paaren 32	Medizin1 erweitert - Umweltphysik1 erweitert	,6974	1,4506	,1272	,4457	,9491	5,482	129	,000
Paaren 33	Biophysik1 erweitert - Astro1 erweitert	,9033	1,3012	,1137	,6784	1,1282	7,946	130	,000
Paaren 34	Biophysik1 erweitert - Geophysik1 erweitert	1,3000	1,1174	,0980	1,1061	1,4939	13,265	129	,000
Paaren 35	Biophysik1 erweitert - Umweltphysik1 erweitert	,9423	1,3426	,1191	,7065	1,1780	7,909	126	,000
Paaren 36	Astro1 erweitert - Geophysik1 erweitert	,3769	1,0388	,0911	,1967	,5572	4,137	129	,000
Paaren 37	Astro1 erweitert - Umweltphysik1 erweitert	-,0052	1,1765	,1040	-,2110	,2006	-,050	127	,960
Paaren 38	Geophysik1 erweitert - Umweltphysik1 erweitert	-,3411	1,0765	,0948	-,5286	-,1536	-3,599	128	,000
Paaren 39	Astro2 erweitert - Geophysik2 erweitert	-,1752	,7164	,0612	-,2962	-,0541	-2,862	136	,005
Paaren 40	Astro2 erweitert - Umweltphysik2 erweitert	,0852	,6920	,0591	-,0318	,2021	1,440	136	,152
Paaren 41	Geophysik2 erweitert - Umweltphysik2 erweitert	,2603	,6928	,0592	,1433	,3774	4,399	136	,000

Anhang 0.8: T-Test zur Feststellung der Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Themenbereiche zwischen der Fallgruppe der Kinder und der Jugendlichen

		Test bei unabhängigen Stichproben								
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere	
Medizin1	Varianzen sind gleich	,390	,533	-2,246	303	,025	-,2831	,1260	-,5312	-,0351
	Varianzen sind nicht gleich			-2,224	276,261	,027	-,2831	,1273	-,5338	-,0325
Biophysik1	Varianzen sind gleich	,278	,598	3,116	303	,002	,3739	,1200	,1377	,6100
	Varianzen sind nicht gleich			3,131	292,575	,002	,3739	,1194	,1389	,6088
Astro1	Varianzen sind gleich	,907	,342	2,286	304	,023	,2596	,1135	,0361	,4830
	Varianzen sind nicht gleich			2,267	279,498	,024	,2596	,1145	,0342	,4849
Geophysik1	Varianzen sind gleich	1,383	,241	-2,161	300	,031	-,2288	,1058	-,4371	-,0205
	Varianzen sind nicht gleich			-2,184	296,124	,030	-,2288	,1047	-,4349	-,0226
Umweltphysik1	Varianzen sind gleich	1,631	,203	-1,130	301	,259	-,1171	,1036	-,3209	,0868
	Varianzen sind nicht gleich			-1,133	290,294	,258	-,1171	,1033	-,3203	,0862
Medizin2	Varianzen sind gleich	15,606	,000	,366	311	,714	,0355	,0969	-,1552	,2263
	Varianzen sind nicht gleich			,377	310,963	,706	,0355	,0942	-,1498	,2208
Biophysik2	Varianzen sind gleich	1,128	,289	-6,622	308	,000	-,5414	,0818	-,7022	-,3805
	Varianzen sind nicht gleich			-6,561	281,923	,000	-,5414	,0825	-,7038	-,3790
Astro2	Varianzen sind gleich	,092	,761	-4,221	308	,000	-,3251	,0770	-,4766	-,1736
	Varianzen sind nicht gleich			-4,201	286,322	,000	-,3251	,0774	-,4774	-,1728
Geophysik2	Varianzen sind gleich	1,480	,225	-4,874	308	,000	-,3643	,0747	-,5114	-,2172
	Varianzen sind nicht gleich			-4,806	274,060	,000	-,3643	,0758	-,5135	-,2151
Umweltphysik2	Varianzen sind gleich	,020	,889	-4,268	309	,000	-,3154	,0739	-,4608	-,1700
	Varianzen sind nicht gleich			-4,248	288,122	,000	-,3154	,0742	-,4615	-,1692

Anhang 0.9: Gruppenstatistiken sowie T-Test zur Feststellung der Unterschiede zwischen den Geschlechtern

Gruppenstatistiken					
	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Medizin1	Junge	147	3,687	,9935	,0819
	Mädchen	158	3,579	1,1938	,0950
Biophysik1	Junge	148	3,463	,9882	,0812
	Mädchen	157	3,217	1,1055	,0882
Astro1	Junge	148	3,030	,9096	,0748
	Mädchen	158	2,956	1,0683	,0850
Geophysik1	Junge	147	2,289	,8970	,0740
	Mädchen	155	2,477	,9351	,0751
Umweltphysik1	Junge	147	2,537	,8760	,0723
	Mädchen	156	2,699	,9117	,0730
Medizin2	Junge	148	1,074	,8173	,0672
	Mädchen	165	1,061	,8814	,0686
Biophysik2	Junge	147	1,745	,7503	,0619
	Mädchen	163	1,816	,7757	,0608
Astro2	Junge	146	2,264	,6518	,0539
	Mädchen	164	2,122	,7203	,0562
Geophysik2	Junge	147	2,303	,6181	,0510
	Mädchen	163	2,086	,7127	,0558
Umweltphysik2	Junge	147	2,065	,6654	,0549
	Mädchen	164	2,055	,6670	,0521

Gruppenstatistik aufgeschlüsselt nach Gruppe und Geschlecht/ Bewertung nach Plätzen

	Junge Kl.3-4	Mädchen Kl.3-4	Junge Kl.7-10	Mädchen Kl.7-10
Medizin1	3,7	3,8	3,6	3,4
Biophysik1	3,3	3,1	3,7	3,4
Astro1	2,9	2,9	3,2	3,1
Geophysik1	2,5	2,5	2,1	2,4
Umweltphysik1	2,6	2,7	2,4	2,7

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Medizin1	Varianzen sind gleich	5,078	,025	,855	303	,393	,1080	,1263	-,1405	,3564
	Varianzen sind nicht gleich			,861	299,357	,390	,1080	,1254	-,1389	,3548
Biophysik1	Varianzen sind gleich	3,195	,075	2,047	303	,042	,2463	,1203	,0095	,4830
	Varianzen sind nicht gleich			2,054	302,159	,041	,2463	,1199	,0103	,4823
Astro1	Varianzen sind gleich	5,008	,026	,657	304	,512	,0747	,1138	-,1492	,2986
	Varianzen sind nicht gleich			,660	301,300	,510	,0747	,1132	-,1480	,2975
Geophysik1	Varianzen sind gleich	,378	,539	-1,784	300	,075	-,1883	,1055	-,3960	,0194
	Varianzen sind nicht gleich			-1,786	299,960	,075	-,1883	,1054	-,3958	,0192
Umweltphysik1	Varianzen sind gleich	,310	,578	-1,569	301	,118	-,1613	,1028	-,3637	,0411
	Varianzen sind nicht gleich			-1,570	300,883	,117	-,1613	,1027	-,3634	,0408
Medizin2	Varianzen sind gleich	,619	,432	,142	311	,887	,0137	,0964	-,1760	,2034
	Varianzen sind nicht gleich			,143	310,650	,886	,0137	,0960	-,1752	,2027
Biophysik2	Varianzen sind gleich	,027	,870	-,818	308	,414	-,0711	,0869	-,2420	,0999
	Varianzen sind nicht gleich			-,819	306,483	,413	-,0711	,0867	-,2417	,0996
Astro2	Varianzen sind gleich	1,801	,181	1,808	308	,072	,1417	,0784	-,0125	,2960
	Varianzen sind nicht gleich			1,819	307,914	,070	,1417	,0779	-,0116	,2951
Geophysik2	Varianzen sind gleich	2,107	,148	2,847	308	,005	,2168	,0762	,0670	,3667
	Varianzen sind nicht gleich			2,868	307,540	,004	,2168	,0756	,0681	,3656
Umweltphysik2	Varianzen sind gleich	,008	,929	,129	309	,898	,0097	,0757	-,1391	,1586
	Varianzen sind nicht gleich			,129	305,472	,898	,0097	,0757	-,1391	,1586

Anhang 0.10: Gruppenstatistik sowie T-Test zur Feststellung der Unterschiede zwischen der Bewertung der Jungen Kl. 3-4 und Jungen Kl. 7-10

Gruppenstatistiken

	Klasse	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Medizin1	>= 7	64	3,609	,9573	,1197
	< 7	83	3,747	1,0222	,1122
Biophysik1	>= 7	65	3,685	,9584	,1189
	< 7	83	3,289	,9819	,1078
Astro1	>= 7	65	3,192	,9215	,1143
	< 7	83	2,904	,8850	,0971
Geophysik1	>= 7	65	2,077	,7818	,0970
	< 7	82	2,457	,9500	,1049
Umweltphysik1	>= 7	64	2,445	,8914	,1114
	< 7	83	2,608	,8627	,0947
Medizin2	>= 7	65	1,138	,6344	,0787
	< 7	83	1,024	,9367	,1028
Biophysik2	>= 7	65	1,515	,7340	,0910
	< 7	82	1,927	,7163	,0791
Astro2	>= 7	64	2,109	,6138	,0767
	< 7	82	2,384	,6587	,0727
Geophysik2	>= 7	64	2,141	,6266	,0783
	< 7	83	2,428	,5850	,0642
Umweltphysik2	>= 7	65	1,992	,6465	,0802
	< 7	82	2,122	,6784	,0749

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Medizin1	Varianzen sind gleich	1,893	,171	-,832	145	,407	-,1376	,1654	-,4646	,1894
	Varianzen sind nicht gleich			-,839	139,583	,403	-,1376	,1640	-,4619	,1867
Biophysik1	Varianzen sind gleich	,124	,725	2,457	146	,015	,3955	,1609	,0774	,7135
	Varianzen sind nicht gleich			2,465	139,104	,015	,3955	,1605	,0782	,7127
Astro1	Varianzen sind gleich	,008	,928	1,934	146	,055	,2887	,1493	-,0063	,5837
	Varianzen sind nicht gleich			1,925	134,914	,056	,2887	,1500	-,0080	,5854
Geophysik1	Varianzen sind gleich	1,431	,234	-2,604	145	,010	-,3804	,1461	-,6691	-,0916
	Varianzen sind nicht gleich			-2,663	144,780	,009	-,3804	,1429	-,6628	-,0980
Umweltphysik1	Varianzen sind gleich	,034	,853	-1,120	145	,264	-,1631	,1456	-,4509	,1247
	Varianzen sind nicht gleich			-1,116	133,400	,267	-,1631	,1462	-,4523	,1261
Medizin2	Varianzen sind gleich	10,322	,002	,844	146	,400	,1144	,1355	-,1534	,3821
	Varianzen sind nicht gleich			,883	143,228	,379	,1144	,1295	-,1416	,3703
Biophysik2	Varianzen sind gleich	,015	,904	-3,421	145	,001	-,4114	,1203	-,6491	-,1737
	Varianzen sind nicht gleich			-3,411	135,902	,001	-,4114	,1206	-,6500	-,1729
Astro2	Varianzen sind gleich	,072	,789	-2,576	144	,011	-,2748	,1067	-,4856	-,0640
	Varianzen sind nicht gleich			-2,599	139,501	,010	-,2748	,1057	-,4838	-,0657
Geophysik2	Varianzen sind gleich	,839	,361	-2,860	145	,005	-,2871	,1004	-,4855	-,0887
	Varianzen sind nicht gleich			-2,834	130,769	,005	-,2871	,1013	-,4875	-,0867
Umweltphysik2	Varianzen sind gleich	,208	,649	-1,175	145	,242	-,1296	,1104	-,3478	,0885
	Varianzen sind nicht gleich			-1,181	140,135	,239	-,1296	,1097	-,3466	,0873

Anhang 0.11: Gruppenstatistik sowie T-Test zur Feststellung der Unterschiede zwischen der Bewertung der Mädchen Kl. 3-4 und Mädchen Kl. 7-10

Gruppenstatistiken

	Klasse	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Medizin1	>= 7	72	3,354	1,2931	,1524
	< 7	86	3,767	1,0757	,1160
Biophysik1	>= 7	70	3,414	1,0563	,1263
	< 7	87	3,057	1,1243	,1205
Astro1	>= 7	71	3,085	1,1180	,1327
	< 7	87	2,851	1,0205	,1094
Geophysik1	>= 7	70	2,429	,9060	,1083
	< 7	85	2,518	,9619	,1043
Umweltphysik1	>= 7	71	2,655	,8685	,1031
	< 7	85	2,735	,9499	,1030
Medizin2	>= 7	73	1,041	,8069	,0944
	< 7	92	1,076	,9403	,0980
Biophysik2	>= 7	73	1,452	,7645	,0895
	< 7	90	2,111	,6525	,0688
Astro2	>= 7	73	1,918	,7407	,0867
	< 7	91	2,286	,6631	,0695
Geophysik2	>= 7	73	1,849	,7297	,0854
	< 7	90	2,278	,6409	,0676
Umweltphysik2	>= 7	73	1,788	,6662	,0780
	< 7	91	2,269	,5883	,0617

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Medizin1	Varianzen sind gleich	4,500	,035	-2,193	156	,030	-,4133	,1884	-,7855	-,0411
	Varianzen sind nicht gleich			-2,158	138,317	,033	-,4133	,1915	-,7919	-,0346
Biophysik1	Varianzen sind gleich	,117	,733	2,030	155	,044	,3568	,1757	,0097	,7040
	Varianzen sind nicht gleich			2,044	151,277	,043	,3568	,1746	,0119	,7017
Astro1	Varianzen sind gleich	1,351	,247	1,373	156	,172	,2339	,1704	-,1026	,5705
	Varianzen sind nicht gleich			1,360	143,539	,176	,2339	,1720	-,1060	,5739
Geophysik1	Varianzen sind gleich	1,288	,258	-,589	153	,557	-,0891	,1513	-,3879	,2097
	Varianzen sind nicht gleich			-,592	150,225	,555	-,0891	,1504	-,3862	,2080
Umweltphysik1	Varianzen sind gleich	1,537	,217	-,547	154	,585	-,0804	,1469	-,3706	,2099
	Varianzen sind nicht gleich			-,551	152,717	,582	-,0804	,1457	-,3683	,2075
Medizin2	Varianzen sind gleich	6,107	,014	-,253	163	,801	-,0350	,1385	-,3086	,2386
	Varianzen sind nicht gleich			-,257	161,971	,797	-,0350	,1361	-,3038	,2338
Biophysik2	Varianzen sind gleich	1,548	,215	-5,937	161	,000	-,6591	,1110	-,8783	-,4398
	Varianzen sind nicht gleich			-5,840	142,085	,000	-,6591	,1129	-,8822	-,4360
Astro2	Varianzen sind gleich	1,329	,251	-3,351	162	,001	-,3679	,1098	-,5847	-,1511
	Varianzen sind nicht gleich			-3,311	146,040	,001	-,3679	,1111	-,5875	-,1483
Geophysik2	Varianzen sind gleich	1,413	,236	-3,988	161	,000	-,4285	,1074	-,6406	-,2163
	Varianzen sind nicht gleich			-3,935	144,511	,000	-,4285	,1089	-,6437	-,2132
Umweltphysik2	Varianzen sind gleich	,667	,415	-4,910	162	,000	-,4816	,0981	-,6752	-,2879
	Varianzen sind nicht gleich			-4,844	144,897	,000	-,4816	,0994	-,6781	-,2851

Anhang 0.12: T-Tests zur Feststellung der Unterschiede in der Einschätzung der Lehrkräfte.

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	Medizin_m - Medizin_w	,00000	,37329	,04741	-,09480	,09480	,000	61	1,000
Paaren 2	Umweltphysik_m - Umweltphysik_w	,20161	,35598	,04521	,11121	,29201	4,460	61	,000
Paaren 3	Astrophysik_m - Astrophysik_w	,41129	,55459	,07043	,27045	,55213	5,839	61	,000
Paaren 4	Biophysik_m - Biophysik_w	-,24194	,44114	,05603	-,35396	-,12991	-4,318	61	,000
Paaren 5	Geophysik_m - Geophysik_w	,36290	,51350	,06521	,23250	,49331	5,565	61	,000

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	Medizin_w - Umweltphysik_w	-,44355	,59441	,07549	-,59450	-,29260	-5,876	61	,000
Paaren 2	Medizin_w - Astrophysik_w	-,09677	,90463	,11489	-,32651	,13296	-,842	61	,403
Paaren 3	Medizin_w - Biophysik_w	-,21774	,66911	,08498	-,38766	-,04782	-2,562	61	,013
Paaren 4	Medizin_w - Geophysik_w	-,10484	,73069	,09280	-,29040	,08072	-1,130	61	,263
Paaren 5	Biophysik_w - Umweltphysik_w	-,22581	,73928	,09389	-,41355	-,03806	-2,405	61	,019
Paaren 6	Biophysik_w - Astrophysik_w	,12097	,82822	,10518	-,08936	,33130	1,150	61	,255
Paaren 7	Biophysik_w - Geophysik_w	,11290	,77046	,09785	-,08276	,30856	1,154	61	,253
Paaren 8	Astrophysik_w - Umweltphysik_w	-,34677	,74432	,09453	-,53579	-,15775	-3,668	61	,001
Paaren 9	Astrophysik_w - Geophysik_w	-,00806	,66832	,08488	-,17779	,16166	-,095	61	,925
Paaren 10	Umweltphysik_w - Geophysik_w	,33871	,54902	,06973	,19928	,47814	4,858	61	,000

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen						T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes		95% Konfidenzintervall der Differenz				
						Untere	Obere			
Paaren 1	Medizin_m - Umweltphysik_m	-,64516	,60994	,07746	Medizin_m - Umweltphysik_m	-,80006	-,49027	-8,329	61	,000
Paaren 2	Medizin_m - Astrophysik_m	-,50806	,77614	,09857	Medizin_m - Astrophysik_m	-,70517	-,31096	-5,154	61	,000
Paaren 3	Medizin_m - Biophysik_m	,02419	,62350	,07918	Medizin_m - Biophysik_m	-,13415	,18253	,306	61	,761
Paaren 4	Medizin_m - Geophysik_m	-,46774	,80912	,10276	Medizin_m - Geophysik_m	-,67322	-,26226	-4,552	61	,000
Paaren 5	Biophysik_m - Umweltphysik_m	-,66935	,65876	,08366	Biophysik_m - Umweltphysik_m	-,83665	-,50206	-8,001	61	,000
Paaren 6	Biophysik_m - Astrophysik_m	-,53226	,61983	,07872	Biophysik_m - Astrophysik_m	-,68967	-,37485	-6,762	61	,000
Paaren 7	Biophysik_m - Geophysik_m	-,49194	,70995	,09016	Biophysik_m - Geophysik_m	-,67223	-,31164	-5,456	61	,000
Paaren 8	Astrophysik_m - Umweltphysik_m	-,13710	,66634	,08463	Astrophysik_m - Umweltphysik_m	-,30632	,03212	-1,620	61	,110
Paaren 9	Astrophysik_m - Geophysik_m	,04032	,55292	,07022	Astrophysik_m - Geophysik_m	-,10009	,18074	,574	61	,568
Paaren 10	Umweltphysik_m - Geophysik_m	,17742	,58741	,07460	Umweltphysik_m - Geophysik_m	,02824	,32659	2,378	61	,021

Fragebogen des Schülerlabors Siegen

Du kannst den Veranstaltern des Labors eine Rückmeldung über den heutigen Besuch geben, indem du den folgenden Fragebogen ehrlich beantwortest.

1 Angaben zu deiner Person: Kreuze das an, was auf dich zutrifft:

Bist du ein Junge oder ein Mädchen?

- a Junge
b Mädchen

Wie alt bist du?

_____ Jahre alt

Welche Klasse besuchst du?

_____ Klasse

Welche Schule besuchst du?

- a Grundschule
b Hauptschule
c Realschule
d Gymnasium
e Gesamtschule
f Förderschule

Sicherlich hast du schon etwas über die Wissenschaft gehört, die als Physik bezeichnet wird. Beschäftigst du dich gerne mit physikalischen Themen?

- a sehr gerne
b gerne
c nur mit einigen Themen
d ungerne

2 Fragen zum Besuch des Schülerlabors. Kreuze das an, was auf dich zutrifft:

	stimmt gar nicht	stimmt wenig	stimmt ziemlich	stimmt völlig
a Ich habe heute gut mit meinen Mitschülern zusammengearbeitet!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b Ich habe alles gewusst, um die Versuche gut durchzuführen!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c Beim Durchführen der Versuche konnte ich meine eigenen Ideen leider nicht ausprobieren!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d Ich habe die Anleitungen zu den Versuchen gut verstanden!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e Ich habe heute meinen Mitschülern etwas erklärt/Meine Mitschüler haben mir heute etwas erklärt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f Ich habe mich beim durchführen der Versuche angestrengt!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g Die Versuche waren genau richtig, weder zu leicht noch zu schwer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h Beim Durchführen der Versuche konnte ich leider nichts selbst entscheiden!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i Ich habe verstanden wie die Versuche aufgebaut werden sollen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j Ich habe mich heute mit meinen Mitschülern über die Versuche unterhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k Beim Durchführen der Versuche habe ich über den Versuch nachgedacht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l Ich konnte die Aufgaben, die mir heute gestellt wurden, gut erledigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m Um was es im Versuch ging, war mir klar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n Ich habe heute nicht nur etwas über das Schülerlabor gelernt, sondern auch über die Universität selbst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 Nun zwei Fragen zu den Betreuern des Schülerlabors.

	stimmt gar nicht	stimmt wenig	stimmt ziemlich	stimmt völlig
a Ich konnte den Betreuern Fragen zum Versuch stellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen des Schülerlabors Siegen

stimmt gar nicht stimmt wenig stimmt ziemlich stimmt völlig

b Ich habe das Gefühl, dass die Betreuer sich gut mit dem Thema auskennen und selbst gerne Versuche durchführen.

4 Was hast du heute gelernt?

5 Was hat dir heute im Schülerlabor am besten gefallen?

6 Was hast du heute im Schülerlabor vermisst?

7 Möchtest du das Schülerlabor noch Mal besuchen?

a ja

b nein

8 Fragen zum Besuch des Schülerlabors. Kreuze das an, was auf dich zutrifft:

	stimmt gar nicht	stimmt wenig	stimmt ziemlich	stimmt völlig
a Die Versuche waren für mich interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b Beim Durchführen der Versuche habe ich mich nicht wohl gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c Es war für mich nützlich, dass wir heute Versuche durchgeführt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d Das Durchführen der Versuche war langweilig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e Die Versuche haben mir keinen Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f Die Versuche haben mir keinen Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g Beim Durchführen der Versuche ist die Zeit sehr langsam vergangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h Der heutige Besuch des Schülerlabors ist für mich wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i Ich werde mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge sprechen, die ich im Schülerlabor erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j Ich werde über Dinge nachdenken, die ich im Schülerlabor erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k Ich werde in Büchern oder im Internet über das Thema nachlesen, das wir heute im Schülerlabor behandelt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l Ich würde gerne mehr über die Versuche lernen, die wir im Schülerlabor durchgeführt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m Solche Versuche, wie wir sie im Schülerlabor durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit machen wollen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n Der Besuch des Schülerlabors hat mein Interesse am Sachunterricht/ am Physikunterricht vergrößert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9 Gib dem Schülerlabor eine Note. Kreuze an: 1 2 3 4 5 6

Vielen Dank fürs Mitmachen!

2
Universität Siegen - Fakultät 4 - Didaktik der Physik
Ina Millschenko 2012

Anhang 0.15: T-Test zur Feststellung der Unterschiede in der Bewertung der beiden Angebote des Schülerlabors Siegen (Gruppenstatistik kann der Tab. 8.6 entnommen werden).

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Zusammenarbeit	Varianzen sind gleich	5,418	,021	1,074	175	,284	,100	,093	-,084	,285
	Varianzen sind nicht gleich			1,033	126,467	,303	,100	,097	-,092	,293
Verständlichkeit	Varianzen sind gleich	1,160	,283	-2,401	166	,017	-,155	,064	-,282	-,027
	Varianzen sind nicht gleich			-2,483	147,598	,014	-,155	,062	-,278	-,032
Offenheit	Varianzen sind gleich	,044	,833	-,318	167	,751	-,048	,152	-,348	,251
	Varianzen sind nicht gleich			-,316	141,366	,752	-,048	,153	-,350	,253
Herausforderung	Varianzen sind gleich	1,234	,268	-,578	168	,564	-,051	,089	-,226	,124
	Varianzen sind nicht gleich			-,560	122,151	,576	-,051	,092	-,232	,130
Authentizität	Varianzen sind gleich	,099	,753	,150	177	,881	,019	,130	-,237	,276
	Varianzen sind nicht gleich			,149	147,684	,882	,019	,131	-,238	,277
Betreuung	Varianzen sind gleich	3,228	,074	2,581	177	,011	,153	,059	,036	,270
	Varianzen sind nicht gleich			2,495	132,510	,014	,153	,061	,032	,274
emotional	Varianzen sind gleich	5,831	,017	2,484	166	,014	,187	,075	,038	,335
	Varianzen sind nicht gleich			2,388	125,032	,018	,187	,078	,032	,341
wertbezogen	Varianzen sind gleich	10,339	,002	,827	166	,410	,083	,100	-,115	,280
	Varianzen sind nicht gleich			,780	114,919	,437	,083	,106	-,127	,292
epistemisch	Varianzen sind gleich	2,178	,142	1,257	170	,211	,133	,106	-,076	,341
	Varianzen sind nicht gleich			1,206	124,732	,230	,133	,110	-,085	,351

Anhang 0.16: Gruppenstatistik und T-Test zur Feststellung der Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Items beim Vergleich der beiden Angebote des Schülerlabors Siegen.

Gruppenstatistiken

	Besuchsthema	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Zusammenarbeit: gut mit den Mitschülern gearbeitet	Planet Erde	108	3,69	,555	,053
	Strom und Energie	71	3,66	,696	,083
Verständlichkeit: alles gewusst um Versuche durchzuführen	Planet Erde	107	2,81	,766	,074
	Strom und Energie	71	2,96	,726	,086
Offenheit_positiv_eigene Ideen	Planet Erde	108	2,84	1,120	,108
	Strom und Energie	70	2,83	1,215	,145
Verständlichkeit: Anleitungen gut verstanden	Planet Erde	108	3,58	,672	,065
	Strom und Energie	71	3,70	,619	,073
Zusammenarbeit: den Mitschülern etwas erklärt	Planet Erde	109	3,02	,991	,095
	Strom und Energie	71	2,79	1,054	,125
Herausforderung: ich habe mich angestrengt	Planet Erde	109	3,49	,823	,079
	Strom und Energie	69	3,39	,958	,115
Herausforderung: Versuche noch zu leicht, weder zu schwer	Planet Erde	106	3,22	,873	,085
	Strom und Energie	69	3,48	,851	,102
Offenheit_positiv_vieles selbst entscheiden	Planet Erde	102	2,83	1,235	,122
	Strom und Energie	69	2,90	1,226	,148
Verständlichkeit: Aufbau war klar	Planet Erde	109	3,57	,614	,059
	Strom und Energie	67	3,67	,705	,086
Zusammenarbeit: mit Mitschülern über Versuche unterhalten	Planet Erde	109	3,15	,970	,093
	Strom und Energie	69	3,14	1,004	,121
Herausforderung: während des Versuches über diesen nachgedacht	Planet Erde	108	3,50	,717	,069
	Strom und Energie	69	3,48	,720	,087
Verständlichkeit: Aufgaben gut erledigt	Planet Erde	108	3,50	,619	,060

Verständlichkeit: Ziel der Versuche war klar	Strom und Energie	68	3,63	,571	,069
	Planet Erde	107	3,33	,798	,077
Authentizität: Universität kennen gelernt	Strom und Energie	69	3,67	,586	,071
	Planet Erde	108	3,29	,843	,081
Betreuung: man konnte fragen	Strom und Energie	71	3,27	,861	,102
	Planet Erde	108	3,78	,518	,050
Betreuung: Betreuer kennen das Thema und experimentieren gern	Strom und Energie	71	3,51	,715	,085
	Planet Erde	109	3,83	,405	,039
	Strom und Energie	71	3,79	,411	,049

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Zusammenarbeit: gut mit den Mitschülern gearbeitet	Varianzen sind gleich	1,293	,257	,346	177	,730	,032	,094	-,153	,218
	Varianzen sind nicht gleich			,330	126,285	,742	,032	,098	-,162	,227
Verständlichkeit: alles gewusst um Versuche durchzuführen	Varianzen sind gleich	1,833	,177	-1,259	176	,210	-,145	,115	-,371	,082
	Varianzen sind nicht gleich			-1,273	155,640	,205	-,145	,114	-,369	,080
Offenheit_positiv_eigene Ideen	Varianzen sind gleich	1,386	,241	,079	176	,937	,014	,178	-,337	,365
	Varianzen sind nicht gleich			,078	138,784	,938	,014	,181	-,344	,372
Verständlichkeit: Anleitungen gut verstanden	Varianzen sind gleich	2,680	,103	-1,215	177	,226	-,121	,099	-,317	,075
	Varianzen sind nicht gleich			-1,236	158,307	,218	-,121	,098	-,314	,072
Zusammenarbeit: den Mitschülern etwas erklärt	Varianzen sind gleich	1,493	,223	1,482	178	,140	,230	,155	-,076	,535
	Varianzen sind nicht gleich			1,462	142,980	,146	,230	,157	-,081	,540
Herausforderung: ich habe mich	Varianzen sind gleich	2,162	,143	,703	176	,483	,095	,135	-,172	,361

angestrengt	Varianzen sind nicht gleich			,679	128,726	,498	,095	,140	-,182	,371
Herausforderung: Versuche noch zu leicht, weder zu schwer	Varianzen sind gleich	,135	,714	-1,954	173	,052	-,261	,134	-,525	,003
Offenheit_positiv_vieles selbst entscheiden	Varianzen sind nicht gleich	,466	,496	-,340	169	,735	-,065	,192	-,444	,314
Verständlichkeit: Aufbau war klar	Varianzen sind nicht gleich	,416	,520	-1,019	174	,310	-,103	,101	-,302	,096
Zusammenarbeit: mit Mitschülern über Versuche unterhalten	Varianzen sind gleich	,052	,820	,012	176	,990	,002	,151	-,297	,300
Herausforderung: während des Versuches über diesen nachgedacht	Varianzen sind nicht gleich	,193	,661	,196	175	,844	,022	,111	-,197	,240
Verständlichkeit: Aufgaben gut erledigt	Varianzen sind gleich	1,941	,165	-1,423	174	,157	-,132	,093	-,316	,051
Verständlichkeit: Ziel der Versuche war klar	Varianzen sind nicht gleich	9,026	,003	-3,043	174	,003	-,340	,112	-,560	-,119
Authentizität: Universität kennen gelernt	Varianzen sind gleich	,099	,753	,150	177	,881	,019	,130	-,237	,276
Betreuung: man konnte fragen	Varianzen sind nicht gleich	16,418	,000	,149	147,684	,882	,019	,131	-,238	,277
Betreuung: Betreuer kennen das Thema und experimentieren gern	Varianzen sind gleich			2,937	177	,004	,271	,092	,089	,453
	Varianzen sind nicht gleich			2,753	117,471	,007	,271	,098	,076	,466
	Varianzen sind gleich	1,100	,296	,595	178	,553	,037	,062	-,086	,160
	Varianzen sind nicht gleich			,593	148,031	,554	,037	,062	-,086	,160

Anhang 0.17: T-Tests zur Feststellung der Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Variablen und Interessenskomponenten innerhalb des Angebotes „Planet Erde“ (Gruppenstatistik kann der Tab. 8.6 entnommen werden).

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	Zusammenarbeit - Verständlichkeit	-,089	,524	,052	-,192	,013	-1,728	102	,087
Paaren 2	Zusammenarbeit - Offenheit	,453	1,100	,110	,235	,672	4,122	99	,000
Paaren 3	Zusammenarbeit - Herausforderung	-,115	,638	,063	-,239	,009	-1,844	103	,068
Paaren 4	Zusammenarbeit - Authentizität	,006	,885	,086	-,163	,176	,073	106	,942
Paaren 5	Zusammenarbeit - Betreuung	-,509	,570	,055	-,619	-,400	-9,236	106	,000
Paaren 6	Verständlichkeit - Offenheit	,529	1,028	,104	,322	,736	5,067	96	,000
Paaren 7	Verständlichkeit - Herausforderung	-,036	,607	,060	-,156	,084	-,601	100	,549
Paaren 8	Verständlichkeit - Authentizität	,029	,840	,083	-,135	,193	,352	102	,726
Paaren 9	Verständlichkeit - Betreuung	-,420	,463	,046	-,511	-,330	-9,223	102	,000
Paaren 10	Offenheit - Herausforderung	-,548	1,048	,106	-,758	-,337	-5,172	97	,000
Paaren 11	Offenheit - Authentizität	-,470	1,296	,130	-,727	-,213	-3,625	99	,000
Paaren 12	Offenheit - Betreuung	-,985	1,009	,101	-1,185	-,785	-9,765	99	,000
Paaren 13	Herausforderung - Authentizität	,112	,959	,094	-,074	,299	1,192	103	,236
Paaren 14	Herausforderung - Betreuung	-,393	,567	,056	-,503	-,282	-7,057	103	,000
Paaren 15	Authentizität - Betreuung	-,509	,898	,087	-,681	-,337	-5,867	106	,000

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	emotional - wertbezogen	,121	,512	,053	,016	,226	2,296	93	,024
Paaren 2	emotional - epistemisch	,413	,706	,073	,268	,558	5,642	92	,000
Paaren 3	wertbezogen - epistemisch	,297	,659	,068	,163	,431	4,389	94	,000

Anhang 0.18: T-Tests zur Feststellung der Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Variablen und Interessenskomponenten innerhalb des Angebotes „Elektrizität und Energie“ (Gruppenstatistik kann der Tab. 8.6 entnommen werden).

		Test bei gepaarten Stichproben					T	df	Sig. (2-seitig)
		Gepaarte Differenzen							
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Zusammenarbeit - Verständlichkeit	-,355	,693	,087	-,528	-,182	-4,102	63	,000
Paaren 2	Zusammenarbeit - Offenheit	,321	1,132	,139	,042	,599	2,302	65	,025
Paaren 3	Zusammenarbeit - Herausforderung	-,277	,849	,105	-,487	-,067	-2,630	64	,011
Paaren 4	Zusammenarbeit - Authentizität	-,063	,987	,119	-,300	,174	-,528	68	,599
Paaren 5	Zusammenarbeit - Betreuung	-,454	,768	,093	-,639	-,269	-4,908	68	,000
Paaren 6	Verständlichkeit - Offenheit	,613	1,084	,137	,340	,886	4,486	62	,000
Paaren 7	Verständlichkeit - Herausforderung	,084	,523	,067	-,050	,218	1,258	60	,213
Paaren 8	Verständlichkeit - Authentizität	,319	,863	,108	,103	,534	2,954	63	,004
Paaren 9	Verständlichkeit - Betreuung	-,111	,488	,061	-,233	,011	-1,819	63	,074
Paaren 10	Offenheit - Herausforderung	-,589	1,121	,142	-,873	-,304	-4,137	61	,000
Paaren 11	Offenheit - Authentizität	-,390	1,290	,156	-,702	-,078	-2,492	67	,015
Paaren 12	Offenheit - Betreuung	-,772	1,045	,127	-1,025	-,519	-6,090	67	,000
Paaren 13	Herausforderung - Authentizität	,221	,941	,117	-,013	,454	1,888	64	,064
Paaren 14	Herausforderung - Betreuung	-,187	,679	,084	-,355	-,019	-2,222	64	,030
Paaren 15	Authentizität - Betreuung	-,380	,920	,109	-,598	-,163	-3,483	70	,001

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	emotional - wertbezogen	,030	,669	,081	-,131	,192	,375	67	,709
Paaren 2	emotional - epistemisch	,382	,738	,090	,202	,562	4,241	66	,000
Paaren 3	wertbezogen - epistemisch	,307	,628	,077	,154	,461	4,008	66	,000

Anhang 0.19: Gruppenstatistik und T-Test zur Feststellung der Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern im Rahmen des Angebotes „Planet Erde“.

Gruppenstatistiken

	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Zusammenarbeit	Junge	53	3,13	,589	,081
	Mädchen	55	3,44	,492	,066
Verständlichkeit	Junge	51	3,37	,446	,062
	Mädchen	53	3,37	,409	,056
Offenheit	Junge	49	2,68	,977	,140
	Mädchen	52	2,96	,928	,129
Herausforderung	Junge	51	3,37	,534	,075
	Mädchen	54	3,43	,533	,072
Authentizität	Junge	54	3,09	,957	,130
	Mädchen	54	3,48	,666	,091
Betreuung	Junge	54	3,81	,367	,050
	Mädchen	54	3,79	,358	,049
emotional	Junge	49	3,75	,355	,051
	Mädchen	50	3,69	,498	,070
wertbezogen	Junge	53	3,53	,586	,080
	Mädchen	46	3,60	,485	,071
epistemisch	Junge	52	3,27	,598	,083
	Mädchen	51	3,30	,642	,090

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Zusammenarbeit	Varianzen sind gleich	1,408	,238	-2,977	106	,004	-,311	,104	-,517	-,104
	Varianzen sind nicht gleich			-2,967	101,330	,004	-,311	,105	-,518	-,103
Verständlichkeit	Varianzen sind gleich	,306	,581	,031	102	,975	,003	,084	-,164	,169
	Varianzen sind nicht gleich			,031	100,424	,975	,003	,084	-,164	,169
Offenheit	Varianzen sind gleich	,128	,722	-1,466	99	,146	-,278	,190	-,654	,098
	Varianzen sind nicht gleich			-1,463	97,781	,147	-,278	,190	-,655	,099
Herausforderung	Varianzen sind gleich	,022	,882	-,634	103	,527	-,066	,104	-,273	,140
	Varianzen sind nicht gleich			-,634	102,615	,527	-,066	,104	-,273	,141
Authentizität	Varianzen sind gleich	5,080	,026	-2,452	106	,016	-,389	,159	-,703	-,074
	Varianzen sind nicht gleich			-2,452	94,555	,016	-,389	,159	-,704	-,074
Betreuung	Varianzen sind gleich	,166	,685	,398	106	,692	,028	,070	-,111	,166
	Varianzen sind nicht gleich			,398	105,934	,692	,028	,070	-,111	,166
emotional	Varianzen sind gleich	2,067	,154	,676	97	,500	,059	,087	-,114	,232

	Varianzen sind nicht gleich			,678	88,666	,499	,059	,087	-,114	,232
wertbezogen	Varianzen sind gleich	,866	,354	-,613	97	,541	-,067	,109	-,283	,150
	Varianzen sind nicht gleich			-,621	96,797	,536	-,067	,108	-,281	,147
epistemisch	Varianzen sind gleich	,083	,773	-,299	101	,765	-,037	,122	-,279	,206
	Varianzen sind nicht gleich			-,299	100,179	,765	-,037	,122	-,279	,206

Anhang 0.20: Gruppenstatistik und T-Test zur Feststellung der Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern im Rahmen des Angebotes „Elektrizität und Energie“.

Gruppenstatistiken

	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Zusammenarbeit	Junge	37	3,31	,659	,108
	Mädchen	32	3,04	,665	,118
Verständlichkeit	Junge	33	3,55	,384	,067
	Mädchen	31	3,49	,357	,064
Offenheit	Junge	37	3,07	,859	,141
	Mädchen	31	2,65	1,082	,194
Herausforderung	Junge	34	3,45	,591	,101
	Mädchen	31	3,45	,636	,114
Authentizität	Junge	38	3,34	,909	,147
	Mädchen	33	3,18	,808	,141
Betreuung	Junge	38	3,74	,323	,052
	Mädchen	33	3,55	,506	,088
emotional	Junge	36	3,63	,504	,084
	Mädchen	33	3,42	,565	,098
wertbezogen	Junge	37	3,61	,705	,116
	Mädchen	32	3,33	,794	,140
epistemisch	Junge	38	3,22	,770	,125
	Mädchen	31	3,07	,758	,136

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Zusammenarbeit	Varianzen sind gleich	,001	,978	1,656	67	,102	,265	,160	-,054	,584
	Varianzen sind nicht gleich			1,655	65,391	,103	,265	,160	-,055	,584
Verständlichkeit	Varianzen sind gleich	,191	,663	,659	62	,512	,061	,093	-,124	,247
	Varianzen sind nicht gleich			,660	61,995	,511	,061	,093	-,124	,246
Offenheit	Varianzen sind gleich	2,431	,124	1,795	66	,077	,422	,235	-,048	,892
	Varianzen sind nicht gleich			1,759	56,865	,084	,422	,240	-,059	,903
Herausforderung	Varianzen sind gleich	,222	,639	-,004	63	,997	-,001	,152	-,305	,303
	Varianzen sind nicht gleich			-,004	61,308	,997	-,001	,153	-,306	,305
Authentizität	Varianzen sind gleich	,085	,771	,780	69	,438	,160	,205	-,250	,570
	Varianzen sind nicht gleich			,787	68,953	,434	,160	,204	-,246	,567
Betreuung	Varianzen sind gleich	2,790	,099	1,925	69	,058	,191	,099	-,007	,390
	Varianzen sind nicht gleich			1,868	52,984	,067	,191	,102	-,014	,397
emotional	Varianzen sind gleich	,400	,529	1,581	67	,119	,204	,129	-,053	,460

	Varianzen sind nicht gleich			1,573	64,383	,121	,204	,129	-,055	,462
wertbezogen	Varianzen sind gleich	1,455	,232	1,547	67	,126	,279	,180	-,081	,640
	Varianzen sind nicht gleich			1,534	62,608	,130	,279	,182	-,085	,643
epistemisch	Varianzen sind gleich	,498	,483	,782	67	,437	,145	,185	-,225	,514
	Varianzen sind nicht gleich			,784	64,635	,436	,145	,185	-,224	,514