



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Vorstellungen Naturwissenschaftsstudierender von
Nature of Science mit besonderem Fokus auf den
Aspekt Experimente“

verfasst von

Christoph Weberndorfer

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 406 423

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Lehramt UF Mathematik, UF Chemie

Betreuerin: Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher, noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, 27.11.2013

Unterschrift
(Christoph Weberndorfer)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei jenen Personen bedanken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung einen wichtigen Beitrag zum Gelingen dieser Diplomarbeit geleistet haben.

Zu Beginn möchte ich mich bei Frau Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens bedanken, die die Betreuung dieser Diplomarbeit übernommen und mich während der Analyse und des Schreibens immer wieder unterstützt hat. Ein besonderer Dank gilt auch Frau Dr. Simone Abels, die mir stets zur Seite gestanden ist und ohne deren Hilfe, Unterstützung und Ratschläge diese Diplomarbeit nicht zustande gekommen wäre.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinen Studienkollegen und -kolleginnen, Freunden und Freundinnen, die mich während der gesamten Studienzeit unterstützt und motiviert haben.

Vorrei ringraziare anche la mia ragazza Rossella per le tante ore trascorse con me in biblioteca e per avermi sempre sostenuto e motivato.

Herzlich bedanken möchte ich mich aber insbesondere bei meiner Familie, die mich in jeder Lebenslage gefördert und motiviert hat: bei meinem Bruder Manuel, der nicht nur fachlich sondern auch menschlich immer eine große Hilfe für mich war, bei meinen Großeltern für ihre Unterstützung und bei meinem Vater Fritz und meiner Mutter Ulrike, die mir mein Studium ermöglicht, mich bei all meinen Entscheidungen unterstützt haben und immer für mich da gewesen sind.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
I Theoretische Grundlagen	4
2 Naturwissenschaftliche Grundbildung – Scientific Literacy	5
3 Natur der Naturwissenschaften	9
3.1 Epistemologische Überzeugungen	9
3.2 <i>Nature of Science</i> – Domänenspezifische, epistemologische Überzeugungen	12
3.2.1 Mythen über <i>Nature of Science</i> und adäquate Sichtweisen	12
3.3 Wissen über <i>Nature of Science</i> als wichtige Komponente einer naturwis- senschaftlichen Grundbildung	32
3.4 Rolle der Lehrpersonen bei der Entwicklung adäquater <i>Nature of Science</i> Ansichten von Lernenden	36
4 Experimente	40
4.1 Das Experiment – Schule versus Wissenschaft	40
4.2 Charakteristika von Experimenten in den Naturwissenschaften	43
4.3 Grenzen der Aussagekraft experimentell gewonnener Daten	46
5 Operationalisierung von <i>Nature of Science</i> Ansichten	49
II Empirische Untersuchung	53
6 Methodik	54
6.1 Festlegung des Materials	54
6.2 Analyse der Entstehungssituation	55
6.3 Formale Charakteristika des Materials	57

6.4	Fragestellung der Analyse	58
6.5	Ablaufmodell der Analyse	58
6.5.1	Festlegung der Einschätzungsdimensionen	59
6.5.2	Bestimmung der Ausprägung	60
6.5.3	Entwicklung des Kategoriensystems	61
7	Ergebnisdarstellung und Interpretation	74
7.1	<i>Nature of Science</i> Vorstellungen der Probanden und Probandinnen . . .	74
7.1.1	Vorstellungen der Ziele von Experimenten	75
7.1.2	Vorstellungen der Kontrolle und den anfänglichen Erwartungen von Experimenten	77
7.1.3	Vorstellungen der Rolle der Kreativität bei Experimenten	77
7.2	Gegenüberstellung der Vorstellungen unterschiedlicher Personengruppen .	78
7.2.1	Vergleich der Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden . . .	79
7.2.2	Vergleich der Studierenden der naturwissenschaftlichen Fächer: Biologie, Chemie und Physik	81
7.2.3	Vergleich der Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Zweitfächern	86
7.2.4	Vergleich der Studierenden aufgrund der unterschiedlichen Studi- endauer	87
7.3	Methodenreflexion	92
8	Resümee	94
	Literaturverzeichnis	97
	Anhang	104
	Vollständiger Fragebogen	104
	Zusammenfassung	111
	Abstract	113
	Lebenslauf	115

Abbildungsverzeichnis

3.1	Von McComas (1998b) zusammengestellte 15 Mythen über die Naturwissenschaften. Übersetzt von Priemer (2006, S. 162).	13
3.2	Von McComas, Clough und Almazroa (2002) erstellte Liste der allgemein als adäquat anerkannten <i>Nature of Science</i> -Ansichten. Übersetzt von Priemer (2006, S. 161).	14
7.1	Codierungen relevanter Aussagen aller an der Studie teilnehmenden Studierenden (N=245)	75
7.2	Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) von Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden	79
7.3	Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) von Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden	80
7.4	Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) von Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden	81
7.5	Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) von Biologie-, Chemie- und Physiklehramtsstudierenden	82
7.6	Vorstellungen der Rolle von Kreativität bei Experimenten im Prozess der Durchführung (K3.2) von Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden . .	83
7.7	Entwicklung der Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) bei Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden	84
7.8	Entwicklung der Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) bei Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden	85
7.9	Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) von Lehramtsstudierenden bezüglich ihrem Zweitfach	86
7.10	Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) bezüglich der Studiendauer	87
7.11	Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) bezüglich des Studienerfolgs	88
7.12	Vorstellungen der Rolle von Kreativität bei Experimenten im Prozess der Planung (K3.1) im Bezug auf die Studiendauer	89

7.13 Vorstellungen der Rolle von Kreativität bei Experimenten im Prozess der Planung (K3.1) bezüglich des Studienerfolgs	90
---	----

Tabellenverzeichnis

6.1 Erstfassung des Kategoriensystems	63
6.2 Richtwerte zur Interpretation von κ (Altman, 1991; zitiert nach Grouven, Bender, Ziegler & Lange, 2007)	65
6.3 Endversion des Kategoriensystems	72

Kapitel 1

Einleitung

Beinahe alle Bereiche der heutigen Gesellschaft sind intensiv von Naturwissenschaft und Technologie geprägt und vieles wäre ohne deren Errungenschaften inzwischen undenkbar. Die unbestreitbare Relevanz von Naturwissenschaften für die Gesellschaft erfordert daher naturwissenschaftlich gebildete Bürgerinnen und Bürger (Gräber & Nentwig, 2002). Denn erst ein grundlegendes Verstehen der Naturwissenschaften befähigt die Bürgerinnen und Bürger als mündige Mitglieder der heutigen Gesellschaft informierte Urteile zu fällen und verantwortungsvoll zu handeln (Lembens & Rehm, 2010). Der weitgehende Konsens vieler Experten und Expertinnen besteht jedoch darin, dass eine „angemessene naturwissenschaftliche Grundbildung“ weit mehr ist, als die Kenntnis fachwissenschaftlichen Wissens (Abd-El-Khalick, 2004; Fischer, 1998; Gräber & Nentwig, 2002; Lembens & Rehm, 2010). Insbesondere aufgrund der enormen fachlichen Dimension, die die Naturwissenschaften im Laufe der Zeit eingenommen haben, ist im Rahmen der schulischen Bildung nur eine Abhandlung eines Bruchteils dieser Thematik möglich. Vielmehr sollte ein naturwissenschaftlicher Unterricht danach streben, das Interesse der Schülerinnen und Schüler an diesem Fachgebiet zu wecken (Carey & Smith, 1993). Hierfür ist es neben der Behandlung fachwissenschaftlicher Aspekte wichtig, auch geschichtliche, philosophische und soziologische Aspekte der Naturwissenschaften zu beleuchten, da diese einen wichtigen Einfluss auf die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens haben (McComas et al., 2002). Die Kenntnis allgemeiner Charakteristika – wie Veränderlichkeit des Wissens oder Rolle der Kreativität – sowie Grenzen der Naturwissenschaften fördert den kritischen Umgang mit Behauptungen und bietet eine Grundlage für ein lebenslanges Lernen (Carey & Smith, 1993).

Das Bewusstsein für die Bedeutung der Kenntnis wichtiger Eigenschaften der Naturwissenschaften ergänzend zu fachwissenschaftlichen Grundlagen, wurde in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend präsenter. Eine Vielzahl von Forschern und Forscherinnen führ-

ten im Rahmen dieser Entwicklung Studien durch, welche die Vorstellungen von den Charakteristika und Grenzen der Naturwissenschaften unterschiedlicher Personengruppen, wie etwa Schüler und Schülerinnen, Studierender oder Lehrer und Lehrerinnen erhoben (Abd-El-Khalick, 2004; Hanuscin, Lee & Akerson, 2011; Höttecke & Rieß, 2007; Lederman, 1992). Dabei wurde jedoch deutlich, dass ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung inadäquate Auffassungen allgemeiner Eigenschaften der Naturwissenschaften besitzt und sich infolgedessen entscheidender Aspekte einer naturwissenschaftlichen Grundbildung nicht bewusst ist. Diese Ergebnisse zeigten deutlich, dass dringender Handlungs- und weiterer Forschungsbedarf besteht, um dieser Tatsache entgegenzuwirken. Dies verlangt nicht nur nach einer intensiveren Konfrontation der Lernenden mit den Charakteristika und Grenzen der Naturwissenschaften an den Schulen, sondern auch in weiterführenden Bildungseinrichtungen, wie Universitäten. Die Genese adäquater Auffassungen bezüglich dieser Eigenschaften scheinen für Studierende naturwissenschaftlicher Fächer aufgrund ihres Berufswunsches besonders relevant zu sein. Die universitäre Bildung ist nicht nur verantwortlich für die Ausbildung zukünftiger Forscher und Forscherinnen, für die ein Verständnis der naturwissenschaftlichen Funktionsweise unerlässlich ist, sondern auch für Personen, die im Bereich der Lehre tätig sein werden und ihre Auffassungen an junge Lernende weitergeben. Es ist jedoch kaum zu erwarten, dass Lehrpersonen, die selbst inadäquate Vorstellungen von Charakteristika und Grenzen der Naturwissenschaften innehaben, in der Lage sind, adäquate Auffassungen an die Schüler und Schülerinnen zu vermitteln (Akerson & Volrich, 2006). Die Universitäten spielen somit eine wichtige Rolle in der Entwicklung naturwissenschaftlicher Bildung sowohl für Naturwissenschaftsstudierende, als auch für zukünftige Gesellschaftsgenerationen. Es scheint daher von besonderem Interesse die Auffassungen der Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer bezüglich der Charakteristika und Grenzen von Naturwissenschaften zu erheben, um Schlüsse bezüglich der universitären Naturwissenschaftsbildung ziehen zu können.

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht daher gezielt die Vorstellungen der Charakteristika, Ziele und Grenzen der Naturwissenschaften von Naturwissenschaftsstudierenden¹ und fokussiert dabei auf den Aspekt „*Experimente*“. Dieser ist von besonderer Relevanz, da ein klares Bewusstsein über die Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ein wichtiger Faktor für das Verstehen der Funktionsweise von Naturwissenschaften ist. Die Gewinnung von Erkenntnissen erfolgt trotz einer zielorientierten Herangehensweise keiner feststehenden Methode und ist stets ein situationsabhängiger, individueller Prozess, der den Entscheidungen und Kompetenzen der Forscher und

¹Als Naturwissenschaftsstudierende werden in dieser Arbeit alle Personen bezeichnet, die ein naturwissenschaftliches Studienfach inskribiert haben bezeichnet und beinhalten sowohl Fachwissenschafts- als auch Lehramtsstudierende

Forscherinnen unterliegt (Bruns, 2009). Wissenschaftliche Experimente, als bedeutende Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, prägen eine Vielzahl charakteristischer Eigenschaften der Naturwissenschaften, wie Individualität und Variabilität und werden daher in dieser Arbeit als Fokus gewählt.

Die Diplomarbeit wird für eine umfassende Untersuchung der Studierenden-Vorstellungen von Eigenschaften, Zielen und Grenzen der Naturwissenschaften im Bezug auf Experiment in zwei Teile gegliedert. Der erste Teil beschreibt die theoretischen Grundlagen, die im Rahmen dieser Untersuchung geklärt werden müssen. Dieser erläutert die in diesem Zusammenhang wichtigen Begriffe *Scientific Literacy* und *Nature of Science* und stellt im Bezug dazu, existierende Mythen sowie allgemein anerkannte, adäquate Ansichten dar. Im Anschluss wird die Bedeutung adäquater *Nature of Science* Auffassungen im Bezug auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung und die Rolle der Lehrpersonen bei der Entwicklung dieser, untersucht. Als wichtiger Teilaspekt von *Nature of Science* werden dabei die Auffassungen von wissenschaftlichen Experimenten identifiziert und im anschließenden Kapitel näher behandelt. In diesem werden die Charakteristika und Grenzen von naturwissenschaftlichen Experimenten dargelegt und diese mit dem Begriff „Experiment“, wie er häufig im Kontext Schule Gebrauch findet, gegenübergestellt. Abschließend werden diverse Methoden zur Operationalisierung von *Nature of Science* Ansichten vorgestellt.

Im zweiten Teil der Diplomarbeit wird das Forschungsdesign dargestellt. Hierzu werden zu Beginn die Rahmenbedingungen der Studie, wie die Eckdaten teilnehmender Studierenden sowie die Entstehungssituation des verwendeten Fragebogens genauer erläutert. Die Auswertung der durch den offenen Fragebogen erhaltenen Daten wurde durch zwei Hauptfragen geleitet. Zum einen stellte sich die Frage, welche *Nature of Science* Vorstellungen die an der Studien teilnehmenden Studierenden bezüglich Experimenten haben. Zum anderen wurden darüber hinaus auch die Unterschiede der Ansichten bezüglich verschiedener Merkmale, wie Alter, Geschlecht, Fächerwahl oder Studiendauer untersucht. Die Daten wurden, basierend auf der Theorie von Mayring (2007), mittels einer strukturierten, qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Dazu wurde ein Kategoriensystem erstellt, dessen Entwicklungsprozess in der Arbeit dargelegt wird. Mithilfe dieses Codierungsschemas konnten die Aussagen der Studierenden codiert werden und im Rahmen dieser Arbeit bezüglich der Forschungsfragen analysiert werden.

Teil I

Theoretische Grundlagen

Kapitel 2

Naturwissenschaftliche Grundbildung – Scientific Literacy

Eine Vielzahl von Fachdidaktikexpertinnen und Fachdidaktikexperten vertreten die Ansicht, dass eine moderne, naturwissenschaftliche Bildung, über den Erwerb des Fachwissens in den unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Disziplinen hinausreichen muss (Deutsches PISA-Konsortium, 2001; Fischer, 1998; Gräber & Nentwig, 2002; Lembens & Rehm, 2010). Neben der selbstverständlich unerlässlichen Kenntnis von Fakten, Modellen und Theorien, existiert eine große Bandbreite weiterer Kompetenzen, die von den Schülerinnen und Schülern erlernt werden sollten, um als mündige Mitglieder in einer von Naturwissenschaften und Technologie geprägten Gesellschaft agieren zu können (Lembens & Rehm, 2010). Diese Bandbreite an geforderten Fähigkeiten inkludiert das selbständige Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragen, deren Bearbeitung und Untersuchung, das folgerichtige Schlussfolgern aus den erhaltenen Ergebnissen und das Überprüfen ihrer Gültigkeit, sowie das Bewusstsein über die Grenzen des Wissens in naturwissenschaftlichen Disziplinen (Deutsches PISA-Konsortium, 2001). Die Gesamtheit der von den Experten und Expertinnen geforderten Einzelkomponenten im Zusammenhang mit der naturwissenschaftlichen Grundbildung, steht im Fokus aktueller fachdidaktischer Forschung und wird unter dem Terminus *Scientific Literacy* zusammengefasst (Fischer, 1998). Dieser Begriff gewinnt im Zusammenhang mit naturwissenschaftlicher Ausbildung zunehmend an Bedeutung und der Erwerb dieser Kompetenz wird in diesem Rahmen immer häufiger als erklärtes Bildungsziel deklariert. Erstmals wurde die naturwissenschaftliche Grundbildung von James Bryant Cohen im Jahre 1952 als *Scientific Literacy* bezeichnet und erfährt seither eine intensive Forcierung in dem Gebiet der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik und einen stetigen Wandel ihrer Definition (Gräber & Nentwig, 2002). 1997 postulierte Rodger Bybee ein System zur Beschreibung von *Scientific Literacy*, welches in vier hierarchische Stufen unterteilt wird. Da das Erlangen der vierten und letzten

Stufe in allen Bereichen in ihrer vollen Dimension als utopisch anzusehen ist, ist das System von Bybee als ein lebenslanger Lernprozess zu verstehen, indem die diversen Stufen in unterschiedlicher Breite und Komplexität erlebt werden (Bybee, 1997; zitiert nach Gräber & Nentwig, 2002). Die niedrigste Stufe wird als *nominale Scientific Literacy* beschrieben und entspricht der Kenntnis naturwissenschaftlicher Begriffe, aber gleichfalls dem fehlenden Wissen über deren Bedeutung. Personen, die auf dieser Stufe der *Scientific Literacy* stehen, finden nur unzureichende, beziehungsweise inkorrekte Erläuterungen auftretender naturwissenschaftlicher Phänomene und haben ein lückenhaftes Verständnis von Prozessen und Konzepten in den Naturwissenschaften und deren Zusammenhängen (Bybee, 1997; zitiert nach Gräber & Nentwig, 2002; Fensham, 2002). Auch auf der zweiten Stufe, der *funktionalen Scientific Literacy*, ist das Verständnis nur auf die Kenntnis diverser Fachtermini und Begriffe der Naturwissenschaften limitiert und ermöglicht keine generalisierte Anwendung dieser Konzepte. In Anbetracht der ersten beiden Dimensionen der *Scientific Literacy* von Bybee, erscheint es unerlässlich, dass eine naturwissenschaftliche, schulische Bildung zumindest nach dem Erreichen der dritten hierarchischen Stufe streben sollte, um den Erwerb einer umfassenden naturwissenschaftlichen Grundbildung für Schülerinnen und Schüler ermöglichen zu können (Bybee, 1997; zitiert nach Fensham, 2002). Diese minimal anzustrebende dritte Dimension wird von Bybee als *konzeptionelle und prozedurale Scientific Literacy* bezeichnet und wird auch aus fachdidaktischer Sicht als Ebene aufgefasst, die jene Kompetenzen beinhaltet, die laut internationaler Expertisen entscheidend für ein umfassendes naturwissenschaftliches Verständnis und dessen Anwendung sind (Deutsches PISA-Konsortium, 2001). Auf dieser Stufe kennt der Lernende nicht nur naturwissenschaftliche Konzepte und Theorien, sondern ist auch in der Lage, diese zu verstehen, diverse Teilgebiete der Naturwissenschaften zu vernetzen und in Beziehung zu setzen und besitzt ein grundlegendes Verständnis über naturwissenschaftliche Vorgänge und Prozesse und die Fähigkeit diese zu handhaben. Die vierte und letzte Stufe des hierarchischen Modells von Bybee wird als *multidimensionale Scientific Literacy* bezeichnet und ist neben den Kompetenzen der anderen Dimensionen zusätzlich durch die Kenntnis der geschichtlichen Entwicklung sowie der Natur der Naturwissenschaften, ihre Unterscheidung zu anderen Formen der Wissenschaft und ihre Einordnung in den gesellschaftlichen Kontext charakterisiert. Ein umfassendes Verständnis in vollständiger Tiefe und Breite des Wesens und der Geschichte der Naturwissenschaften ist laut Bybee unmöglich (Bybee, 1997; zitiert nach Gräber & Nentwig, 2002).

Der Begriff der *Scientific Literacy* hat im Zusammenhang mit der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend an Relevanz gewonnen. Die Ursachen, die diesen stetigen Bedeutungsanstieg der *Scientific Literacy* und das

zunehmende Bewusstsein, der essentiellen Bedeutung des Erwerbs dieser Kompetenz für eine erfolgreiche Teilhabe an der modernen Gesellschaft und deren Weiterentwicklung, begründen, sind vielfältig. Grundlegende Kenntnisse im Bereich von Naturwissenschaft und Technik sind, bezogen auf das Individuum, wichtig, da sie eine Basis für wohlüberlegte und vernünftige Entscheidungen darstellen, die in der Rolle als Gesellschaftsmitglied und Konsument oder Konsumentin tagtäglich abverlangt werden (Fischer, 1998). Des Weiteren ist das Verstehen naturwissenschaftlicher Sachverhalte bedeutend, um an Diskussionen teilzuhaben und eigenständige Entscheidungen in einer demokratischen Gesellschaft treffen zu können (Fischer, 1998). Die Entwicklung naturwissenschaftlicher Theorien war und ist ein aufwendiger und dynamischer Prozess, der einer mystischen, sowie obskuren Weltanschauung entgegenwirkt (Fischer, 1998). Ein gewisses Maß an Bewusstsein dieser Theorien und deren Geschichte sind somit für ein mündiges Mitglied in einer modernen Gesellschaft ein unerlässlicher Faktor.

Abgesehen von essentiellen Vorteilen für das Individuum, die durch ein hohes Level einer *Scientific Literacy* gewährleistet werden, ist eine naturwissenschaftliche Grundbildung innerhalb der Bevölkerung ein wichtiger Katalysator in der Entwicklung der heutigen Industrie. Der Einsatz von Arbeitskräften mit technologischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen ist eine Notwendigkeit, um auf globaler Ebene konkurrenzfähig zu sein (Fischer, 1998). Deutlich wird die Bedeutung der *Scientific Literacy* in den Augen der Bildungsexperten und Bildungsexpertinnen auch durch die seit 2000 regelmäßige durchgeführte Erhebung dieser Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern im Alter von 15 Jahren, im Auftrag der internationalen Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) (Deutsches PISA-Konsortium, 2001). Die im Rahmen des „*Programme for International Student Assessment*“ (PISA) in einem dreijährigen Turnus durchgeführte Überprüfung beinhaltet neben der Eruierung der Aspekte mathematischer Grundbildung (*Mathematical Literacy*), Lesekompetenz (*Reading Literacy*) und fächerübergreifender Kompetenzen (*Cross-Curricular Competencies*), auch die naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*) und verdeutlicht infolgedessen ihren Stellenwert in der globalen Bildungspolitik (Deutsches PISA-Konsortium, 2001). Die Überprüfung basiert auf dem oben beschriebenen, vierstufigen, hierarchischen Modell von Rodger Bybee und betrachtet die dritte Dimension (*konzeptuelle und prozedurale Scientific Literacy*) als jene Ebene, die für eine angemessene naturwissenschaftliche Grundbildung erreicht werden sollte (Lembens, Weiglhofer & Stadler, 2013).

Eine angemessene naturwissenschaftliche Grundbildung reicht jedoch über die bloße Kenntnis wichtiger Konzepte diverser naturwissenschaftlichen Fachgebiete hinaus sondern

impliziert auch das Verstehen von Arbeits- und Denkprozessen (Lembens et al., 2013). Wichtige Komponenten sind dabei das Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen, das Ziehen von Schlussfolgerungen aus erhaltenen Ergebnissen und Daten, die Beurteilung ihrer Gültigkeit sowie das Bewusstsein der Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Die OECD erkennt diese Kompetenzen als entscheidende Faktoren einer naturwissenschaftlichen Grundbildung und werden infolgedessen auch im Rahmen der PISA-Studie überprüft (Deutsches PISA-Konsortium, 2001). Diese unter dem Begriff „Natur der Naturwissenschaften“ zusammengefassten Aspekte werden im folgenden Kapitel behandelt und erläutert.

Kapitel 3

Natur der Naturwissenschaften

Es wird deutlich, dass die Forderung nach dem Aufbau einer *Scientific Literacy* von Bildungsexperten und Bildungsexpertinnen, wie etwa durch die erwähnten Fischer (1998) oder Gräber und Nentwig (2002), stetig an Bedeutung gewinnt. Weiterführend wird, etwa durch den Standpunkt der OECD, ebenso offensichtlich, dass das Verlangen nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für Schülerinnen und Schüler, neben der bloßen Kenntnis von Theorien und Konzepten, auch ein adäquates Verständnis der Natur der Naturwissenschaften voraussetzt und somit einen bedeutenden Aspekt im Rahmen der *Scientific Literacy* darstellt (Lederman, 1999). Das Gebiet der Natur der Naturwissenschaften basiert auf theoretischen Grundlagen der Psychologie (Priemer, 2006), die sich allgemein mit den Vorstellungen von Individuen über den Aufbau von Wissen und ihre Kenntnis über den Wissenserwerb befasst, welche unter dem Begriff „*epistemologische Überzeugungen*“ zusammengefasst werden (Urhahne & Hopf, 2004). Im folgenden Abschnitt wird dieser allgemeine Begriff genauer erläutert, um anschließend auf den spezifischen Aspekt der Natur der Naturwissenschaften eingehen zu können.

3.1 Epistemologische Überzeugungen

Im Allgemeinen werden in der Psychologie subjektive Auffassungen von Wissen in den diversen wissenschaftlichen Disziplinen, die individuellen Einschätzung seiner Wertigkeit, seiner Gültigkeit, aber auch seiner Grenzen als epistemologische Überzeugungen bezeichnet. Epistemologische Überzeugungen stellen somit einen grundsätzlichen, subjektiven Standpunkt von Individuen gegenüber Wissenschaften dar (Priemer, 2006). Neben der Bedeutung angemessener epistemologischer Überzeugungen als Teil einer erfolgreichen Bildung (Urhahne & Hopf, 2004), erkennt eine große Anzahl renommierter Forscher und Forscherinnen, wie Hofer und Pintrich (1997) oder Köller, Baumert und Neubrand

(2000), das Bewusstsein über Erkenntnistheorien als wichtige Komponente im Rahmen der Lernentwicklung und des Lernfortschritts von Schülerinnen und Schülern, indem dieses Bewusstsein bei der Strukturierung der erfahrenen Lehrinhalte unterstützt. Aus diesem Grund erkennen die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen die Erhebung und Analyse epistemologischer Überzeugungen als notwendige und hilfreiche Erkenntnis einer fachdidaktischen Forschung.

Ihren geschichtlichen Ursprung findet die Forschung epistemologischer Überzeugungen Ende der fünfziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts durch den Harvard Professor William G. Perry Junior (Urhahne & Hopf, 2004). Im Rahmen offener Interviews befragte er Studierende im Laufe ihrer Studienzeit am College über ihre Auffassungen bezüglich des Wissens in den diversen wissenschaftlichen Disziplinen (Moore, 2001; zitiert nach Urhahne & Hopf, 2004). Dabei stellte er fest, dass viele Studierende zu Beginn ihres Studiums, die Ansicht vertraten, dass ihnen ein unveränderlicher und unanfechtbarer Lehrstoff durch allwissende Lehrkräfte vermittelt wurde. Jedoch ein Großteil dieser im Laufe ihres Studiums ein Bewusstsein über die Wandelbarkeit und Komplexität von Wissen entwickelte und dessen Entwicklung aus der Interpretation und Schlussfolgerung empirisch erhaltener Daten erkannte (Schommer-Aikins, 2004). Perry prognostizierte, dass die erhaltenen Unterschiede in den Antworten der Studierenden auf persönliche Unterschiede, wie Charakter oder persönliches Umfeld zurückzuführen sind. Bei der Auswertung seiner Daten erkannte er jedoch, dass sie einem deutlich erkennbarem Schema entsprachen. Basierend auf den erhaltenen Ergebnissen, entwickelte Perry ein neunstufiges hierarchisches Modell, welches die kognitive Entwicklung bezüglich epistemologischer Überzeugungen darlegte und kategorisierte. Im Laufe der Jahre wurde das von Perry postulierte Entwicklungsschema mehrfach aufgegriffen und adaptiert (Knefelkamp, 1999; King & Kitchener, 1994; Moore, 1989). Die ursprünglichen neun Stufen wurden schlussendlich auf vier Kategorien reduziert. Die unterste Stufe des Modells entspricht einer dualistischen Perspektive (*Dualism*) und ist durch die Auffassung, dass Wissen absolut und in richtig oder falsch unterschieden werden kann, sowie durch den Glauben an die Möglichkeit des Kennens der Wahrheit charakterisiert. Die Lehrperson wird auf dieser Entwicklungsstufe als schierer Übermittler des Wissens angesehen (Hofer, 2001). In der zweiten Dimension (*Multiplism*) erkennen die Lernenden die Existenz unterschiedlicher Sichtweisen an, die von ihnen als gleichgestellt angesehen werden und verstehen die Möglichkeit der Unsicherheiten von Wissen (Hofer, 2001). Die Entwicklung von der zweiten auf die dritte Stufe des Modells (*Relativism*) verdeutlicht sich in der Kompetenz, die Qualitäten und Schwächen unterschiedlicher Standpunkte zu differenzieren, diese abzuwägen und folglich die unterschiedliche Wertigkeit dieser Standpunkte zu erkennen (Hofer, 2001). In der vierten

und höchsten Stufe des Entwicklungsschemas epistemologischer Überzeugungen wird die steigende Fähigkeit entwickelt, sich mit den unterschiedlichen, individuell relativierten Sichtweisen zu identifizieren, diese zu vertreten und die eigene Entscheidung adäquat zu begründen (*Commitment within relativism*) (Hofer, 2001). Obwohl nicht alle von Perry in seine Forschung miteinbezogenen Studierenden zu Beginn auf der Stufe des Dualismus einzuordnen waren, beziehungsweise die prognostizierte Entwicklungslaufbahn vollständig durchschritten hatten, war die Entwicklung der Studenten und Studentinnen bezüglich ihrer Auffassungen des Wissens, dessen Entstehung und Grenzen deutlich erkennbar und korrelierte mit den Erwartungen von Perry (Hofer, 2001). Perry zeigte somit, dass individuelle epistemologische Überzeugungen wandelbar sind und sich insbesondere eine adäquate Ausbildung für eine positive Entwicklung dieser verantwortlich zeichnet.

Die Forschung epistemologischer Überzeugungen im psychologischen Kontext beschäftigt sich mit der Erhebung der Vorstellungen von Erkenntnistheorien und den subjektiven Ansichten und Einschätzungen von Individuen bezüglich der Genese von Wissen über die gesamte Bandbreite diverser wissenschaftlicher Disziplinen. Das Fachgebiet der „Natur der Naturwissenschaften“, beziehungsweise der „*Nature of Science*“, wie es in der angloamerikanischen Literatur bezeichnet wird, entspricht domänenspezifischen, epistemologischen Überzeugungen naturwissenschaftlicher Kontexte und stellt somit auch einen bedeutenden Aspekt in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung dar (Priemer, 2006). Da der Begriff „*Nature of Science*“ auch zunehmend als Fachterminus in deutschsprachigen Publikationen Einzug findet, wird dieser auch in der vorliegenden Diplomarbeit gebraucht und mit dem deutschen Begriff „Natur der Naturwissenschaften“ synonym verwendet. Wie bereits der Harvard Professor Perry zeigen konnte, kann bei der Entwicklung von epistemologischen Überzeugungen und somit auch bei den domänenspezifischen Ansichten von *Nature of Science*, eine adäquate Ausbildung eine wichtige Unterstützung darstellen. Dies impliziert, dass die unterrichtenden Lehrpersonen selbst, ein adäquates Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften besitzen sollten, um dies den Schülerinnen und Schülern durch den geführten Unterricht vermitteln zu können (Hofer, 2001). Es sind im Bereich der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung daher nicht nur die epistemologischen Auffassungen der Lernenden selbst von großem Interesse, sondern sollten ebenso jene der Lehrenden im Fokus der Untersuchungen stehen. Im folgenden Abschnitt werden nun *Nature of Science* Vorstellungen, als naturwissenschaftsspezifische, epistemologische Überzeugungen erläutert und gängige Mythen sowie adäquate Sichtweisen dargelegt.

3.2 *Nature of Science* – Domänenspezifische, epistemologische Überzeugungen

Ansichten über *Nature of Science* beinhalten Auffassungen von naturwissenschaftlichen Verfahren, Arbeitsprozessen und Herangehensweisen, die für die Entwicklung des Wissens unerlässlich sind. Weiters umfassen sie das Bewusstsein über die Einteilung und Strukturierung des naturwissenschaftlichen Wissens diverser Fachgebiete, sowie dessen individuelle Bedeutung im Kontext Alltag. Es beinhaltet daher auch ein Bewusstsein über die Relevanz von naturwissenschaftlichen Inhalten für das alltägliche Leben (Priemer, 2006). Ein weiterer Unterpunkt der *Nature of Science* Ansichten entspricht der Kenntnis über die der Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens inhärenten Werte und Überzeugungen sowie die Limitierungen der aufgestellten Theorien oder Gesetze (Lederman, 1992). Aufgrund der beiden wissenschaftlichen Disziplinen, Psychologie und naturwissenschaftliche Didaktik, die sich mit dem Thema der epistemologischen Überzeugungen befassen, resultiert in vielen Fällen eine kontroverse Einschätzung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen sowohl inter- als auch intradisziplinär, bezüglich adäquater und inadäquater epistemologischer Überzeugungen (Priemer, 2006).

Auch bezüglich adäquater Ansichten über *Nature of Science* scheint bisher kein klarer Konsens gefunden worden zu sein, was sich in der fehlenden expliziten Definition des Begriffs *Nature of Science* widerspiegelt. Eine einheitliche Übereinkunft erscheint aus der Sicht vieler Experten und Expertinnen nichtsdestoweniger auch in der Zukunft unwahrscheinlich (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). Führt man sich jedoch die facettenreiche, komplexe und ständig im Wandel stehende Natur der Naturwissenschaften vor Augen, erweist sich die bestehende Uneinigkeit über eine eindeutige Begriffsbedeutung als durchaus nachvollziehbar (Abd-El-Khalick, 2004). Dennoch besteht im Bereich der *Nature of Science*, trotz des Fehlens einer expliziten Definition, eine Auswahl grundlegender Ansichten, die in Experten- und Expertinnenkreisen auf breite Akzeptanz stoßen und als adäquate Sichtweisen angesehen werden. Es steht daher auch die Bedeutung als Teil der *Scientific Literacy* und somit als wichtige Komponente im Rahmen einer erfolgreichen naturwissenschaftlichen Grundbildung außer Zweifel.

3.2.1 Mythen über *Nature of Science* und adäquate Sichtweisen

Trotz des allgemeinen Bewusstseins über die Bedeutung von Kenntnissen im Zusammenhang von *Nature of Science* innerhalb der Gesellschaft, verfügt eine Vielzahl von Personen

über Vorstellungen von Naturwissenschaften, die aus der Perspektive von Epistemologen und Epistemologinnen als inadäquat angesehen werden. McComas (1998b) sieht die Ursache dieser Problematik in den Bildungsstätten, welche durch naturwissenschaftliche Schulbücher und Lehrpersonen mit mangelndem Bewusstsein über *Nature of Science* zum Teil unangemessene Ansichten vermitteln und diese als Vorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern konsolidieren. Er bezeichnet die allgemein präsenten und inadäquaten Auffassungen als „Mythen der Naturwissenschaften“ (1998b) und fasste sie in 15 Punkten zusammen (siehe Abb. 3.1).

- Hypothesen werden zu Theorien und Theorien zu Gesetzen.
- Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich.
- Hypothesen Aufstellen gleicht einem gut begründeten Raten.
- Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode.
- Eine Sammlung von gewissenhaft erhobenen Daten führt zu sicherem Wissen.
- Naturwissenschaften und deren Methoden liefern absolute Beweise.
- Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität.
- Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten.
- Naturwissenschaftler sind besonders objektiv.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden prinzipiell durch Experimente gewonnen.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse werden grundsätzlich auf Richtigkeit hin überprüft.
- Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt einfach und unproblematisch.
- Modelle der Naturwissenschaften repräsentieren die Wirklichkeit.
- Naturwissenschaften und Technik sind identisch.
- Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein.

Abbildung 3.1: Von McComas (1998b) zusammengestellte 15 Mythen über die Naturwissenschaften. Übersetzt von Priemer (2006, S. 162).

Basierend auf den existenten Mythen (Abb. 3.1) und da allgemein anerkannter *Nature of Science* Ansichten, konnten McComas et al. (2002) eine Aufzählung diverser Aussagen zusammenstellen, die dem Konsens zahlreicher namhafter Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen entsprechen (Osborne, Ratcliffe, Collins, Millar & Duschl, 2001; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004; Priemer, 2006). Die in der Abbildung 3.2 zusammengefassten Aussagen beziehen sich auf substanzielle Themen in Zusammenhang mit *Nature of Science*, wie die Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften, die Sicherheit des

- Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich.
- Wissen in den Naturwissenschaften beruht stark, aber nicht vollständig, auf Beobachtungen, experimentellen Resultaten, rationalen Begründungen und einer gewissen Skepsis.
- Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. (Deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird.)
- Naturwissenschaften verstehen sich als Ansatz, Phänomene der Natur zu erklären.
- Gesetze und Theorien dienen unterschiedlichen Zwecken, deshalb werden aus Theorien auch keine Gesetze, auch wenn zusätzliche Daten vorliegen.
- Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei.
- Neue Erkenntnisse müssen klar und offen dargestellt werden.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse müssen nachvollziehbar dokumentiert sein, werden von Experten begutachtet und müssen replizierbar sein.
- Beobachtungen sind Theorie-geleitet.
- Naturwissenschaftler sind kreativ.
- Die Geschichte der Naturwissenschaften kennt evolutionäre und revolutionäre Entwicklungen.
- Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen.
- Naturwissenschaften und Technik beeinflussen sich gegenseitig.
- Naturwissenschaftliche Ideen werden von sozialen und historischen Faktoren beeinflusst.

Abbildung 3.2: Von McComas et al. (2002) erstellte Liste der allgemein als adäquat anerkannten *Nature of Science*-Ansichten. Übersetzt von Priemer (2006, S. 161).

Wissens, sowie die Grenzen der Überprüfbarkeit und die Rolle von objektiven Fakten und subjektiven Interpretationen. Auch Abd-El-Khalick (2004) stellt auf Basis empirischer Erkenntnisse fest, dass naturwissenschaftliches Wissen veränderlich ist, auf empirischen Daten basiert, theoriegeleitet und durch menschliche Kreativität und soziale, sowie kulturelle Faktoren beeinflusst ist. Darüber hinaus konstatiert er die Problematik in der Bedeutung der Begriffe „Theorie“ und „Gesetz“ und deren Beziehung zueinander und die vermeintliche Existenz einer „naturwissenschaftlichen Methode“, die rezeptartig abgearbeitet werden kann, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Die Gesamtheit der Aspekte, die von McComas et al. (2002) beziehungsweise Abd-El-Khalick (2004) erwähnt werden, ermöglicht einen Einblick in jene Punkte, die für eine angemessene Vorstellung über *Nature of Science* ausschlaggebend sind. Es sollte jedoch an dieser Stelle erneut darauf hingewiesen werden, dass weder die dargestellten inadäquaten Vorstellungen (Abb. 3.1), noch jene, die als adäquat angesehen werden (Abb. 3.2) unumstritten sind und von

allen Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen in vollem Ausmaß akzeptiert werden (Priemer, 2006). Da diese widersprüchlichen Meinungen jedoch in der Minderheit sind und eine große Anzahl von Expertinnen und Experten mit der Ansicht von McComas übereinstimmen, stützt sich auch die vorliegende Arbeit auf diesen weitverbreiteten Konsens.

Infolgedessen werden im Rahmen dieses Kapitels wichtige Aspekte von *Nature of Science* für eine detaillierte Betrachtung zum speziellen Fokus der Arbeit „Experimente“ herangezogen.

Die veränderliche Natur des naturwissenschaftlichen Wissens

Mythos: „*Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich.*“ (McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Es besteht vielfach die Vorstellung, dass naturwissenschaftliche Theorien und Prinzipien einen unfehlbaren Charakter besitzen und somit als wahres, absolutes Wissen deklariert werden. Dieser Mythos wurde auch durch die Art und Weise, wie naturwissenschaftliche Fächer häufig in den Bildungsstätten unterrichtet werden, in der Gesellschaft manifestiert (McComas, 1996). Ein Teil der Probanden und Probandinnen, die an der von Abd-El-Khalick (2004) durchgeführten Untersuchung mittels offenem Fragebogen teilgenommen haben, betonen sogar explizit diese Eigenschaft, als Unterscheidungsmerkmal zu anderen Disziplinen wie Philosophie oder Religion. Es entspricht jedoch einer Tatsache, dass obwohl naturwissenschaftliches Wissen veränderlich ist und niemals absolute Sicherheit gewährleisten kann oder in Zukunft können wird, es dennoch verlässlich ist und infolgedessen einen essentiellen Beitrag für die Gesellschaft und ihre Entwicklung leistet. Alle Begriffe, die Anwendung in den Naturwissenschaften finden, wie Theorien oder Gesetze, sind trotz ihrer intuitiv suggerierenden Bedeutung vor Veränderungen nicht gefeit (Abd-El-Khalick, 2004). Forscher und Forscherinnen im Bereich der Naturwissenschaften gewinnen Informationen durch einen Prozess des Sammelns empirischer Daten und deren Interpretation, der als *Induktion* bezeichnet wird.

„Induktion (...): wissenschaftliche Methode, vom besonderen Einzelfall auf das Allgemeine, Gesetzmäßige zu schließen“ (Duden, 2007)

Durch Induktion werden einzelne empirische Belege gesammelt, um daraus Verallgemeinerungen zu treffen und Theorien oder Gesetze aufstellen zu können, die weiterführende

Vorhersagen ermöglichen. Erstmals mit dem Induktivismus intensiv beschäftigt hat sich der Philosoph und Wissenschaftler Francis Bacon im 17. Jahrhundert. Er bezeichnet die Methode der Induktion in seinem Buch „*Novum Organum*“ (1620/1952) als die bedeutendste für die Entwicklung von Generalisierungen, die unfehlbare Prognosen erlauben (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002). Francis Bacon zeigt somit eine klare Überschätzung des Potentials von naturwissenschaftlichen Wissens, denn trotz des hohen Werts, den der Induktivismus für die naturwissenschaftliche Forschung hat, sollte man sich bewusst machen, dass auch eine enorme Anzahl von Belegen kein sicheres Wissen garantieren kann (McComas, 1996). Um die absolute Richtigkeit einer Theorie oder eines Gesetzes zu gewährleisten, müssten alle im Zusammenhang stehenden empirischen Daten gesammelt, sowie alle relevanten Fakten für alle Zeit gesichert sein – ein Unterfangen, das undurchführbar ist und durch das sogenannte *Induktionsproblem* konstatiert wird. Der für den Induktivismus notwendige Generalisierungsprozess, der es erlaubt von den empirisch gesammelten Einzelfällen auf einen allgemeinen Fall zu schließen, ist stets mit einem gewissen Maß an Unsicherheit behaftet. Unveränderliche und universelle Sicherheit des Wissens verlangt, dass alle Theorien, Gesetze und Konzepte Gültigkeit besitzen, unabhängig von der Zeit und dem Ort. Dies wird jedoch durch das Induktionsproblem ausgeschlossen (McComas, 1996).

Eine weitere Ursache der Unsicherheit des Wissens ist in der Tatsache begründet, dass Naturwissenschaften durch kreative, kulturelle und soziale Faktoren beeinflusst werden und sie auf dem Urteilsvermögen und den Entscheidungen von Individuen basieren (Abd-El-Khalick, 2004). Das Bestreben der Naturwissenschaften liegt somit nicht in der utopischen Findung einer absoluten, unveränderlichen und unbestreitbaren „Wahrheit“, sondern vielmehr in einer Sammlung von Schlussfolgerungen, die durch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aufgestellt, sowie mittels nachvollziehbarer Resultate und Begründungen unterstützt und somit allgemein anerkannt werden. Das als allgemeingültig bezeichnete Wissen in den naturwissenschaftlichen Disziplinen ist insofern nur in jenem Sinne zutreffend, dass sie durch jede Person auf jede uns bekannte Situation angewendet werden kann, entzieht sich aber der Bedeutung eines „sicheren“ und „unveränderlichen“ Wissens (Carrier, 2001).

Ein weiterer Aspekt, der im Zusammenhang mit der Veränderlichkeit des naturwissenschaftlichen Wissens steht, ist die damit verbundene häufige Verwendung des aus der Sicht von *Nature of Science* problematischen Begriffs „Beweis“. Die Problematik beruht auf dessen absoluter Bedeutung, wie sie auch im mathematischen Sinne Anwendung findet. Auch bei der Auswertung des von Abd-El-Khalick (2004) konzipierten Fragebogens,

konstatiert er die immer wiederkehrende Nutzung dieses Begriffs, insbesondere bei der Unterscheidung der Naturwissenschaften von anderen forschenden Disziplinen und bezeichnet diesen Sachverhalt als das „proving dilemma“. Da dieser Aspekt besondere Relevanz bezüglich dem Fokus „Experimente“ aufweist, wird dieser im Abschnitt 4.3 (siehe Seite 46) dieser Diplomarbeit weiterführend behandelt.

In diesem Zusammenhang stellt sich die berechtigte Frage nach der Sinnhaftigkeit der Vermittlung eines Wissens an weitere Generationen, das durch scheinbar unvermeidbarer Ungewissheit geprägt ist. Ist ein veränderbares, ständig im Wandel stehendes und von individuellen Interpretationen beeinflusstes Wissen hinreichend aussagekräftig, oder werden absolute, unabhängige Wahrheiten benötigt? Es liegt die Schlussfolgerung nahe, dass ein Wissen, das keine absolute Sicherheit gewährleistet, kaum einen Nutzen erfüllen kann (Carrier, 2001). Tatsächlich erweist sich jedoch ein Wissen als durchaus dienlich, das nicht mit absoluter Sicherheit, aber mit hoher Wahrscheinlichkeit adäquate Schlussfolgerungen und Vorhersagen zulässt. Darüber hinaus zeigt sich insbesondere die vermeintliche Schwäche der Veränderlichkeit des naturwissenschaftlichen Wissens, als eine ihrer wichtigsten Eigenschaften. Eine ständige kritische Reflexion des Wissens unterstützt die Regression inkludierter Fehler und forciert die Annäherung an eine utopische Wahrheit. Die Anpassungen des Wissens sind jedoch keineswegs willkürlich, sondern basieren auf weiterführender Forschung und neuen Erkenntnissen, die rational nachvollziehbar und reproduzierbar sind (Carrier, 2001). Weiters gründen naturwissenschaftliche Disziplinen ihre Theorien und Konzepte nicht auf mystischen und phänomenologischen Ansätzen. Jegliche Begründungen von Schlussfolgerungen werden veröffentlicht und ermöglichen somit anderen Experten und Expertinnen die Behauptungen und Argumente selbstständig abzuwägen und zu evaluieren. Obwohl das naturwissenschaftliche Wissen keineswegs absolut oder unveränderlich ist und der „Wahrheitsgehalt“ der Theorien und Prinzipien niemals zu eruieren sein wird, ist es das derzeit Beste existierende. Solange jedoch die Funktionsfähigkeit der naturwissenschaftlichen Ideen gegeben ist und sie mit den vorhandenen, empirischen Belegen konform gehen, ist es für ihre Anwendung irrelevant, ob sie mit der Realität ident sind und die Kenntnis und Reflexion des naturwissenschaftlichen Wissens leisten daher einen unverzichtbaren Beitrag für die Entwicklung der modernen Gesellschaft (Carrier, 2001; McComas, 1998b).

Jene empirischen Belege, auf denen das naturwissenschaftliche Wissen basiert, werden durch Beobachtungen und Experimente erhalten. Es beruht auf dem induktiven Prinzip aus dem „besonderen Einzelfall“ durch Gedankenprozesse und Schlussfolgerungen eine Generalisierung abzuleiten, die es erlaubt neue Ideen, Theorien oder Gesetze zu generieren

und auf das „Gesetzmäßige zu schließen“ (Duden, 2007). Die empirisch gewonnenen Fakten, welche auch durch Experimente erhalten werden, entsprechen dem „Einzelfall“. Im Rahmen dieser Charakterisierung stellt sich jedoch die Frage: Wie viele „Einzelfälle“, beziehungsweise wie viele empirische Daten müssen gesammelt werden, um „wahre“ Schlussfolgerungen für weiterführende Generalisierungen zu ermöglichen. Wie bereits erwähnt, ist jedoch, aufgrund des *Induktionsproblems*, ein unveränderliches, absolutes, naturwissenschaftliches Wissen unerreichbar. Infolgedessen verdeutlicht ein Bewusstsein über die veränderliche Natur des naturwissenschaftlichen Wissens nicht nur die Grenzen der existierenden Theorien, Gesetze und Prinzipien, sondern ebenso jene der Methoden neuer Erkenntnisgewinnung, zu denen die Experimente zu zählen sind. Gleichmaßen wie für das naturwissenschaftliche Wissen selbst, gilt auch für die experimentelle Methode der Erkenntnisgewinnung, dass trotz des fehlenden Potentials „sicheres“ Wissen generieren zu können, sie eine entscheidende Rolle in der Validierung von Theorien und Hypothesen der Naturwissenschaften spielen (Carrier, 2001).

Die vermeintliche Existenz einer „naturwissenschaftlichen Methode“

Mythos: „*Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode*“ (McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Eine in der Gesellschaft weit verbreitete Annahme über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, ist der Glaube an die Existenz einer „naturwissenschaftlichen Methode“. Diese entspricht einer Prozedur, deren schrittweise Abarbeitung von Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen befolgt wird, um aussagekräftige Behauptungen über die Natur gewinnen zu können (Abd-El-Khalick, 2004). Grundlegende Ursachen für diese Ansicht konnten in Francis Bacons Werk *Novum Organum* eruiert werden, in dem er der induktiven Methode das Potential, „sicheres Wissen“ zu generieren attestiert (Lederman et al., 2002). Zusätzlich genährt wurde der Mythos durch eine Veröffentlichung des Mathematikers Karl Pearson (1937), der in seinem Werk ebenfalls die Existenz einer „naturwissenschaftlichen Methode“ postulierte. Viele darauffolgende Werke, aber auch naturwissenschaftliche Schulbücher, stützten sich in der Vergangenheit auf diese Behauptung und manifestierten den Mythos in der Gesellschaft (McComas, 1996). Ein weiterer Grund für die inadäquate Vorstellung über die Arbeitsprozesse der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen könnte die Art und Weise sein, in der Publikationen in naturwissenschaftlichen Journalen der Öffentlichkeit präsentiert werden. Der standardisierte Aufbau suggeriert eine nicht existente, einheitliche Forschungsstruktur (McComas, 1996). Obwohl die vermeintliche naturwissenschaftliche Vorgehensweise in

den diversen Texten variiert, stimmen sie in den grundsätzlichen Aspekten überein. In den meisten Fällen inkludieren sie zu Beginn, das Definieren des Problems, auf dessen Grundlage dann Hintergrundinformationen gesammelt und zusammengetragen werden, um anschließend ein passende Hypothese zu postulieren. Mittels der Durchführung von Beobachtungen werden die Hypothesen überprüft und schlussendlich adäquate Schlussfolgerungen gezogen. In manchen Fällen wird das Kommunizieren der Ergebnisse als finale Komponente integriert. Trotz des allgemeinen Konsenses vieler Texte über die Abfolge der „naturwissenschaftlichen Methode“, sollte bewusst gemacht werden, dass keine eindeutig bestimmte Methode existiert, die universell in den naturwissenschaftlichen Disziplinen Anwendung findet (McComas, 1996). Es entspricht der Wahrheit, dass Beobachtungen, Vergleiche, Messungen, Tests, Spekulationen, Hypothesen, Theorien und Erklärungen und die Entwicklung von neuartiger Ideen und Konzepte wichtige und unvermeidbare Rollen bei naturwissenschaftlichen Arbeitsprozessen spielen. Jedoch stellen diese keine eindeutig bestimmte Abfolge von Aktivitäten dar, die die Findung von Lösungen oder Antworten gewährleisten kann (Lederman et al., 2002). Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung folgt keiner schrittweisen Prozedur, die einer gefestigten Reihenfolge unterworfen ist, sondern wird durch wiederholende Schleifen sowie Vor- und Rückgriffe ein individueller Prozess (Abd-El-Khalick, 2004). Darüber hinaus entspricht die naturwissenschaftliche Vorgehensweise vielmehr einem Entscheidungsprozess der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, aus der enormen Bandbreite unterschiedlicher fachspezifisch sowie fachübergreifend anwendbarer Methoden jene zu selektieren, die bei der Recherche hilfreich sein können (Carrier, 2001). Die Auswahl verwendbarer Methoden steht, ähnlich wie das naturwissenschaftliche Wissen selbst, in einem ständigen Wandel, da auch Methoden kontinuierlicher Überprüfung ausgesetzt sind und durch Veränderungen, Verbesserungen oder Ersetzungen neuerer, effektivere Methoden adaptiert werden. Naturwissenschaftliche Fragestellungen können durch Einsatz von unterschiedlichen Methoden untersucht werden, wobei differierende Herangehensweisen in vielen Fällen sogar erwünscht sind, da kongruierende Resultate eine Theorie zusätzlich stützen (Carrier, 2001). Naturwissenschaftliche Herangehensweisen beim Umgang mit auftretenden Problemen und Fragestellungen unterscheiden sich somit kaum von den Lösungsstrategien in anderen Disziplinen (McComas, 1996).

Die „naturwissenschaftliche Methode“ intendiert eine strukturierte Vorgehensweise der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen bei der Gewinnung neuer empirischer Erkenntnisse. Auch naturwissenschaftliche Experimente nehmen dabei eine essentielle Rolle ein. Wie bereits erwähnt, entspricht die verbreitete Vorstellung von der Existenz einer „naturwissenschaftlichen Methode“, einer aus *Nature of Science* Sicht inadäquaten Auffas-

sung bezüglich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und infolgedessen auch bezüglich dem Teilaspekt des Experimentierens. Ein umfassendes Verständnis über die fehlende, einheitliche Schrittabfolge bei der Durchführung von Experimenten, erfordert unweigerlich ein Bewusstsein über die Abwesenheit einer einheitlichen „naturwissenschaftlichen Methode“.

Die beobachtungsbasierte und experimentelle Herangehensweise naturwissenschaftlicher Disziplinen

Mythos: „*Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden prinzipiell durch Experimente gewonnen.*“ (McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Es besteht ein breiter Konsens über die Wichtigkeit von Experimente für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Disziplinen. Wird jedoch das Durchführen von Experimenten als einzige Möglichkeit für die Gewinnung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse gesehen, indiziert dies eine inadäquate Auffassung über die Bedeutung von Experimenten in den Naturwissenschaften (Carrier, 2001). Ursachen dieser Einschätzung können in der Bedeutungsdivergenz des Begriffs „Experiment“ im schulischen verglichen zum naturwissenschaftlichen Kontext eruiert werden. In den Schulen wird häufig der Term „Experiment“ für jegliche Aktivitäten verwendet, bei denen Schülerinnen und Schüler durch aktive Handlungen Erfahrungen sammeln, obwohl alternative Begriffe, wie „Untersuchung“ oder „Versuch“ angemessener wären und helfen würden, der präsenten Begriffsverwirrung entgegenzuwirken (McComas, 1996). Es entspricht einer Tatsache, dass Naturwissenschaften durch empirische Daten genährt werden. Das Experiment entspricht jedoch nur einer von vielen Methoden Möglichkeiten zur Gewinnung neuer Erkenntnisse, welcher in den diversen naturwissenschaftlichen Disziplinen, ein unterschiedliches Maß an Bedeutung zugemessen wird (Carrier, 2001). Zum einen können auch durch Beobachtungen empirische Daten gewonnen werden. Der entscheidende Unterschied zwischen Beobachtungen und Experimenten besteht jedoch darin, dass Experimente im Allgemeinen durch vorhandenen Kontroll- und Manipulationselemente charakterisiert sind (Abd-El-Khalick, 2004). Die Eigenschaft der Reproduzierbarkeit ist zwar ein notwendiges, aber kein spezifisches Charakteristikum für Experimente, da gleichermaßen Beobachtungen dieses Attribut erfüllen können (Carrier, 2001). Die naturwissenschaftliche Disziplin der Astronomie stellt ein Beispiel dar, bei dem Experimente eine untergeordnete beziehungsweise zu neigende Rolle spielen, da in vielen Fällen die Variablen unkontrollierbar sind und somit die Beobachtungen im Vordergrund stehen (Carrier, 2001). Zum anderen können ebenso durch Reinterpretation alter, bereits gesammelter Daten sowie durch

weitere Gedankenprozesse, neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden. Es wird infolgedessen deutlich, dass Experimente ausgesprochen wichtige und hilfreiche Instrumente für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens sind – jedoch nicht unverzichtbar (McComas, 1998b).

Eine weitere geläufige, inadäquate Vorstellung, die in diesem Abschnitt genannt werden sollte, ist die Auffassung, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen im Vorfeld eines Experiments keine Erwartungen in Bezug auf mögliche Ergebnisse haben. Die Durchführung von Experimenten ist jedoch im Gegensatz zur allgemein geläufigen Meinung, stets ein zweckorientierter Prozess (Carrier, 2001). Wie bereits erwähnt, ist eine spezifische Eigenschaft von Experimenten, die bewusste Kontrolle von Variablen und ihre somit geregelte Manipulierbarkeit. Diese Eigenschaft inkludiert daher die Notwendigkeit der Entscheidung vorab, welche Faktoren kontrolliert und konstant gehalten werden sollen, sowie welche Aspekte beobachtet, aber auch welche vernachlässigt werden. Diese wichtige Einschränkung bedingt einen Gedankenprozess von Seiten der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, welcher eine klare Vorstellung über die Vorgehensweise und die möglichen Resultate abverlangt. Vorausgehende Erwartungen und ein vordefinierter Rahmen sind wesentliche Bestandteile für die Entwicklung von Experimenten und deren Interpretation (Abd-El-Khalick, 2004). Experimente sind daher stets hypothesengeleitet. Es besteht jedoch die Gefahr, dass dieses Bewusstsein zu dem Glauben verleitet, dass Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen durch ihre Voreingenommenheit, die erhaltenen Ergebnisse beeinflussen und verfälschen, um ihre Erwartungen zu verifizieren. Mit dieser Problematik sieht sich auch Abd-El-Khalick (2004) im Rahmen seiner empirischen Studie konfrontiert, bei der einer oder eine der Befragten feststellt:

„Ideally, I would think that in scientific experiments to be scientific and valid you should not have any bias or ideas in advance.“

Gegensätzlich zur intuitiven Auffassung, dienen Experimente jedoch nicht dem Zweck dem Wissenschaftler oder der Wissenschaftlerin Recht zu geben, sondern eine zuvor postulierte Annahme zu bestätigen oder zu widerlegen, unabhängig von den vorausgehenden Erwartungen (Carrier, 2001). Die Evaluierung einer Hypothese durch experimentell erhaltener Daten, sowohl bestätigend als auch widerlegend, liefert einen Informationsgewinn und fördert die Entwicklung der Naturwissenschaften. Die bei einem Experiment angewandten Einschränkungen und Manipulationen, basierend auf den Vorerwartungen der Forscher und Forscherinnen, sind jedoch keineswegs disqualifizierende Faktoren dieser Vorgehensweise. Sie haben vielmehr einen stärkenden Effekt, da durch die bewusste Kontrolle der Rahmenbedingungen Unsicherheitsfaktoren eliminiert und die Beobachtungen auf

identifizierbare und nachvollziehbare Veränderungen reduziert werden können (Carrier, 2001).

Dieser Aspekt von *Nature of Science* ist entscheidend für das Verständnis der Rolle von Experimenten in den Naturwissenschaften. Die Gewinnung neuer Erkenntnisse kann neben der Reinterpretation bereits vorhandener Daten, sowohl durch Beobachtungen als auch durch Experimente erfolgen. Deshalb ist es wesentlich, eine klare Unterscheidung zwischen einer „Beobachtung“ und einem „Experiment“ zu treffen und sich die besonderen Charakteristika der Kontrolle und Manipulation von Variablen bei einem Experiment bewusst zu machen. Experimente sind besonders aufgrund dieser spezifischen Eigenschaften eine maßgebliche Bereicherung in der Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens. Eine Erläuterung zum Begriff „Experiment“ wird in Bezug auf den Fokus dieser Diplomarbeit im Kapitel 4 ausführlich dargelegt.

Theoriegeleitete Natur des naturwissenschaftlichen Wissens

Mythos: „*Naturwissenschaftler [und Naturwissenschaftlerinnen, Anm. d. Verf.] sind besonders objektiv.*“ (McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen besitzt ein Maß an Vorwissen über ihr Fachgebiet, wodurch sie eine Voreingenommenheit über die Funktionsweise der Natur und der Welt besitzen. Diese individuellen Vorstellungen beeinträchtigen unterbewusst ihre Fähigkeit objektiv zu urteilen (McComas, 1996). Diese Faktoren begründen eine individuelle Denkweise der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, die einen Einfluss auf die zu erforschenden Probleme, aber vor allem auf die Wahrnehmungsfähigkeit ausüben. Sie bestimmen jene Aspekte, auf die bei einer Beobachtung Wert gelegt wird, jene die dabei vernachlässigt werden sowie die Interpretation der dabei gesammelten Informationen (Lederman et al., 2002). Auch Popper (1960) erkannte, dass im Gegensatz zur weiterverbreiteten Ansicht, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung niemals durch objektive Beobachtungen erfolgen kann, da sie stets theoriegeleitet sind und die Wahrnehmung dieser stets durch Glaubens- und Überzeugungsaspekte beeinflusst wird. Diese Voreingenommenheit kann Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen dazu veranlassen, wichtige (Teil-)Aspekte in ihrer Analyse eines Phänomens zu vernachlässigen und somit Fakten inkorrekt zu sammeln oder zu interpretieren. Dies ist jedoch nicht auf einen bewussten Betrug oder eine Täuschung zurückzuführen, sondern findet ihren Ursprung im Vorwissen, in der Ausbildung, in ihren Erfahrungen, in ihren

Erwartungen und im kulturellen oder religiösen Hintergrund der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, wodurch essentielle Fakten entweder nicht gemessen werden oder als nicht relevant angesehen und folglich nicht berücksichtigt werden (Abd-El-Khalick, 2004; McComas, 1996). Damit in Verbindung steht die Gegebenheit, dass die schiere Ansammlung von Daten und Fakten nicht ausreicht, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Es bedarf einer Interpretation der gemessenen Daten, wodurch sie erst im Rahmen einer Theorie oder Hypothese an Bedeutung gewinnen. Personen, die in diesem Bereich von *Nature of Science* inadäquate Ansichten besitzen, verorten die Ursachen einer Uneinigkeit zwischen Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen und somit die Existenz mehrerer Hypothesen zu einem Phänomen, oft ausschließlich in einem Mangel an korrelierenden Daten. Sie sind der Meinung, dass Kontroversen durch das Zusammentragen von „genügend Daten“ verhindert werden könnten (Abd-El-Khalick, 2004). Negiert wird dabei, dass die Interpretation und somit die Bedeutungsgenerierung der „nüchternen Zahlen“ ein subjektiver und kreativer Prozess ist und bei der Analyse zweier Individuen der selben Datensätze, nicht zwingend äquivalente Schlussfolgerungen zu erwarten sind (McComas, 1996). Der Wissenschaftstheoretiker Kuhn postulierte in seinem Werk „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ (1988) die Theorie, dass Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen in ihrer Forschung voreingenommen sind und im Rahmen eines *Paradigmas* arbeiten. Innerhalb der einzelnen Disziplinen existiert ein traditioneller Konsens über untersuchungswürdige Fragestellungen, zulässige Belege sowie bezüglich der jeweiligen Anwendung sinnvolle Methoden und Tests. Obwohl diese paradigmatische Vorgehensweise einen richtungsweisenden Aspekt der Forschung darstellt, geht mit den Einschränkungen unweigerlich eine Limitierung der Untersuchung und eine Reduktion der Objektivität einher. Da die Beschränkung der Betrachtung eines Sachverhalts ein unbewusster, menschlicher Prozess ist, ist er auch unvermeidbar. Es ist daher selbstverständlich, dass im Laufe der Entwicklung der Naturwissenschaften eine Vielzahl neuer Ansätze und Ideen zu Beginn abgelehnt oder verworfen wurden, da sie nicht mit dem bestehenden Paradigma vereinbar waren und folglich ihren Fortschritt verzögerten (McComas, 1996). Exemplarisch kann dabei die Entwicklung des heliozentrischen Weltbildes genannt werden, welches sich erst im Laufe des 18. Jahrhunderts gegenüber dem geozentrischen Weltbild durchsetzen konnte. Auch zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde Alfred Wegeners Idee über den Kontinentaldrift heftig kritisiert. Breite Akzeptanz fand sie erst in den 1960er Jahren, wodurch erst ab diesem Zeitpunkt neue Theorie über die Bewegung der Kontinente entwickelt wurden (McComas, 1996). Nichtsdestotrotz sieht Kuhn (1988) eine essentielle Bedeutung in der Existenz der naturwissenschaftlicher Paradigmen, da sie die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen davor bewahrt, die Orientierung im Forschungsprozess zu verlieren. Kuhn zeichnet sie für eine große Anzahl

naturwissenschaftlicher Erfolge verantwortlich, die in unvergleichbarer Relation zu den verursachten Verzögerungen stehen.

Die eingeschränkte Objektivität von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen, bedingt durch das Vorwissen, die Erfahrungen und den kulturellen und religiösen Kontext, die jeden Entscheidungsprozess beeinflusst und prägt, spielt auch bei dem Prozess des Experimentierens eine bedeutende Rolle. Der theoriegeleitete Aspekt von *Nature of Science* verdeutlicht im Bezug auf die manipulative Natur von Experimenten eine gewisse Problematik. Die Entwicklung und Planung der Experimente sowie deren Auswertung ist ein kognitiver Prozess, der mit den individuellen Vorstellung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in Verbindung steht. Die Bewertung von relevanten und vernachlässigbaren Aspekten bei der Beobachtung von Experimenten ist somit subjektiv variabel. Basierend auf der von Kuhn (1988) postulierten Theorie des Paradigmas wird deutlich, dass das bestehende Vorwissen der Forscherinnen und Forscher, eine für die erhaltenen Ergebnisse relevante Variable, als unwichtig erscheinen lassen kann und eine Fehlinterpretation der empirischen Daten zur Folge haben kann. Die existenten Paradigmen in den naturwissenschaftlichen Disziplinen können somit in manchen Fällen als eine Art „Scheuklappe“ für die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen wirken. Dennoch verleihen sie zweifelsohne auch dem Prozess des Experimentierens eine wichtige Struktur und Richtung, welche für eine zielgerichtete Weiterentwicklung der Naturwissenschaften von unverzichtbarer Bedeutung ist.

Die kreative Natur der Naturwissenschaften

Mythos: „*Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität*“ (McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Viele Theorien und Gesetze in den Naturwissenschaften beruhen auf den durch Beobachtungen und Experimente gewonnen empirischen Daten, welche die Entwicklung der Forschung stetig vorantreiben. Kontrovers zur weitverbreiteten gesellschaftlichen Ansicht, ist diese Progression jedoch weder an feststehende Verfahren gekoppelt noch vollständig rational. Im naturwissenschaftlichen Entwicklungsprozess steht das Finden von Erklärungen und die Kreation theoretischer Überlegungen stets im Zusammenhang mit großem Einsatz von Kreativität durch die Forscher und Forscherinnen (Lederman et al., 2002). Das Attribut der Kreativität wird eher mit dem Gebiet der Kunst assoziiert als mit jenem der Naturwissenschaften. Die Tatsache, dass die Kreativität eine wichtige Rolle

im Rahmen der naturwissenschaftlichen Forschung spielt ist jedoch unbestreitbar, denn alle Ideen in den Naturwissenschaften finden ihren Ursprung im menschlichen Verstand (Hadzigeorgiou, Fokialis & Kabouropoulou, 2012). Studien der vergangenen Jahre zeigen indes, dass bei einem Großteil der Gesellschaft ein Bewusstsein über die Notwendigkeit von Kreativität in den Naturwissenschaften vorhanden ist und nur eine Minderheit diese als gänzlich irrelevant betrachtet. Unter den von Abd-El-Khalick (2004) untersuchten Probanden und Probandinnen, ist jener Anteil, der keine Rolle der Kreativität in den Naturwissenschaften erkennt, weit unter einem Prozent. Tatsache ist jedoch, dass alle Phasen der naturwissenschaftlichen Forschung maßgeblich durch Kreativität geprägt sind. Dies wurde bereits von Einstein und Infeld (1971) erkannt:

„Physical concepts are free creations of the human mind, and are not, however it may seem, uniquely determined by the external world.“ (Einstein & Infeld, 1971, S. 31)

Zu jedem Zeitpunkt eines naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses ist das Vorstellungsvermögen und die Fantasie des Wissenschafters und der Wissenschaftlerin nicht nur unweigerlich präsent, sondern ein unverzichtbarer Beitrag in der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens (Lederman et al., 2002). Bei der Genese neuer Theorien und Konzepte scheint die Rolle der Kreativität auch intuitiv plausibel, da diese offensichtlich neuer Denkansätze bedürfen. Die Bedeutung der Kreativität in der Wissenschaft weitet sich aber gleichermaßen auf alltägliche, naturwissenschaftliche Arbeitsprozesse aus (Hadzigeorgiou et al., 2012). Diese inkludieren Phasen wie das Identifizieren und die Definition von Problemen und Fragestellungen sowie die Konstruktion von adäquaten Lösungsansätzen. Kreativität spielt jedoch eine ebenso wichtige Rolle bei der Konzeptualisierung von Methoden für die Gewinnung empirischer Daten, bei notwendigen Adaptionen während der Durchführung beziehungsweise bei der anschließende Analyse und Interpretation dieser (Carrier, 2001). Insbesondere die Notwendigkeit der Kreativität während der Phase der Datenanalyse scheint für viele schwer zu erfassen zu sein. Wie Abd-El-Khalick (2004) darstellt, wird von den Probanden und Probandinnen argumentiert, dass der Einfluss der Fantasie von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen die Daten verfälschen und somit „inkorrekte“ Ergebnisse liefern würde. Die durch empirische Methoden gewonnen Daten sind jedoch Zahlen, die ohne eine geeignete Interpretation wertlos bleiben. Im Abschnitt *Die vermeintliche Existenz einer „naturwissenschaftlichen Methode“* (siehe Seite 18) wurde bereits der Mythos einer klar definierten und strukturierten, naturwissenschaftliche Vorgehensweise behandelt, was folglich auch die Phase der Dateninterpretation betrifft. Der individuelle, kreative Einfluss der Forscher und Forscherinnen ist unabdingbar und spiegelt sich auch in den – trotz identer Datenbasis – kontroversen Schlussfolgerungen unterschiedlicher Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen

wider (McComas, 1996). Dennoch stellt sich die berechtigte Frage nach der Validität von vermeintlich allgemeingültigen Konzepten, die von ständiger Präsenz und Notwendigkeit an Kreativität während der naturwissenschaftlichen Arbeitsprozesse geprägt sind. Carrier (2001) sieht jedoch gerade die Ursache für den Erfolg und den derart hohen Stellenwert der Naturwissenschaften in der Gesellschaft, in der Fusion einer peniblen Überprüfung von empirisch erhaltenen Daten, einer klaren Regelung von zulässigen Begründungen und logischen Schlussfolgerungen mit eben dieser individuellen Kreativität, begründet. Carrier sieht die naturwissenschaftlichen Disziplinen als Vereinigung der Vorteile zweier scheinbar kontroverser Ansätze. Zum einen machen sich die Naturwissenschaften die unerschöpfliche, menschliche Kreativität zunutze, ohne den defizitären, abergläubischen Aspekt miteinzubeziehen und zum anderen die Forderung nach empirischen Belegen, ohne die nüchternen Daten inhärenten Limitierungen. Die Vorstellungskraft von Forschern und Forscherinnen ist somit als wichtiger Bestandteil aller Phasen des naturwissenschaftlichen Arbeitsprozesses, ein treibender Faktor in der Entwicklung der Naturwissenschaften (Hadzigeorgiou et al., 2012).

Die Sammlung von empirischen Daten durch Experimente ist eine der Möglichkeiten die Naturwissenschaften voranzutreiben und steht infolgedessen unweigerlich in Verbindung mit dem kreativen Aspekt. Ein Experiment umfasst nicht nur den Prozess der Durchführung und des aktiven Tuns sondern auch dessen Planung und Strukturierung im Vorfeld sowie die nachfolgende Analyse und Interpretation der erhaltenen Daten. Wie bereits erwähnt, spielt auch in jeder Phase des Experimentierens der Einfluss von Kreativität der Forscher und Forscherinnen, eine wichtige und unverzichtbare Rolle.

Die Rolle von naturwissenschaftlichen Modellen

Mythos: „*Modelle der Naturwissenschaften repräsentieren die Wirklichkeit.*“

(McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Modelle stellen wichtige Hilfsmittel in den Naturwissenschaften dar und ihre Omnipräsenz in der Chemie, der Physik oder anderen Fachdisziplinen ist nicht zu leugnen. Diverse Atommodelle, die Modellvorstellung der chemischen Bindung oder das Quanten- sowie Wellenmodell des Lichts sind nur einige wenige, die diese Allgegenwärtigkeit exemplarisch bestätigen. Auch Rosenblueth und Wiener (1945) benannten in ihrer Publikation „*The Role Of Models In Science*“ die Bedeutung von Modellen. Sie stellten fest, dass das Universum und dessen einzelnen Komponenten zu komplex sind, um sie in ihrer Gesamtheit ohne

Abstraktion zu begreifen. In dieser Aufgabe erkannten die Wissenschaftler die Modelle, die Teile des Universum insofern abstrahieren, indem sie sie ähnlich, aber vereinfacht darstellen. Modelle dienen aber nicht nur dazu das Verstehen zu vereinfachen („*konkrete Modelle*“), sondern auch dazu, Charakteristika der Phänomene verständlich zu machen, die nicht direkt zu beobachten sind („*theoretisch-abstrakte Modelle*“) (Bailer-Jones, 2000b). Da jedoch die Auffassung von Modellen eben so wenig statisch ist, wie die Naturwissenschaften selbst, erfuhr auch dieser Aspekt im Laufe der Jahre eine Erweiterung in seiner Bedeutung. Bailer-Jones (2000b) sieht Modelle in den vergangenen Jahre als „Stiefkind“ der Naturwissenschaften dargestellt. Sie kritisiert, dass die Modelle von vielen Experten und Expertinnen des 20. Jahrhunderts, wie etwa durch Hesse (1966) oder McMullin (1976), nur ein kurzlebiger Einfluss für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens attestiert wurde und ihre Bedeutung auf die Förderung von Kreativität und Kreation neuer Theorien beschränkten. Des weiteren sieht Bailer-Jones (2000b) auch die Partizipation an der theoretischen Beschreibung der Wirklichkeit in der damaligen Rollenbeschreibung der naturwissenschaftlichen Modelle als unterbewertet. Denn laut Bailer-Jones werden Theorien erst durch Modelle auf die „empirische Welt“ anwendbar. Auch Morgan und Morrison (1999) sehen Modelle in den Naturwissenschaften in einer „vermittelnden“ Rolle zwischen Theorie und Realität. Bailer-Jones (2000b) definiert den Begriff eines „Modells“ wie folgt:

„Ein Modell drückt eine Interpretation eines empirischen Phänomens aus, und zwar auf eine Weise, die den (intellektuellen) Zugang zu diesem Phänomen erleichtert.“ (Bailer-Jones, 2000b, S. 1f)

Ein Modell wird der allgemeinen, naturwissenschaftlichen Auffassung entsprechend, als eine Vereinfachung von Objekten oder Prozessen mit einer beschreibenden, erklärenden und im gewissen Rahmen prädiktiven Funktion dargestellt (Etkina, Warren & Gentile, 2006). Diese Vereinfachung bedingt jedoch diverse logische Einschränkungen, welche jedoch von den Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen in Kauf genommen werden. Modelle inkludieren unweigerlich ein Maß an Ungenauigkeit, verursacht durch die Vernachlässigung bestimmter Einflussfaktoren und durch die, für die Vereinfachung notwendige Integration inkorrektur Propositionen. Darüber hinaus enthalten Modelle ein Maß an Inkonsistenzen, indem sie allgemein akzeptierten Theorien und anderen existenten Modellen in bestimmten Bereichen widersprechen (Bailer-Jones, 2000b). Dennoch stellen Modelle ein wichtiges Hilfsmittel in den Naturwissenschaften dar, da ein Bewusstsein über die Einschränkungen und die Aspektbezogenheit der Modelle unter den Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen herrscht. Modelle beziehen sich immer nur auf bestimmte Aspekte eines empirischen Phänomens und stellen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Aus diesem Grund ist es auch verständlich, dass eine

Mehrzahl von Modellen, die dasselbe Phänomen beschreiben, parallel existieren und sich sogar widersprechen können (Bailer-Jones, 2000b). Die Sinnhaftigkeit dieser sogenannten „multiplen Modelle“ ist in der Rolle von Modellen in den Naturwissenschaften begründet. Die diversen modellhaften Ansätze verfolgen unterschiedliche Zwecke. Der Zweck eines Modells steht immer im Vordergrund und ist infolgedessen auch ausschlaggebend für die Entscheidung welche Aspekte in diesem Zusammenhang zentral und somit den empirischen Daten exakt entsprechen müssen und welche Aspekte verändert, vereinfacht oder vernachlässigt werden können (Bailer-Jones, 2000b). Diese bewusste Selektion der „wesentlichen“ Faktoren obliegt dem Wissenschaftler oder der Wissenschaftlerin, der oder die mit der Simplifizierung und Zuhilfenahme von zusätzlicher Propositionen die Möglichkeit einer verfälschten Aussagekraft bezüglich eines anderen Aspekts des Phänomens in Kauf nimmt (Bailer-Jones, 2000b). Darüber hinaus entstehen *multiple Modelle* durch die historische Entwicklung der Naturwissenschaften. Denn auch Modelle können nur aufgrund des aktuellen Wissensstandes entwickelt werden, welche durch neu gewonnener Erkenntnisse einen Wandel an Aussagekraft bewirken können. Die unterschiedlichen Modelle für den Aufbau eines Atoms verdeutlichen diese Auffassung. Das Bohrsche Atommodell, welches von Niels Bohr 1913 entwickelt wurde, nimmt an, dass sich Elektronen auf geordneten Kreisbahnen bewegen. Diese Annahme entspricht zwar nicht den Erkenntnissen des heutigen Standes der Naturwissenschaft, genügt aber der Funktion zur grundsätzlichen Beschreibung der Elektronenhülle von Atomen und ist aufgrund unseres beschränkten Vorstellungsvermögens greifbarer als das aus heutiger Sicht viel exaktere Orbitalmodell (Bailer-Jones, 2000b).

Die zu Beginn dieses Abschnitts stehende Aussage über die Repräsentation der Wirklichkeit durch naturwissenschaftliche Modelle wurde von McComas (1996) als Mythos deklariert. Betrachtet man jedoch die oben erläuterte Rolle der Modelle, stellt sich die Frage, inwieweit der Begriff der „Repräsentation“ tatsächlich als inadäquat anzusehen ist? McComas (1996) sieht die Problematik in der Diskrepanz zwischen messbaren empirischen Daten und Aussagen des Modells, da beispielsweise Atome und ihre Elementarteilchen nie sichtbar gemacht werden können. Es ist unbestreitbar, dass Modelle nicht in der Lage sind, die „Wahrheit“ zu beschreiben, was – wie bereits in Abschnitt 3.2.1 ausführlich behandelt – gleichermaßen für Theorien, Gesetze und die Naturwissenschaften als Gesamtkonstrukt gilt. Des Weiteren ist die durch die gewünschte Vereinfachung bedingte Inklusion inkorrektur Propositionen, die Ursache für die Ungenauigkeit und Inkonsistenz von Modellen (Bailer-Jones, 2000b). Ungenauigkeit, Inkonsistenz und fehlende Vollständigkeit sind Charakteristika, die den üblicherweise geforderten Kriterien in den Naturwissenschaften widersprechen und verleiten zur Ansicht, dass sie nicht

als „realistische Beschreibungsform“ wirken können (Bailer-Jones, 2000a). Die bewusst simplifizierte Darstellung von naturwissenschaftlichen Phänomenen dient jedoch dem besseren Verstehen, wodurch zugleich die damit wesentlich verbundenen Abstriche in der Universalität ihrer Aussagekraft akzeptiert werden. Mit diesem Bewusstsein legt Bailer-Jones (2000b) explizit darauf Wert, dass Modelle sich dennoch auf „die Wirklichkeit beziehen“ und diese „repräsentieren“ und stützt sich dabei auf ein Vielzahl weiterer Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, die ebenfalls den Begriff der „Repräsentation“ wählen (Gieryn, 1999; Cartwright, 1999; Suárez, 1999).

Ein klares Bewusstsein über die Rolle von Modellen in den Naturwissenschaften ist ein wichtiger Bestandteil einer adäquaten Ansicht über *Nature of Science*. Es wird dabei auch deutlich, dass Modelle im Sinne der Vereinfachung nicht alle vorhandenen empirischen Daten miteinbeziehen und naturwissenschaftlich nicht akzeptierte Annahmen integrieren. Außerdem versuchen Modelle, wie bereits oben erwähnt, Sachverhalte zugänglich zu machen, welche nicht direkt messbar oder beobachtbar sind. In diesem Zusammenhang ist es daher entscheidend zu betonen, dass Experimente, als eine Methode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, dazu dienen naturwissenschaftliche Hypothesen oder Theorien zu unterstützen oder widerlegen. Dies gilt jedoch nicht gleichermaßen für Modelle. Entscheidend hierbei ist der Prozess der Reduktion von bestehenden Theorien auf das „Wesentliche“ – also jene Aspekte, die aus den Augen der forschenden Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen für das Verstehen eines Phänomens relevant sind, um den „Zugang zu diesem Phänomen“ zu erleichtern. Die entwickelten Modelle können folglich das Begreifen der Natur für Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen erleichtern und neue Denkanstöße provozieren, die die Weiterentwicklung der Naturwissenschaften forcieren. Modelle, Theorien und empirische Belege, wie Experimente, stehen somit in einem gegenseitigen Wechselspiel und in einer immerwährender Abhängigkeit zu einander.

Die Rolle von Theorien und Gesetzen in den Naturwissenschaften

Mythos: „*Ein naturwissenschaftliches Gesetz ist eine Theorie, die ausgiebig und vollständig bestätigt wurde.*“ (McComas, 1998b, übersetzt von Priemer, 2006, S.162)

Abgesehen von der Tatsache, dass – wie bereits im Abschnitt „*Die veränderliche Natur des naturwissenschaftlichen Wissens*“ behandelt (siehe Seite 15) – eine „vollständige Bestätigung“ im Rahmen der naturwissenschaftlichen Disziplinen unmöglich ist, verfolgen

Theorien und Gesetze zwei vollkommen unterschiedlichen und unvergleichbaren Ziele (McComas, 1996). Während Gesetze die Beziehung zwischen unterschiedlichen beobachtbaren Phänomenen zu beschreiben versuchen, postulieren im Gegensatz dazu, Theorien abgeleitete Erklärungen für die aus diesen Phänomenen erhaltene Gesetzmäßigkeiten (Abd-El-Khalick, 2004). Vereinfacht bedeutet das, dass Gesetze Beschreibungen von Prinzipien oder Mustern der Natur sind und Theorien dazugehörige Erläuterungen liefern (McComas, 1996). Exemplarisch lässt sich in diesem Zusammenhang das *Gesetz der Schwerkraft* und die *Gravitationstheorie* gegenüber stellen. Die Beschreibung der Beziehung von Masse und Entfernung zur Anziehungskraft zwischen Objekten konnte von Isaac Newton im Rahmen des Gesetzes der Schwerkraft mit hoher Genauigkeit beschrieben werden. Dem gegenüber steht die Gravitationstheorie, welche für die Funktionsweise des Gesetzes der Schwerkraft Begründungen zu liefern versucht (McComas, 1996). Obwohl zweifelsohne eine Verbindung zwischen den beiden Entitäten besteht, ist aufgrund ihrer unterschiedlichen Funktionen eine Entwicklung von einem zum anderen ausgeschlossen, unabhängig von der Anzahl der erhobenen empirischen Belege (McComas, 1996).

Basierend auf den Ergebnissen einer von Abd-El-Khalick und Lederman (2000b) durchgeführten Studie, erkennt man, dass ein Großteil der Probanden und Probandinnen die Ansicht vertritt, dass Theorien keine besonders zuverlässige Aussagen darstellen, da sie nicht überprüft werden konnten und bloße Ideen oder Vermutungen sind. Auch ein ehemaliger U.S. Präsident behauptete einst, dass er der Evolutionstheorie keinen Glauben schenke, da es sich „nur um eine Theorie“ handelt und verdeutlichte damit seine Fehleinschätzung bezüglich der Bedeutung des Begriffs (McComas, 1996). Ursachen der offensichtlich weitverbreiteten inadäquaten Vorstellung über Theorien können auf die Diskrepanz zwischen Alltagsbedeutung und Auffassung im naturwissenschaftlichen Sinn zurückgeführt werden. In einem nicht-naturwissenschaftlichen Sinn wird einer Theorie häufig Unüberprüfbarkeit und somit allgemeine, gesellschaftliche Wertlosigkeit attestiert (Carrier, 2001). Der Duden (2007) trifft eine klare Unterscheidung zwischen Alltagssprache und wissenschaftlicher Bedeutung und erläutert den Begriff „*Theorie*“ neben der wissenschaftlich adäquaten Definition, als „wirklichkeitsfremde Vorstellung“, beziehungsweise als „bloße Vermutung“. Fokussiert man jedoch auf den Sinn des Begriffs, wie er im naturwissenschaftlichen Kontext Anwendung findet, erkennt man, dass einer Theorie eine beträchtlich höhere Signifikanz zugemessen wird, als häufig in der breiten Gesellschaft üblich. Denn obwohl Theorien selbst nicht beobachtbar sind, da sie Erklärungsversuche der tatsächlich erhaltenen, empirischen Messwerte verkörpern, werden sie durch Beobachtungen gestützt (Carrier, 2001). Anerkannte naturwissenschaftliche Theorien basieren auf einer Vielzahl von Belegen durch empirisch erhaltene Daten und

werden durch neue Ergebnisse stetig und umfassend getestet. Durch diese immerwährende Überprüfung der Theorien durch empirische Daten, erlangen diese ein sehr hohes Maß an Zuverlässigkeit und stellen infolgedessen unverzichtbare Säulen für die Naturwissenschaften dar (Carrier, 2001). In Ergänzung dazu zeigt Abd-El-Khalick (2004) im Rahmen seiner Studie, dass das Potential von Gesetzen oft überschätzt wird, da sie als weiterführende Stufe in einem hierarchischen Entwicklungsprozess aus Theorien gesehen werden. Somit werden Gesetze oft als „proven theories“ und folglich als *sichereres* Wissen deklariert. Diese Auffassung verdeutlicht ein fehlendes Bewusstsein oder eine Missinterpretation der Funktionen von Gesetzen und Theorien (Carrier, 2001).

Die Thematik der Charakteristika von Theorien und Gesetzen tangiert den speziellen Fokus „Experimente“ dieser Diplomarbeit nur peripher, ist aber in den Augen des Autors nichtsdestoweniger ein wichtiger und erwähnenswerter Aspekt im Zusammenhang mit *Nature of Science*. Der Aspekt demonstriert die Aussagekraft von Theorien und Gesetzen und verdeutlicht erneut die Grenzen, der durch Experimente erhaltenen empirischen Daten. Inadäquate Ansichten in diesem Bereich zeugen von einem lückenhaften Verständnis von *Nature of Science*, da neben der Fehlinterpretation der Funktion der beiden Entitäten, sowohl das Potential als auch die Grenzen von empirischen Daten und die damit verbundene Wandelbarkeit in den Naturwissenschaften nicht bewusst ist.

Zusammenfassend beinhaltet das Thema *Nature of Science* eine Vielzahl von Aspekten, deren Bewusstsein für eine umfassenden, adäquate Vorstellung von der Funktionsweise der Naturwissenschaften notwendig sind. Das Charakteristikum der Veränderlichkeit von naturwissenschaftlichem Wissen zeigt die Stärken, aber auch die Grenzen dieser Disziplinen auf. Zusätzlich verdeutlicht *Nature of Science* auch den Geneseprozess von empiriebasiertem Wissen und die damit in Verbindung stehende Rolle von Kreativität. Darüber hinaus fördert *Nature of Science* ein Verständnis von allgemeinen, naturwissenschaftlichen Begriffen, wie Theorien, Gesetzen oder Modellen. Es wird deutlich, dass *Nature of Science* ein sehr umfangreiches Themengebiet darstellt und viele unterschiedliche Aspekte beinhaltet. Dessen Bedeutung im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung wird im folgenden Abschnitt dargelegt.

3.3 Wissen über *Nature of Science* als wichtige Komponente einer naturwissenschaftlichen Grundbildung

Bei der Bildung adäquater, naturwissenschaftlicher Vorstellungen nimmt der Aspekt *Nature of Science* eine essentielle Rolle ein, da es mit der Gesamtheit seiner einzelnen Komponenten ein fundiertes und umfassenderes Verständnis bezüglich der Charakteristika naturwissenschaftlicher Disziplinen fördern kann. McComas et al. beschäftigten sich intensiv mit der Bedeutung von *Nature of Science* im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts und identifizierten 2002 fünf essentielle Rollen, die eine Inklusion in den Lehrplan nicht nur rechtfertigen, sondern unabdingbar machen. Sie sehen Kenntnisse über *Nature of Science* als Unterstützung:

- beim Lernprozess fachwissenschaftlicher Inhalte
- für das Verständnis der Naturwissenschaften
- bei der Genese von Naturwissenschaftsinteresse
- bei Entscheidungsprozessen
- bei der Implementierung von Konzeptwechseln.

Ein Bewusstsein über die fehlende Exaktheit der Naturwissenschaften stellt eine Erleichterung für Schülerinnen und Schüler beim Erlernen fachwissenschaftlicher Themengebiete dar. Songer und Linn (1991) unterscheiden bei ihrer Studie zwischen einer statischen und einer dynamischen Auffassung von Naturwissenschaften und untersuchten Unterschiede im Verstehen von fachwissenschaftlicher Themen. Problematisch bei der statischen Auffassung ist, dass naturwissenschaftliches Wissen als bloße Faktensammlung begriffen wird (McComas et al., 2002). Die „Exaktheit“, welche mit diesem Standpunkt einhergeht, stellte jedoch Erwartungen an diese Disziplin, welche sie nicht zu leisten im Stande ist (Collins et al., 2000). Erklärungen für die fehlende Exaktheit des naturwissenschaftlichen Wissens wird durch *Nature of Science* geliefert und können durch diese, für die Schülerinnen und Schüler verdeutlicht werden. Zum einen zeigt das Bewusstsein über die Nichtexistenz einer naturwissenschaftlichen Methode, das Fehlen einer eindeutig bestimmten Vorgehensweise für die Gewinnung neuer Erkenntnisse und stärkt die Relevanz individueller Entscheidungsprozesse der forschenden Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen. Zum anderen verdeutlichen angemessene Vorstellungen von *Nature*

of Science, die Bedeutung von Kreativität und den Einfluss von individuellem Vorwissen sowie individuelle Interpretationen empirischer Daten in der naturwissenschaftlichen Forschung.

Naturwissenschaften werden somit um wichtige individuelle Komponenten erweitert, welche den unverzichtbaren sozialen Einfluss verdeutlichen, von einer nüchternen Daten- und Faktensammlung Abstand nehmen und infolgedessen von einer Illusion einer absoluten Exaktheit wegführen. Collins et al. (2000) wünschen sich die Darstellung der Naturwissenschaften als „systematic enquiry“, da diese Auffassung, durch die Betonung des Einflusses sozialer Komponenten auf das naturwissenschaftliche Wissen, weniger mit dem Charakteristikum der Exaktheit behaftet ist. Ein Beispiel aus den Naturwissenschaften, das diesen Standpunkt verdeutlicht, ist das Gebiet der Wetterprognosen. Sie basieren auf naturwissenschaftlich fundierten Daten und Messwerten und liefern dennoch keine exakten Ergebnisse. Die Fehlbarkeit des prognostischen Potentials der Meteorologie kann tagtäglich bestätigt werden. Trotz der inexakten, imperfekten und zum Teil unverlässlichen Wettervorhersagen der Meteorologen und Meteorologinnen sind diese Prognosen in der heutigen Welt unverzichtbar. Dieses Exempel verdeutlicht auch für Schülerinnen und Schüler die unabdingbare Bedeutung der Naturwissenschaften, ohne dabei Ansichten einer unerreichbaren Exaktheit und einer Überschätzung des Potentials zu schüren (Collins et al., 2000). Auch die Studie von Songer und Linn (1991), die mit 153 Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe zum Thema Thermodynamik durchgeführt wurde, verdeutlicht, dass diejenigen mit einem Bewusstsein über die Wandelbarkeit der Naturwissenschaften ein umfassenderes Verständnis über das fachspezifische Thema aufwiesen, als jene mit einer statischen Auffassung.

Adäquate *Nature of Science* Ansichten erleichtern weiters das Verständnis der Naturwissenschaften, indem sie den Wert und die Stärken, aber ebenso die Limitierungen von Naturwissenschaften verdeutlichen (McComas et al., 2002). Auch ein Bewusstsein über das Ziel von Modellen, Theorien oder Gesetzen spielt dabei eine entscheidende Rolle. Ein fachspezifisches Wissen über das Atommodell, die Evolutionstheorie oder das Gesetz der Schwerkraft impliziert keineswegs ein korrektes allgemeines Verständnis von Modellen, Theorien oder Gesetzen. Erst ein Bewusstsein über die Aussagekraft, den Verwendungszweck und die Limitierungen der einzelnen Begriffe, ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, aber auch der Lehrerin oder dem Lehrer einen adäquaten Umgang damit (McComas et al., 2002). Des Weiteren beugt ein Bewusstsein über die Entwicklung und Struktur der Naturwissenschaften einer kognitiven Verwirrung bei Änderungen oder Verwerfung von wissenschaftlichen Konzepten oder Ideen vor, da die

Naturwissenschaft als ein Prozess ständiger Überprüfung und Verbesserung erkannt und die damit verbundene Veränderlichkeit nicht als eine Schwachstelle sondern als eine Stärke erkannt werden kann (McComas et al., 2002).

Nature of Science dient neben der aktiven Unterstützung beim Verstehen naturwissenschaftlichen Wissens, auch als Katalysator für einen weiterführenden autodidaktischen Lernprozess. Führt man sich die fachliche Breite der diversen naturwissenschaftlichen Disziplinen vor Augen, erscheint es mehr als plausibel, dass nur ein Bruchteil der Sachverhalte im Rahmen der schulischen Bildung abgedeckt und behandelt werden kann (Carey & Smith, 1993). Ein moderner Lehrplan sollte vielmehr nach einer bewussten Selektion von Themenschwerpunkten streben, die ein allgemeines Interesse der Schülerinnen und Schüler weckt und als Initiator für ein lebenslanges Lernen dient. Bewusstes Experimentieren, Argumentieren und das Erlernen eines kritischen Umgangs mit Behauptungen kann diese individuelle Neugier fördern (Carey & Smith, 1993). Die aktive Integration von *Nature of Science* Aspekten im Unterricht ist dabei ein wichtiger, unterstützender Faktor im Laufe dieses Lernprozesses, da es die Naturwissenschaften als menschliches Handlungsfeld erfahrbar macht und die Naturwissenschaften als „großes Abenteuer“ vermittelt (McComas et al., 2002).

Ein weiterer Aspekt, bei dem Kenntnisse über *Nature of Science* unterstützend wirken und somit die Integration dieser in den Lehrplan rechtfertigen, ist das wie von Driver, Leach, Millar und Scott (1996) bezeichnete „democratic argument“. Ein demokratisches System sollte danach streben, einen möglichst großen Anteil ihrer Mitglieder mit jenen Kompetenzen auszustatten, die sie befähigen, an wichtigen Entscheidungsprozessen teilhaben zu können. In einer Alltagswelt, die zunehmend durch naturwissenschaftliche Kontexte geprägt ist, scheint eine naturwissenschaftliche Grundbildung daher unverzichtbar (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003). Dieses Verstehen sollte über ein reines Faktenwissen hinausreichen, da besonders die Kenntnis über die Funktionsweise von Naturwissenschaften unverzichtbar für informierte Entscheidungen ist (McComas et al., 2002). Fehlendes Bewusstsein über *Nature of Science* Aspekte, erschwert eine kritische und mündige Evaluierung von wissenschaftlichen Behauptungen, da erst adäquate epistemologische Ansichten über die Entstehung, Entwicklung, Bedeutung und Limitierungen des naturwissenschaftlichen Wissen, eine Auseinandersetzung mit Problemen der gegenwärtigen Gesellschaft ermöglichen (Osborne et al., 2003).

Der fünfte Aspekt ist die unterstützende Rolle von *Nature of Science* bei der Implementierung von Konzeptwechseln. Kinder entwickeln intuitiv gewisse Vorstellungen

zu naturwissenschaftlichen Phänomenen, die sie im Alltag kennen gelernt haben, ohne der Kenntnis allgemein gültiger naturwissenschaftlicher Theorien. Da diese individuellen Theorien und Konzepte zwar für die bisher gemachten Erfahrungen plausibel erscheinen, jedoch meist nicht oder nur teilweise dem anerkannten naturwissenschaftlichen Konsens entsprechen, kann eine Konfrontation der Erklärungsansätze im Unterricht einen kognitiven Konflikt bei den Schülern und Schülerinnen auslösen (Carey & Smith, 1993; Jonen, 2008). Die vorschulischen Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen als „Fehlkonzepte“ zu bezeichnen, wie es in vielen Fällen in der Literatur üblich ist (Leuchter, Saalbach & Hardy, 2011; Möller, 2008; Stark, 2003), scheint jedoch oft nicht angemessen, da es sich vielmehr um „Präkonzepte“ handelt. Die individuellen Ideen der Schüler und Schülerinnen gehen häufig mit früheren Ideen in der Entwicklung der Naturwissenschaften konform, die jedoch aufgrund vieler neuer Erkenntnisse keine allgemeine Gültigkeit mehr besitzen (McComas et al., 2002). Ein Bewusstsein des Lehrers oder der Lehrerin über die Natur der Naturwissenschaften und eine aktive Umsetzung dieser im Rahmen des Unterrichts, kann dabei den notwendigen Konzeptwechsel der Lernenden erleichtern, da der historischen Entwicklungsprozess vergleichbar mit jenem Prozess ist, den die Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Entwicklung zu naturwissenschaftlich gebildeten Individuen durchschreiten müssen (Carey & Smith, 1993; McComas et al., 2002).

McComas et al. (2002) zeigt, dass *Nature of Science* eine wichtige Unterstützung beim Lernen fachwissenschaftlicher Inhalte, beim grundlegenden Verständnis der Naturwissenschaften sowie bei der Implementierung von Konzeptwechseln darstellt. Darüber hinaus fördern adäquate Vorstellungen von *Nature of Science* Aspekten weiterführende Kompetenzen, wie die Genese von Naturwissenschaftsinteresse und die mündige Teilhabe an einer demokratischen Gesellschaft. Betrachtet man diese fünf Rollen von *Nature of Science*, welche sie im Rahmen des Unterrichts einnehmen kann, scheint ihre Bedeutung in der naturwissenschaftlichen Bildung zukünftiger Generationen unverzichtbar. Eine Vielzahl an Studien verdeutlicht jedoch den alarmierenden, gegenwärtigen Zustand, dass ein bedeutender Anteil unserer Gesellschaft, ein unklares und mangelhaftes Verständnis naturwissenschaftlicher Themengebiete besitzt (Abd-El-Khalick, 2004; Clough, 1995; Lederman, 1992; National Science Board, 2012). Es scheint als würde sich paradoxerweise der naturwissenschaftliche Unterricht selbst als „worst enemy“ (Osborne et al., 2003, S. 694) der Naturwissenschaften erweisen, indem sie für eine Vielzahl konfuser und inadäquate Ansichten von Schülerinnen und Schülern über die Bedeutung des Gelernten verantwortlich zeichnet und eine ambivalente beziehungsweise ablehnende Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften provoziert (Osborne et al., 2003). In Bezug auf diese Problematik stellt sich die berechtigte Frage, inwieweit die Rolle der Lehrer und

Lehrerinnen für die Genese adäquater *Nature of Science* Ansichten und folglich für ein umfassendes naturwissenschaftliches Verständnis der Schülerinnen und Schüler von Bedeutung ist.

3.4 Rolle der Lehrpersonen bei der Entwicklung adäquater *Nature of Science* Ansichten von Lernenden

Aufgrund des steigenden Bewusstseins über die Relevanz adäquater *Nature of Science* Ansichten als essentielle Komponente einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, wurden Mitte des 20. Jahrhunderts die ersten Versuche unternommen, die Auffassungen der Schülerinnen und Schüler über die Natur der Naturwissenschaften zu erheben und viele existente, inadäquate Vorstellungen von den Naturwissenschaften erstmals aufzeigen (Cooley & Klopfer, 1961; Mead & Metraux, 1957; Wilson, 1954). In den frühen Jahren dieses Forschungsgebiets wurde der Fokus der Recherche jedoch primär auf die Erhebung der Ansichten von Schülerinnen und Schüler gelegt und die Ursachen, die diesen Auffassungen zugrunde liegen, außer Acht gelassen (Lederman, 1992). Erst bei dem Versuch, den durch die Studien zutage gebrachten, ernüchternden Ergebnissen entgegenzuwirken, wurde die Suche nach dem Ursprung initiiert. Die breite Existenz inadäquater Konzepte unter den Schülerinnen und Schülern wurde dem fehlenden Wissen in diesem naturwissenschaftlichen Aspekt zugeschrieben und der bestehende Lehrplan als eine Ursache dafür identifiziert (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). Eine Reihe von Studien, wie jene von Klopfer und Cooley (1963) oder Crumb (1965), versuchten die unterschiedlichen Einflüsse variierender Lehrpläne zu erfassen und vernachlässigten dabei die Rolle der Lehrperson (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). Diese Variable wurde dabei nicht berücksichtigt, da angenommen wurde, dass durch die Bereitstellung eines adäquaten Lehrplans, relevanter Materialien und der Erläuterung ihrer Anwendung, die Kompetenz der Lehrer und Lehrerinnen generiert werden kann, die Schüler und Schülerinnen bei der Entwicklung adäquater *Nature of Science* Ansichten zu unterstützen (Lederman, 1992). Weiterführenden Studien, wie von Yager (1966) und Kleinman (1965), konnten jedoch erstmals zeigen, dass Lehrerinnen und Lehrer einen bedeutenden Einfluss auf das Verständnis der Natur der Naturwissenschaften von Schülerinnen und Schülern haben, indem sie durch das Einbringen ihres eigenen Verständnisses und das bewusste Stellen von Fragen, das kritische Denken der Lernenden provozieren können (Hofer, 2001; Lederman, 1992).

Lehrer und Lehrerinnen stehen somit unweigerlich in der Pflicht, adäquate Ansichten über *Nature of Science* den Schülerinnen und Schülern im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu vermitteln. Es scheint jedoch paradox und äußerst unwahrscheinlich, dass Lehrer und Lehrerinnen, die selbst inadäquate Konzepte über Natur der Naturwissenschaften innehaben, als kompetente Förderer und Förderinnen in der Genese informierter Ansichten von Schülerinnen und Schüler agieren könnten. Denn nur ein umfassendes Verständnis von *Nature of Science* von Seiten der Lehrenden, ermöglicht ihnen, ihre Konzepte auf eine Form zu vereinfachen, um diese altersadäquat vermitteln zu können (Akerson & Volrich, 2006). Studien der vergangenen Jahre verdeutlichen jedoch, dass ein Großteil der Auffassungen von der Natur der Naturwissenschaften von Lehrern und Lehrerinnen, nicht mit derzeitigen als adäquat anerkannten Konzepten von *Nature of Science* konsistent sind (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Guerra-Ramos, Ryder & Leach, 2010; Lederman, 1999). McComas (1998a) erkennt die Ursache des Status quo in der Tatsache, dass Lehrerinnen und Lehrer selbst, im Rahmen ihrer Ausbildung nur selten die Möglichkeit geboten bekommen, sich mit der Natur der Naturwissenschaften auseinanderzusetzen und folglich ein adäquates Bewusstsein darüber zu entwickeln. Diese Ergebnisse sind nichtsdestoweniger äußerst alarmierend, da es augenscheinlich ist, dass Lehrerinnen und Lehrer nicht in der Lage sein können die Thematik der Natur der Naturwissenschaften verständlich an die Schüler und Schülerinnen zu vermitteln, ohne diese selbst zu verstehen (Akerson & Volrich, 2006).

Im Zusammenhang einer Diskussion über die effektive Vermittlung adäquater *Nature of Science* Ansichten, sollten auch der *implizite* und der *explizite* Lehransatz behandelt werden (Wan, Wong & Zhan, 2013). Abd-El-Khalick und Lederman (2000a) sehen den Unterschied dieser beiden Ansätze nicht in der Art, der im Unterricht applizierten Aktivitäten um *Nature of Science* zu fördern, sondern

„(...) in the extent to which learners are provided (...) with the conceptual tools, such as some key aspects of NOS, that would enable them to think about and reflect on the activities in which they are engaged.“ (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a, S. 690)

Die Vertreter des *impliziten* Ansatzes postulieren, dass das Verständnis von *Nature of Science* ein Ergebnis des Lernprozesses darstellt, welches durch die selbständige Durchführung von forschenden Aktivitäten und naturwissenschaftlichen Arbeitsschritten während des Unterrichts ermöglicht werden kann. Im Gegensatz dazu wird von den Unterstützern des *expliziten* Ansatzes die Auffassung vertreten, dass die Natur der Naturwissenschaften nur durch eine explizite Reflexion der historischen Entwicklung und

Aktivitäten der Naturwissenschaften adäquat und erfolgreich vermittelt werden kann (Wan et al., 2013). Insbesondere dieser Ansatz wird von einer Vielzahl anerkannter Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen unterstützt und vertreten (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Hanuscin et al., 2011; Schwartz & Lederman, 2002; Sodian, Jönsson, Thörmer & Kircher, 2006). Sodian et al. (2006) konnten in ihrer Studie verdeutlichen, dass die aktive Miteinbeziehung der Schülerinnen und Schüler nicht ausreicht, um die notwendigen Kompetenzen zu erwerben, sondern die explizite Auseinandersetzung mit *Nature of Science* unabdingbar ist. Auch Schwartz und Lederman (2002) unterstützen diese These mit den Ergebnissen ihrer Studie. Im Rahmen der Unterrichtsaktivitäten sollen zweckorientierte Anweisungen an die Schüler und Schülerinnen gegeben werden, die eine *Nature of Science* bezogene Diskussion, Reflexion und bewusste Hinterfragung durch die Lernenden forcieren und die Entwicklung adäquater Ansichten der Natur der Naturwissenschaften unterstützen. Dadurch wird verdeutlicht, dass ein umfassendes Verständnis über *Nature of Science* von Lehrern und Lehrerinnen, zwar ein notwendiger Aspekt bei der Genese adäquater Ansichten von Schülerinnen und Schülern ist, jedoch kein hinreichender, da basierend auf den Ergebnissen der diversen Studien, eine explizite Auseinandersetzung der Lernenden in diesem Zusammenhang unabdingbar erscheint (Akerson & Volrich, 2006). McComas (1998a) geht sogar soweit, den Lehrer oder die Lehrerin als „most important variable in the classroom learning equation“ (McComas, 1998a, S. 15) zu bezeichnen, da auch ein gut strukturiertes und geplantes Unterrichtsprogramm, welches Wert auf die Inklusion der Entwicklung adäquater Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften legt, jedoch mit den Auffassungen der lehrenden Person im Widerspruch steht, keinen Erfolg verzeichnen wird können.

Die wesentliche Bedeutung der Rolle von Lehrerinnen und Lehrern bei der Genese adäquater Schüler- und Schülerinnenvorstellungen von der Entwicklung und Funktionsweise der Naturwissenschaften, die damit verbundene Unverzichtbarkeit eines umfassenden *Nature of Science* Verständnisses der unterrichtenden Lehrpersonen sowie die Kompetenz diese explizit zu unterrichten, scheint einer Vielzahl von Fachdidaktikexperten und Fachdidaktikexpertinnen bewusst zu sein. Die in diesem Rahmen durchgeführten Studien, verdeutlichen die Notwendigkeit des Handlungsbedarfs, besonders im Bereich der Lehrer- und Lehrerinnenausbildung. Zukünftige Lehrpersonen sollten daher im Rahmen ihrer Ausbildung bewusst mit der Natur der Naturwissenschaften konfrontiert werden, um ihnen die Bildung von adäquaten Konzepten und Auffassungen zu ermöglichen und darüber hinaus dabei unterstützt werden, die Motivation und Intention zu entwickeln, *Nature of Science* explizit in der Klasse zu lehren und ihre Ansichten im Unterricht bewusst zu integrieren (Akerson & Volrich, 2006). Dieser Ansatz könnte dazu dienen,

den vorliegenden, ernüchternden Ergebnissen über die *Nature of Science* Ansichten von Lehrer und Lehrerinnen und in weiterer Folge jener der Schülerinnen und Schüler entgegenzuwirken, um sich dem Ziel einer breiten, informierten Sichtweise über die Natur der Naturwissenschaften und somit einer in der Gesellschaft konsolidierten naturwissenschaftlichen Grundbildung anzunähern.

In diesem Zusammenhang spielen Experimente im Unterricht eine entscheidende Rolle, da durch ein angemessenes Lehrer- und Lehrerinnenverständnis von *Nature of Science* der Schritt weg von der Durchführung traditioneller „Schulexperimente“, die häufig als „Beweis“ von bestehenden Theorien vermittelt werden, hin zu forschungsnahen Experimenten, die neben diversen wichtigen Kompetenzen auch die Genese adäquater *Nature of Science* Ansichten unterstützen, erleichtert wird. Eine explizite Konfrontation der Schülerinnen und Schüler mit der Natur der Naturwissenschaften ist dabei auch durch die Diskussion der einzelnen Phasen, wie Hypothesenbildung, Experimentdesign oder Datenanalyse möglich. Adäquate Ansichten über Experimente stellen somit einen essentiellen Subaspekt von *Nature of Science* dar und sollten daher bereits im Rahmen einer umfassenden Lehrer- und Lehrerinnenausbildung implementiert werden. Wichtige, experimentbezogene *Nature of Science* Aspekte, die für die Lehrpersonen und in weiterer Folge für die Schülerinnen und Schüler relevant sind, werden im folgenden Kapitel behandelt.

Kapitel 4

Experimente

Die Methode des Experimentierens leistet einen wesentlichen Beitrag zur Gewinnung neuer Erkenntnissen in den Naturwissenschaften, welche stark auf der kontinuierlichen Sammlung empirischer Daten basieren. Aufgrund der wichtigen Bedeutung von Experimenten für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens, ist auch die *Nature of Science* Perspektive bezüglich dieser Thematik von besonderer Relevanz. Die Notwendigkeit einer deutlichen Klärung des Begriffs „Experiment“ ist insbesondere in den gesellschaftlich weitverbreiteten, inadäquaten Einschätzungen der Charakteristika, des Zwecks und der Grenzen von Experimenten in den Naturwissenschaften begründet – einer Tatsache, die durch zahlreiche, im Rahmen der *Nature of Science* Forschung durchgeführten Studien, wie etwa jener von Abd-El-Khalick (2004), mehrfach bestätigt wurde. Eine der wichtigsten Ursachen dafür, ist die Divergenz der Bedeutung im schulischen im Vergleich zum wissenschaftlichen Kontext, welche im Folgenden genauer abgehandelt wird.

4.1 Das Experiment – Schule versus Wissenschaft

Es ist von großer Wichtigkeit, dass sich Schülerinnen und Schüler über die Rolle und die Bedeutung von Experimenten in den Naturwissenschaften bewusst sind. Neben einem kognitiven Wissensanteil, welches der Vorstellung der Lernenden über das Experimentieren der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, dessen Funktionen und Voraussetzungen beinhaltet, ist das Bewusstsein der Schüler und Schülerinnen über die Bedeutung von Experimenten auch von einem praktischen Wissensanteil geprägt, welcher durch das selbstständige Experimentieren im Rahmen ihrer Ausbildung konstruiert wird (Höttecke, 2001). Die Darstellung und der Einsatz von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht spielt bei der Genese der Schüler- und Schülerinnenvorstellungen eine besondere Rolle, da die Lernenden in diesem Kontext erstmals explizit mit dieser Thematik konfrontiert

werden.

Durch vorgegebene Rahmenbedingungen werden jedoch viele Lehrer und Lehrerinnen dazu veranlasst einen naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten, welcher ein Bild von Experimenten vermittelt, das mit den Eigenschaften von wissenschaftlichen Experimenten nicht übereinstimmt. In mehr oder minder altershomogenen Klassen von durchschnittlich 20 Schülerinnen und Schülern (20,1 laut Statistik Austria, 2013), werden diese häufig mit derselben Aufgabe konfrontiert und individuell oder in kleinen Gruppen bearbeitet wird (Woolman, 2000). Die dabei zu erzielenden Ergebnisse sind in den meisten Fällen, zumindest für den Lehrer oder die Lehrerin vorhersehbar, da diese Aktivitäten oft bereits unzählige Male durchgeführt wurden (Woolman, 2000). Die obligate Bewertung der Leistungen der Schülerinnen und Schüler verleitet die Lehrperson dabei zusätzlich die Fragestellungen sehr eng zu halten und nach einer klaren, „richtigen“ Antwort zu suchen (Höttecke, 2001; Woolman, 2000). Erhaltene Ergebnisse, die von den erwarteten abweichen, werden häufig als „falsch“ deklariert, ohne die Ursachen der Abweichung zu suchen und explizit anzusprechen. Dieses selbständige „Experimentieren“, wie es häufig in den Schulen praktiziert wird, verursacht eine Diskrepanz zwischen dem kognitiven und dem praktischen Wissen der Schüler und Schülerinnen (Höttecke, 2001). Es besteht dabei die Gefahr, dass eine Vorstellung von Experimenten und Naturwissenschaften vermittelt wird, die wie folgt zusammengefasst werden kann:

„Scientific ideas and theories are true statements about the world which can be justified on the basis of observation and experiment.“ (Woolman, 2000, S. 124f)

Diese Auffassung missinterpretiert nicht nur das Potential von Experimenten in den Naturwissenschaften, sondern negiert auch die Unmöglichkeit der Enthüllung einer „absoluten Wahrheit“ und die stetige Wandelbarkeit der Naturwissenschaften. Dieses inadäquate Verständnis wird auch dadurch genährt, dass der naturwissenschaftliche Unterricht sich beinahe ausschließlich mit den Kernthemen dieser Disziplinen beschäftigen, welche in den Naturwissenschaften mittlerweile als unumstritten gelten (Woolman, 2000). Im Schulunterricht dienen Experimente beinahe ausschließlich dazu, die vermittelten Theorien zu „beweisen“. Die „Richtigkeit“ des gelehrtens Unterrichtsstoffes wird mithilfe dieser *Bestätigungsexperimente* gezeigt. Die häufige Erwartung, dass die Naturwissenschaften „absolut sichere“ Erkenntnisse bereitstellen ist daher nicht verwunderlich, da sie oft auf diese Weise im schulischen Kontext präsentiert werden (Woolman, 2000).

Doch welche Merkmale eines Experiments in der naturwissenschaftlichen Forschung stehen im Widerspruch zu der in der Schule repräsentierten Form eines Experimentes?

Zum Ersten wird es in naturwissenschaftlichen Laboratorien nicht vorkommen, dass eine Gruppe von zwanzig bis dreißig Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen parallel, idente Arbeitsprozesse und Aktivitäten durchführt, mit dem Ziel idente Ergebnisse zu liefern. Vielmehr beteiligen sich die Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen bei einer bestehenden Fragestellung an einer kooperativen Forschung, wobei die Einzelergebnisse der diversen untersuchten Aspekte wichtige Komponenten einer Gesamtlösung darstellen können (Woolman, 2000). Zum Zweiten unterscheiden sich auch die Motive beim Prozess des Experimentierens. „Scientists are people with a passion to explain“, meinte einst Albert Einstein und unterstreicht damit die Leidenschaft und den Willen von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen die Welt zu erklären, welche die Grundlagen jeglicher Forschung und somit jeglichen Experimentierens sind. Die Durchführung schulischer Experimente von Schülerinnen und Schülern ist jedoch häufig weniger durch die Neugierde als durch den Aspekt der Leistungsbeurteilung motiviert (Woolman, 2000). Zum Dritten sind naturwissenschaftliche Experimente keine „Standardexperimente“, welche bereits vielfach durchgeführt wurden und deren Ergebnisse somit bereits bekannt sind. Es existiert keine Autorität, die die „richtige“ Lösung eines Problems bereits kennt und bei ihrer Findung unterstützend intervenieren kann. Es obliegt den Forschern und Forscherinnen selbst, ihre erhaltenen Ergebnisse anderen Experten und Expertinnen zu präsentieren und diese von der Validität ihrer Daten zu überzeugen (Woolman, 2000).

Dieser Vergleich zeigt, dass Schülern und Schülerinnen im Rahmen der Schulen eine Form von „Experimenten“ praktisch erfahren, welche sich klar von einer wissenschaftlichen Auffassung eines Experiments unterscheiden. Die rigide Abarbeitung einer vorgegebenen Schrittfolge regt zum Auswendiglernen an und ermöglicht ein geringes Maß an Partizipationsmöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler an. Die Darstellung von schulischen Experimenten in dieser Arbeit entspricht einer traditionellen Form des naturwissenschaftlichen Unterrichts, welche noch vielfach in den Schulen praktiziert wird. Moderne Konzepte, wie die *Inquiry-based Science Education*, versuchen der bestehenden Diskrepanz zwischen schulischer und wissenschaftlicher Auffassung von Experimenten entgegenzuwirken. Durch den Einsatz dieser Methode konnten bereits erste Erfolge in der Steigerung von Interesse und des Kenntnisstandes von Schülern und Schülerinnen sowohl in der Grund- als auch in der Sekundarstufe erzielt werden (Blanchard et al., 2010; Europäische Kommission, 2007). Dieses Modell reicht von einer verifizierenden Form, die ähnlich zum „traditionellen“ Schulexperiment ist, über eine strukturierte Form, bei der ausschließlich die Dateninterpretation frei gestaltet wird und somit den Schülerinnen und Schülern überlassen wird, über eine geleitete, bis hin zu einer offenen

Form, bei der ausgehend von einem bestehenden Phänomen, die Forschungsfrage, die Untersuchungsmethoden, die Durchführung sowie die anschließende Interpretation der Ergebnisse selbständig von den Lernenden entwickelt werden sollen (Blanchard et al., 2010). Mit der ansteigenden Komplexität dieser Unterrichtsmethode wachsen auch die gestellten Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler, wodurch versucht wird, den Arbeitsprozess des Experimentierens, an jenen in der naturwissenschaftlichen Forschung anzunähern. Obwohl die Methode der *Inquiry-based Science Education* nicht unumstritten ist, etwa durch Kirschner, Sweller und Clark (2006), bietet sie einen wertvollen Ansatz, der sich von der Darstellung des „traditionellen“ Schulexperiments distanziert.

Dieser Abschnitt verdeutlicht die Darstellung von Experimenten wie sie häufig im Naturwissenschaftsunterricht dargestellt werden. Die Bestätigung oder der „Beweis“ des bereits bestehenden Wissens entspricht jedoch keineswegs der Aufgabe eines Experiments im Sinne der naturwissenschaftlichen Forschung. Jene Charakteristika die ein naturwissenschaftliches Experiment prägen und somit auch den Schülerinnen und Schülern vermittelt werden sollten, werden im nachfolgenden Abschnitt behandelt.

4.2 Charakteristika von Experimenten in den Naturwissenschaften

Das Begriffsverständnis in dieser Arbeit stützt sich im Wesentlichen auf jene charakteristischen Merkmale von Experimenten, die von John Dewey in seinem Werk „Die Suche nach Gewißheit“ (2001) postuliert wurden. Das erste Charakteristikum formuliert Dewey wie folgt: „Alles Experimentieren impliziert *offenes Tun*“ (Dewey, 2001, S. 89). Dieser Aspekt ist wohl jener, der ad hoc als wichtiges Merkmal des Experimentierens akzeptiert werden kann, da auch das Merkmal des „Tuns“ der gesellschaftlich konventionellen Auffassung eines Experiments und der Eigenschaft eines traditionellen „Schulexperiments“ entspricht. Das Experimentieren wird stets als eine Art Tätigkeit oder Aktivität aufgefasst. Der Begriff des „offenen Tuns“ geht jedoch weit über eine schlichte Abarbeitung vorgegebener Arbeitsschritte hinaus. Dewey (2001) expliziert, dass ein Naturwissenschaftler oder eine Naturwissenschaftlerin durch die aktive Handlung eine „bestimmte Veränderung in der Umwelt oder in unserem Verhältnis zu ihr“ bewirkt (Dewey, 2001, S. 89). Somit wird durch die Tätigkeit im Rahmen eines Experiments in irgendeiner Form aktiv in die Natur eingegriffen. Dadurch können Experimente eindeutig von bloßen Beobachtungen unterschieden werden. Eine weitere von Dewey genannte notwendige Eigenschaft für ein

Experiment, unterstützt diese Auffassung:

„(...) das Ergebnis dieser gelenkten Tätigkeit [besteht] in der Schaffung einer neuen empirischen Situation (...), in der Gegenstände auf verschiedene Weise aufeinander bezogen sind, und zwar so, daß die *Konsequenzen* der gelenkten Handlungen die Gegenstände bilden, die die Eigenschaft haben, *erkannt* zu sein.“ (Dewey, 2001, S. 89)

Damit wird verdeutlicht, dass durch die aktiven Eingriff der Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen neue Situation kreiert werden, wodurch sie das Verstehen des ursprünglichen Sachverhalts erleichtern. Die applizierte Veränderung an der Welt muss jedoch unweigerlich die Voraussetzung erfüllen, dass ihre Auswirkungen „*erkannt*“ werden können. Sie müssen daher in irgendeiner Form wahrnehmbar sein, sei es durch visuelle, auditive, olfaktorische Reize, aber auch – besonderes in den modernen Naturwissenschaften – durch erhaltene Daten aus der Vielzahl existenter Messinstrumente. Ein Experiment impliziert somit stets Elemente der Kontrolle oder Manipulation durch den Forscher oder die Forscherin, die dazu dienen, Eigenschaften aufzuzeigen, die ansonsten unerkannt geblieben wären (Abd-El-Khalick, 2004; Dewey, 2001).

Neben diesen Charakteristika sieht Dewey noch ein weiteres wichtiges Merkmal eines Experiments. Er erkennt, dass es „keine Zufallsaktivität ist, sondern von Ideen gelenkt wird“ (Dewey, 2001, S. 89). Dewey zeigt damit, dass einem Experiment stets Überlegungen vorausgehen, diesem gewisse Rahmenbedingungen und somit eine Orientierung verleihen. Diese Struktur gewährleistet die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit eines Experiments, welche notwendig sind, um der Forderung einer intersubjektiven Überprüfbarkeit der Naturwissenschaften zu genügen. Auch die beiden zuvor erwähnten Charakteristika von Experimenten weisen auf die Notwendigkeit eines kognitiven Prozesses im Vorfeld der Durchführung. Die Forscher und Forscherinnen stellen theoriegeleitete Überlegungen zur Kontrolle und Manipulation von Parametern an und fällen Entscheidungen über für das Experiment relevante sowie vernachlässigbare Aspekte. Dabei sind auch Vorstellungen der möglichen Resultate des durchgeführten Experiments unverzichtbar. Diese Notwendigkeit der Vorerwartungen bei einem Experiment wird von Harré (2002) wie folgt formuliert:

„Without some prior idea of what might be there to be found out we would not know what to look for in the results of our experiments, nor would we be able to recognize it when we had found it.“ (Harré, 2002, S. 14)

Eine gewisse Idee im Vorfeld der Durchführung eines Experiments, etwa eine Hypothese, ist wesentlich für die Entwicklung eines Experiments und die Interpretation der Ergebnisse

(Abd-El-Khalick, 2004). In diesem Zusammenhang sollte erneut erwähnt werden, dass Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen nicht danach streben, ihre an ein Experiment gestellten Erwartungen zu bestätigen, sondern deren Erwartungen ausschließlich zur Bildung konzeptueller Rahmenbedingungen dienen, da sowohl die Bestätigung, als auch die Widerlegung dieser einen Informationsgewinn bedeuten (Carrier, 2001).

Betrachtet man die erwähnten Merkmale eines Experiments wird deutlich, dass sich ein Experiment keineswegs auf naturwissenschaftliche Forschungsinstitute und schon gar nicht auf die Räumlichkeiten eines Laboratoriums beschränken lassen. Eine rudimentäre Form des Experimentierens findet sich auch in alltäglichen Prozessen wieder. Für die Untersuchung eines unbekannten Gegenstands werden diverse Handlungen durchgeführt, um seine Eigenschaften offenzulegen, die eine Hilfe für das Verstehen seiner Funktionsweise sein können (Dewey, 2001). „Wir drehen ihn um, halten ihn ans Licht, rütteln und schütteln ihn, klopfen dagegen, schieben und drücken ihn (...)“ (Dewey, 2001, S. 89). Durch dieses Vorgehen werden bewusst variierende Rahmenbedingungen für die Wahrnehmung dieses Objekts geschaffen, die einem unvertrauten Gegenstand eine Bedeutung verleihen können. Durch diese isolierte Betrachtung können Eigenschaften besser evaluiert werden, welche bei bloßer Beobachtung übersehen oder verkannt werden würden (Dewey, 2001). Diese Darstellung spiegelt in simplifizierter Weise den experimentellen Zugang in der naturwissenschaftlichen Forschung wider.

Zusammengefasst ist das Experimentieren eine wichtige, jedoch nicht unerlässliche Methode für die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens. Ihr Potential liegt dabei darin, zuvor postulierte Überlegungen oder Hypothesen mittels Akkumulation empirischer Daten zu unterstützen beziehungsweise zu widerlegen. Des Weiteren unterscheiden sich Experimente von bloßer Beobachtung dadurch, dass sie zusätzlich zu den Eigenschaften der Reproduzierbarkeit, auch stets Elemente der Kontrolle oder Manipulation aufweisen. Nach der Diskussion des Begriffs „Experiment“ und dessen Rolle in der Naturwissenschaft, soll die Frage nach den damit einher gehenden Grenzen experimenteller Erkenntnisse geklärt werden.

4.3 Grenzen der Aussagekraft experimentell gewonnener Daten

Ein Bewusstsein über die veränderliche Natur des naturwissenschaftlichen Wissen und die damit verbundene Unmöglichkeit der Findung einer „absoluten Wahrheit“ (siehe Seite 15) impliziert auch ein Bewusstsein über die Grenzen der Aussagekraft empirischer Daten. Eine allgemein anerkannte naturwissenschaftliche Theorie wird durch eine Vielzahl empirischer Daten gestützt, die unter anderem auch durch Experimente gewonnen wurden und genießen daher bei den Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen breite Akzeptanz. Dennoch sind Experimente unter keinen Umständen in der Lage, unabhängig von der Anzahl der Durchführungen, eine Theorie zu „beweisen“ oder als „richtig“ zu bestätigen, sondern ihre Übereinstimmung dient lediglich als eine Bestärkung (Carrier, 2001). Dieses begrenzte Potential der Aussagekraft von experimentellen Daten kann auch durch einen mathematisch logischen Ansatz begründet werden. Versucht man eine Aussage über eine unendliche Zahlenmenge, etwa die Menge aller Primzahlen zu treffen, dann ist es aufgrund der Unendlichkeit nicht möglich, die Gültigkeit dieser Aussage durch die Überprüfung aller Elemente zu belegen. Analog wäre dies bei der „Wahrheitsprüfung“ einer Hypothese auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung aller damit in Verbindung stehenden empirischen Daten in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zu übertragen. Diese Möglichkeit wird jedoch aufgrund des *Induktionsproblems* (siehe Seite 16) ausgeschlossen.

In der Mathematik kann diese Problematik durch die Durchführung eines *indirekten Beweises* umgangen werden. Soll etwa eine Aussage über die Menge alle Primzahlen getroffen werden, dann genügt es eine Primzahl zu finden, die dieser Aussage nicht entspricht, um diese zu widerlegen. Ein analoges Konzept kann auch auf die Naturwissenschaften angewendet werden. Wie bereits zuvor erwähnt, ist kein Experiment beziehungsweise keine empirische Beobachtung in der Lage, eine Hypothese zu beweisen. Das bedeutet, dass aus der gemachten Beobachtung nicht die Richtigkeit der Hypothese gefolgert werden kann. Dennoch gilt: Sollte eine aufgestellte Hypothese (H) zutreffen, dann ist zu erwarten, dass eine dadurch prognostizierte Beobachtung (B) gemacht werden kann (Gillies, 1998). Also:

Wenn H, dann B.

Implikationen wie diese können, basierend auf dem mathematischen Prinzip der Aussagenlogik verneint werden und es folgt daher:

Wenn nicht-B, dann nicht-H.

Dies bedeutet, dass obwohl eine empirische Beobachtung nicht das Potential besitzt, eine aufgestellte Hypothese zu beweisen, das Nicht-Eintreten einer erwarteten Beobachtung ausreichend ist, um diese zu widerlegen. Dieses Prinzip wurde erstmals von Popper (1960) unter dem Namen „Falsification“ postuliert. Es besagt, dass naturwissenschaftliche Hypothesen durch Experimente und Beobachtungen getestet werden, unter dem dabei vorrangigen Ziel, diese zu widerlegen. Er erkennt in eben dieser Eigenschaft, die besondere Stärke der Naturwissenschaften. Darüber hinaus bietet die Tatsache, eine naturwissenschaftliche Hypothese durch ein singuläres empirisches Ergebnis falsifizieren zu können, die Möglichkeit, zwischen einer naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Hypothese zu unterscheiden. Eine Hypothese, die nicht falsifizierbar ist, kann somit nicht naturwissenschaftlich sein (Woolman, 2000).

Obwohl dieser Ansatz äußerst plausibel erscheinen mag, ist er dennoch mit einer gewissen Problematik verknüpft. Duhem (1954) argumentierte Anfang des 20. Jahrhunderts, dass eine physikalische Hypothese nie isoliert durch eine empirische Beobachtung falsifiziert werden kann, da sie stets eine Komponente eines System von diversen Gesetzen und unterstützenden Hypothesen darstellt. Um beispielsweise eine Hypothese über die Bewegungsbahn eines Objekts im Sonnensystem aufzustellen, benötigt man die drei newtonschen Gesetze $(G_1, G_2, G_3)^2$, das Gesetz der Schwerkraft (G_4) sowie weitere unterstützende Hypothesen (U). Bei der gewünschten Überprüfung einer aufgestellten Hypothese, wird somit nicht diese isoliert, sondern als Teil des Gesamtsystems dem Test unterzogen (Abd-El-Khalick, 2003). Somit gilt:

Wenn $G_1 \& G_2 \& G_3 \& U$, dann B

und folglich:

Wenn nicht-B, dann nicht- $(G_1 \& G_2 \& G_3 \& U)$.

²Die drei newtonschen Gesetze werden als Trägheitsprinzip, Aktionsprinzip und Wechselwirkungsprinzip bezeichnet und werden von Newton (1872) wie folgt beschrieben:

- „1.Gesetz. Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird seinen Zustand zu ändern.“ (Newton, 1872, S. 32)
- „2.Gesetz. Die Aenderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt.“ (Newton, 1872, S. 32)
- „3.Gesetz. Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich, oder der Wirkung zweier Körper auf einander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung.“ (Newton, 1872, S. 32)

Somit ist beim Nicht-Eintreten der prognostizierten Beobachtung, lediglich die Schlussfolgerung erlaubt, dass das Gesamtsystem inkorrekt ist und einer Überarbeitung bedarf, erlaubt jedoch keine Aussage über die Korrektheit der Einzelkomponenten (Abd-El-Khalick, 2003). In dem gewählten Beispiel kann somit theoretisch sowohl die neu postulierte Hypothese als auch etwa das Gesetz der Schwerkraft für die Fehlprognose verantwortlich sein. Vom philosophischen Standpunkt aus ist es somit nur möglich, ein Gesamtsystem und keine isolierten Hypothesen zu überprüfen. Nichtsdestotrotz werden die mit der zu überprüfenden Hypothese in Verbindung stehende Gesetze und Theorien, die in der Vergangenheit mit vielen empirischen Daten korreliert haben, beispielsweise das Gesetz der Schwerkraft, nur in seltenen Fällen angezweifelt. Daher ist, trotz des Widerspruchs zum logischen Ansatz, eine Falsifizierung von aufgestellten Hypothesen im praktischen Sinne, durchaus möglich.

Die in diesem Kapitel dargelegten Eigenschaften sind wichtige Aspekte wissenschaftlicher Experimente. Ein klares Bewusstsein dieser Charakteristika ist für ein umfassendes Verstehen der Funktionsweise von Naturwissenschaften unverzichtbar. Die Kenntnis der experimentellen Arbeitsweisen von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen verdeutlicht die Gewinnung empirischer Daten, die die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens ermöglicht. Kinder und Jugendliche sollten im Rahmen ihrer Schulbildung mit diesen Charakteristika konfrontiert werden und diese auch beim selbständigen Experimentieren erfahren können. Lehrer und Lehrerinnen sollten daher eine Umgebung im Unterricht schaffen, die dies ermöglicht. Ein adäquates *Nature of Science* Verständnis über die Aspekte von Experimenten ist von Seiten der Lehrperson daher unerlässlich.

Es wird deutlich, dass angemessene *Nature of Science* Vorstellungen sowohl von experimentbezogenen als auch von allgemeinen Aspekten für ein umfassendes Naturwissenschaftsverständnis von großer Bedeutung sind. Es ist daher zu garantieren, dass die Konstruktion adäquater *Nature of Science* Vorstellungen neben einem fachwissenschaftlichen Wissen im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gewährleistet ist. Um dies beurteilen und gegebenenfalls geeignete Maßnahmen setzen zu können, ist es notwendig den Status quo in diesem Bereich zu erheben. Für die Beurteilung der gegenwärtigen Situation ist es wichtig die *Nature of Science* Vorstellungen zu operationalisieren. Es stellt sich folglich die Frage nach geeigneten Erhebungsmethoden, welche die Untersuchung epistemologischer Auffassungen ermöglichen, um eventuellen Handlungsbedarf offen zu legen.

Kapitel 5

Operationalisierung von *Nature of Science* Ansichten

Im Rahmen der Forschung zu epistemologischen Überzeugungen wurden diverse Erhebungsverfahren entwickelt und angewendet, mit denen versucht wurde, die epistemologischen Überzeugungen der Probanden und Probandinnen adäquat erheben und evaluieren zu können. Jegliche dieser Methoden weisen jedoch neben diversen Vorteilen, auch nachteilige Aspekte auf, womit die Entscheidung für ein adäquates Erhebungsverfahren keine universelle ist, sondern stets mit der individuellen Intention der Untersuchung in Abhängigkeit steht (Priemer, 2006). Zum einen können epistemologische Ansichten über einen passiven Ansatz erhoben werden, indem etwa durch die Beobachtung von Aktivitäten durch eine außenstehenden Person oder durch die Dokumentenanalyse, wie zum Beispiel von Arbeitsblättern, Informationen gewonnen werden, die Schlüsse auf die epistemologischen Überzeugungen von Personengruppen zulassen (Priemer, 2006). Zum anderen kann die Operationalisierung von epistemologischer Überzeugungen auch durch die aktive Befragung der Probanden und Probandinnen mittels Fragebögen oder Interviews erfolgen (Priemer, 2006).

Bei den bisher entwickelten Fragebögen handelt es sich um eine Fragensammlung, oft im Multiple-Choice-Format, die von den Versuchspersonen in einer relativ geringen Zeitspanne – 20 bis 60 Minuten – beantwortet werden (Priemer, 2006). Die Präskription ist ein besonders normativer Ansatz eines solchen Fragebogens, bei dem dargestellte Sichtweisen oder Aussagen auf den Grad der Zustimmung durch die Probanden und Probandinnen geprüft werden und wodurch weiterführende Schlussfolgerungen gezogen werden können (Priemer, 2006). Diese Methode wurde vielfach in der Vergangenheit im Rahmen der Erhebung epistemologischer Überzeugungen angewandt (Cooley & Klopfer, 1961; Kimball, 1967; Rubba & Andersen, 1978).

Die Vorteile dieser äußerst restringierten Form der Datenerhebung sind offensichtlich. Die strikten Vorgaben der durch die Probanden und Probandinnen gegebenen potentiellen Antwortmöglichkeiten stellen eine deutliche Vereinfachung in der Datenanalyse dar. Durch klare Auswertungsschemata kann eine große Probanden- und Probandinnenanzahl mit einem sehr hohen Grad an Objektivität analysiert werden. Diese Form der Datenanalyse erlaubt daher ein Ausmaß der quantitativen Erfassung, die durch alternative, aufwendigere Operationalisierungsmethoden nicht beziehungsweise nur schwer möglich ist (Priemer, 2006).

Diese charakteristischen Einschränkungen stehen jedoch im Zusammenhang mit einigen limitierenden und nachteiligen Aspekten. Die Fragebögen enthalten aus Gründen der besseren Analysierbarkeit, häufig nur extreme Sichtweisen, wodurch jedoch Experten- und Expertinnenstandpunkte, welche nicht mit diesen Extrema einher gehen, vernachlässigt werden (Priemer, 2006). Des Weiteren werden Probanden und Probandinnen im Rahmen der quantitativen Auswertung in vielen Fällen mit einer Gesamtpunkteanzahl versehen, wodurch sie dann in mehrere Kategorien eingeteilt werden können. Welche Auffassungen sich für diese Punktezahl verantwortlich zeichnen, wird im Laufe der Analyse meist vernachlässigt (Priemer, 2006). Diese Nachteile veranlassten viele Fachdidaktiker und Fachdidaktikerinnen die Validität ihrer Beurteilung bezüglich epistemologischer Überzeugungen dieser Methode zu hinterfragen (Abd-El-Khalick, 2004).

Validere Operationalisierungen können entweder durch offenere Formen des Fragebogens oder durch umfassende Interviews durchgeführt werden. Höttecke und Rieß (2007) verwendete etwa offene Fragebögen zur Erhebung der *Nature of Science* Vorstellungen von Lehramtsstudierenden mit dem Unterrichtsfach Physik. Der höhere Grad an Detailgenauigkeit und infolgedessen auch an Aussagekraft der Ergebnisse, hat jedoch einen weitaus höheren zeitlichen Aufwand der Analyse zur Folge und macht eine Verringerung der Probanden- und Probandinnenanzahl notwendig (Priemer, 2006). Die durch offene Fragebögen erhaltenen Daten müssen mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet werden. Bei der Untersuchung epistemologischer Überzeugungen wird versucht, Aussagen über die Angemessenheit der Vorstellungen der Probanden und Probandinnen zu treffen. Abd-El-Khalick (2004) ordnet die durch den Fragebogen erhaltenen Antworten in die beiden Kategorien „informed“ und „naïve“ ein.

Im Rahmen der Analyse der Auffassungen von *Nature of Science* Ansichten wird auch die Kombination mehrerer Operationalisierungsmethoden in Erwägung gezogen. Lederman und O'Malley (1990) beispielsweise kombinierten den von ihnen entwickelten, offenen

Views of Nature of Science Questionnaire - Form A (VNOS-A) mit weiterführenden Interviews. Auch Abd-El-Khalick (2004) praktizierte in seiner Studie zu unterschiedlichen *Nature of Science* Ansichten von Studierenden und Hochschulabsolventen und Hochschulabsolventinnen die Kombination des offenen Fragebogens VNOS-C (*Form C*) mit der Durchführung anschließender Interviews mit den Probanden und Probandinnen. Abd-El-Khalick versuchte dabei, den Multiple-Choice-Fragebögen inhärenten Problemen entgegenzuwirken. Durch den von ihm verwendeten offenen Fragebogen waren die Probanden und Probandinnen in der Lage, ihre eigene Meinung zu den bestimmten *Nature of Science* Aspekten zu formulieren, wobei ihnen keine spezifischen Ansichten durch den Fragebogen auferlegt wurden (Abd-El-Khalick, 2004). Die weiterführenden Interviews setzte Abd-El-Khalick dazu ein, in den Fragebögen auftauchende Unklarheiten zu bereinigen und Begründungen für die von den Teilnehmern und Teilnehmerinnen eingenommenen Standpunkte bezüglich der unterschiedlichen Aspekte der Natur der Naturwissenschaften kommunikativ zu validieren.

In diesem Zusammenhang sollte auch eine Problematik erwähnt werden, die durch die Erhebung von Informationen mittels Fragebögen über das Internet einher gehen. Beruhend auf dem Charakteristikum eines Online-Fragebogens, stellt sich die Frage nach der Aussagekraft einer Untersuchung, welche nicht innerhalb eines kontrollierten Umfeldes durchgeführt wird. Auch Abd-El-Khalick (2004) beschäftigte sich im Rahmen seiner Studie mit dieser Frage und wirkte dieser Problematik mit der Klarstellung für die Probanden und Probandinnen entgegen, dass für die gestellten Fragen keine „falschen“ beziehungsweise „richtigen“ Aussagen existieren.

Es wird deutlich, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden angewendet werden können, um epistemologischen Überzeugungen zu erheben. Eine Universalmethode, die für alle epistemologischen Forschungen geeignet ist, existiert jedoch nicht, da jede Methode sowohl mit Vorteilen als auch mit Nachteilen verknüpft ist. Diverse Faktoren wie Forschungsfrage, Stichprobengröße sowie zeitliche und finanzielle Ressourcen beeinflussen die Methodenwahl maßgeblich. Die Selektion der Operationalisierungsmethode ist daher individueller Prozess, der unter Berücksichtigung des konkreten Gegenstands stattfinden muss.

Zusammenfassend wurden im Teil I „Theoretische Grundlagen“ die wesentlichen *Nature of Science* Ansichten mit dem besonderen Fokus auf den Aspekt *Experimente* dargelegt und die potentielle Erhebungsmethoden epistemologischer Überzeugungen vorgestellt. Weiters widmete sich dieser Abschnitt der Beschreibung der besondere Relevanz von

Nature of Science im Kontext Schule und der damit verbundenen Bedeutung der Genese adäquater *Nature of Science* Auffassungen, nicht nur bei Schülern und Schülerinnen, sondern auch bei den Lehrkräften. Im folgenden der Arbeit werden nun die im Rahmen der durchgeführten empirischen Untersuchung erhobenen Auffassungen ausgewählter Naturwissenschaftsstudierender im Bezug auf die dargelegten theoretischen Grundlagen analysiert und interpretiert.

Teil II

Empirische Untersuchung

Kapitel 6

Methodik

Die Erhebung der *Nature of Science* Vorstellungen der Naturwissenschaftsstudierenden wurde mithilfe eines offenen Fragebogens durchgeführt. Der Online-Fragebogen, der im Rahmen der empirischen Untersuchung verwendet wurde, wurde basierend auf der Theorie von (Mayring, 2007) qualitativ analysiert. Der Vorteil des systematischen Vorgehens, das Mayring (2007) für die qualitative Inhaltsanalyse vorschlägt, besteht darin, dass die Textanalyse auf klar dargelegten Regeln basiert. Denn obwohl diese Methode kein analytisches Standardwerkzeug darstellen kann, sondern dem konkreten Gegenstand angepasst werden muss, unterliegt diese Anpassung einer klaren Struktur mit definierten Analyseschritten und einer festgelegten Reihenfolge (Mayring, 2007). Diese Vorgehensweise hebt die qualitative Inhaltsanalyse von einer orientierungslosen Analyse der Datensätze ab, da alle Schritte, die im Rahmen der Analyse durchgeführt werden, eine theoretisch fundierte und getestete Struktur von Regeln befolgen (Mayring, 2007).

In den folgenden Abschnitten wird die durchgeführte qualitative Inhaltsanalyse unter Berücksichtigung des von Mayring (2007) postulierten, inhaltsanalytischen Ablaufmodells dargelegt.

6.1 Festlegung des Materials

Die Untersuchung mittels offenem Fragebogen richtete sich an Naturwissenschaftsstudierende der Universität Wien, also sowohl an Fachwissenschafts- als auch an Lehramtsstudierende diverser naturwissenschaftlicher Fächer (Biologie, Chemie, Physik). Die Studie umfasst insgesamt 248 durch Studierende ordnungsgemäß ausgefüllte Fragebögen. Dabei sind jedoch drei Studierende enthalten, die kein naturwissenschaftliches Fach inskribiert haben und infolgedessen nicht in der Analyse berücksichtigt wurden. Die Grundgesamt-

heit der Studie beträgt daher 245. Von diesen Studierenden sind 86 männlich (35,1%) und 159 (64,9%) weiblich. Die Altersspanne der Probanden und Probandinnen erstreckt sich von 18-50 Jahren, wobei der Mittelwert bei 23,4 Jahren liegt. 184 der Befragten (75,1%) haben über ein fachwissenschaftliches Studium an der Universität Wien inskribiert, 48 (19,8%) studieren auf Lehramt und 13 (5,2%) belegen sowohl ein fachwissenschaftliches, als auch ein Studium auf Lehramt. Betrachtet man die gewählten Fächer aller Probanden und Probandinnen, erkennt man, dass 178 (72,7%) Biologie, 51 (20,8%) Chemie und 34 (13,9%) Physik studieren, wobei hier auch die Fachspezialisierungen wie Molekularbiologie und biologische Chemie inkludiert sind. Darüber hinaus sind in dem vorliegenden Datensatz vier (1,6%) Probanden und Probandinnen enthalten, die in keiner der drei angegeben naturwissenschaftlichen Fächer inskribiert sind. In diesem Zusammenhang sollte erwähnt werden, dass die Summe der Studierenden in den einzelnen Fächern, die Gesamtsumme an Probanden und Probandinnen überschreitet. Dies ist dadurch begründet, dass einige Studierende in mehr als einem naturwissenschaftlichen Fach inskribiert haben und diese folglich mehrfach in den entsprechenden Gruppen berücksichtigt werden. Im Bezug auf die Studiendauer, sind die Teilnehmer und Teilnehmerinnen ausgewogen verteilt: 56 (22,9%) studieren seit einem oder zwei Semestern, 77 (31,4%) seit drei bis fünf Semestern, 48 (19,4%) seit sechs bis neun Semestern und 59 (24,1%) Probandinnen und Probanden studieren seit mehr als neun Semestern ein naturwissenschaftliches Fach. Die übrigen fünf Studierenden haben keine Angaben zu ihrer bisherigen Dauer des Studiums gemacht. Betrachtet man den Studienfortschritt der Studenten und Studentinnen erkennt man, dass 97 (39,6%) einen Abschluss des ersten Studienabschnitts beziehungsweise eines Bachelorstudiums vorweisen können, während 148 (60,4%) Probanden und Probandinnen keines der beiden zum Durchführungszeitpunkt der Studie absolviert haben.

Der Fragebogen, den die Studierenden im Rahmen dieser Erhebung zu bearbeiten hatten, wurde nicht spezifisch für diese Analyse entwickelt, sondern bildet eine Datengrundlage für eine Vielzahl weiterer Studien, wie im folgenden Abschnitt geklärt wird.

6.2 Analyse der Entstehungssituation

Die Erhebung der vorliegenden Daten wurden mittels eines Online-Fragebogens durchgeführt, der sich stark an den von Abd-El-Khalick (2004) entwickelten VNOS-C Fragebogen orientiert. Der Fragebogen wurde von Studierenden der Universität Wien im Rahmen eines Vertiefungsseminars zur Didaktik der Chemie bereits im Jahre 2010 entwickelt und eingesetzt. Das Ziel dieses Fragebogens war die Erhebung der Vorstellung von

Naturwissenschaftsstudierenden im Bezug auf unterschiedliche Aspekte von *Nature of Science*. Diese Daten wurden im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit ausschließlich auf *Nature of Science* Vorstellungen bezüglich Experimenten ausgewertet.

Insgesamt enthält der verwendete Fragebogen 13 offene Fragen ausgewählter *Nature of Science* Aspekte und wird im Anhang 8 vollständig dargestellt. In diesem Rahmen werden auch die Auffassungen von der Rolle und den Charakteristika von Experimenten erhoben. Zur Auswertung der experimentbezogenen *Nature of Science* Vorstellungen von Studierenden, wurden anfangs alle in dem Fragebogen enthaltenen Fragen betrachtet, um jegliche Aussagen, die zum Fokus Experimente relevant sind, zu berücksichtigen. Nachdem sich die Relevanz bezüglich der Vorstellungen von Experimenten bei ausnahmslos allen Studierenden auf drei Fragen beschränkte, wurde die Analyse auf die folgenden, im Fragebogen enthaltenen Fragen reduziert:

1. *Was ist ein Experiment?*
2. *Sind Experimente notwendig für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens?
Bitte begründe deine Antwort!*
3. *NaturwissenschaftlerInnen versuchen, mit Untersuchungen bzw. Experimenten Antworten auf ihre Fragen zu finden. Denkst du, dass die NaturwissenschaftlerInnen ihre Phantasie und Kreativität benutzen, wenn sie diese Untersuchungen bzw. Experimente durchführen?*
 - *NEIN. Bitte erkläre warum.*
 - *JA. In welchem Teil / welchen Teilen ihrer Untersuchung (Planung, Experimentieren, Beobachten, Datenauswertung, Interpretation der Daten, Bericht der Ergebnisse etc.) denkst du, benutzen sie ihre Phantasie und Kreativität?
Bitte gib Beispiele an, wenn du kannst.*

Zur Studie allgemein ist zu erwähnen, dass die Teilnahme der Naturwissenschaftsstudierenden freiwillig und anonym war und dies auch zu Beginn des Online-Fragebogens geklärt wurde. Darüber hinaus wurde, basierend auf den Überlegungen von Abd-El-Khalick (2004) (siehe Kapitel 5), den Studierenden versichert, dass es sich hierbei nicht um eine Überprüfung ihres Wissens, sondern lediglich um eine Erhebung der individuellen Vorstellungen handelt. Mit der Versicherung für die Teilnehmer und Teilnehmerinnen der fehlenden Existenz von „richtigen“ oder „falschen“ Antworten im Rahmen des Fragebogens, geht jedoch der vermeintliche Widerspruch einher, dass die dargelegten, individuellen

Vorstellungen bezüglich eines *Nature of Science* Konsens kategorisiert und „bewertet“ werden (Abd-El-Khalick, 2004). Zum einen besitzt diese ausdrückliche Explikation einen methodisch-heuristischen Aspekt, da die Probanden und Probandinnen dadurch weniger verleitet werden, externe Informationsquellen oder Experten- und Expertinnenmeinungen zu Rate zu ziehen. Dieser Aspekt ist entscheidend, da die Studie auf die Erhebung der persönlichen Vorstellungen der Studierenden abzielt (Abd-El-Khalick, 2004). Zum anderen besteht ein entscheidender Unterschied zwischen der Charakterisierung der *Nature of Science* Ansichten der Teilnehmer und Teilnehmerinnen bezüglich eines allgemein gültigen Konsens und der Einteilung als „richtig“ oder „falsch“. Die konsensbasierte Charakterisierung impliziert eine Wandelbarkeit, wodurch auch eine gegenwärtige Einschätzung der Informiertheit von Aussagen zu einem zukünftigen Zeitpunkt als obsolet erscheinen mag (Abd-El-Khalick, 2004). Dennoch besitzt die durchgeführte Kategorisierung ihre Wertigkeit, da sich aus der aktuellen Sichtweise, die Aussagen zu Aspekten der Natur der Naturwissenschaften am Grad der Akkuratess und Informiertheit unterscheiden.

6.3 Formale Charakteristika des Materials

Der Fragebogen wurde von den Studierenden am Computer ausgefüllt, womit die gesamten Daten somit als digitale Textdateien vorliegen. Basierend auf der Vorgehensweise von Abd-El-Khalick (2004), waren im Rahmen dieser Diplomarbeit auch weiterführende Interviews mit Studierenden geplant, um in den Fragebögen auftauchende Unklarheiten bereinigen zu können. Die Kontaktaufnahme mit den Studierenden wurde trotz der vorgenommenen Anonymisierung der Fragebögen gewährleistet, da die Probanden und Probandinnen auf freiwilliger Basis eine E-Mail Adresse angeben konnten, falls diese für weiterführende Interviews zu Verfügung stehen würden. Mehrfache Anfragen für weiterführende Interviews mit Studierenden, deren Fragebögen bezüglich der Analyse Unklarheiten aufwiesen, blieben jedoch unbeantwortet. Die erwünschte kommunikative Validierung konnte daher nicht durchgeführt werden, wodurch die Analyse ausschließlich auf den durch den Online-Fragebogen erhaltenen Daten basiert.

Nachdem das Ausgangsmaterial beschrieben wurde, wird nun dem inhaltsanalytischen Ablaufmodell von Mayring (2007) folgend, die Analyse der Fragestellung dargelegt.

6.4 Fragestellung der Analyse

Der Fragebogen versucht die Studierenden anzuregen, sich über diverse Aspekte von *Nature of Science* Gedanken zu machen und diese schriftlich zu formulieren. Es ist dabei von Interesse, welche Vorstellungen die Naturwissenschaftsstudierenden von unterschiedlichen *Nature of Science* Aspekten besitzen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Analyse auf die *Nature of Science* Ansichten der Studenten und Studentinnen bezüglich Experimenten beschränkt. Weiterführend wurde analysiert welche Merkmale für die Unterschiedlichkeit der *Nature of Science* Vorstellungen von Bedeutung sind. Daraus ergeben sich zwei Forschungsfragen, welche die Analyse geleitet haben:

1. Welche *Nature of Science* Ansichten haben die Naturwissenschaftsstudierenden im Bezug auf Experimente?
2. Inwieweit unterscheiden sich diese Ansichten unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren, wie Lehramt versus Fachwissenschaften, Fächerwahl oder Studiendauer?

Nachdem nun die Hauptfragestellungen, die diese Analyse geprägt haben, dargelegt wurden, kann im folgenden Abschnitt die gewählte Analysetechnik, welche die Untersuchung dieser Fragen ermöglichte, beschrieben werden.

6.5 Ablaufmodell der Analyse

Für die Interpretation der vorliegenden Daten und folglich für die Untersuchung der leitenden Forschungsfragen wurde eine skalierende, strukturierte qualitative Inhaltsanalyse gewählt. Diese verleiht einer Analyse von offenen Texten die notwendige Struktur, um sie reproduzierbar auswerten zu können. Diese Technik ermöglicht eine systematische Extraktion von Textbestandteilen bezüglich entsprechender Kategorien, die in einem theoretisch fundierten Kategoriensystem dargelegt werden und die Zuordnung der Textbestandteile zu festgelegten Einschätzungsdimensionen ermöglichen (Mayring, 2007). Aufgrund dieser Vorgehensweise können die Einschätzungen quantifiziert und somit für eine große Stichprobe analysiert werden. Die qualitative Inhaltsanalyse wird mithilfe der QDA-Software (*Qualitative Data Analysis*) MAXQDA computerunterstützt durchgeführt.

Mayring sieht für die qualitative Inhaltsanalyse zunächst vor, drei *Analyseeinheiten* zu definieren, um das Vorgehen zu präzisieren. Diese beinhalten das kleinste erlaubte, auszuwertende Textsegment (*Kodiereinheit*), den größten erlaubten Textbestandteil (*Kontexteinheit*), der codiert werden darf sowie jene Textteile, über welche Aussagen

getroffen werden sollen und in welcher Reihenfolge diese codiert werden (*Auswertungseinheit*). Im speziellen Fall dieser Analyse kann in manchen Fällen bereits ein einzelnes Wort als semantische Minimaleinheit ausreichen, um die Vorstellungen von Studierenden in einer Kategorie evaluieren zu können und wird daher als *Kodiereinheit* festgelegt. Darüber hinaus wird, um einen möglichst umfassenden Gesamteindruck der Probanden und Probandinnen gewährleisten zu können, die *Kontexteinheit* nicht auf die separaten Antworten im Fragebogen limitiert, sondern fragenübergreifend auf die Gesamtaussage der berücksichtigten Fragen der oder des Befragten ausgeweitet. Dabei wurde jeweils die gesamte Antwort eines oder einer Studierenden betrachtet und die Fragebögen der Reihe nach analysiert (*Auswertungseinheit*).

Nach der Festlegung wichtiger Parameter für die qualitative Inhaltsanalyse werden nun die *Einschätzungsdimensionen*, auf denen das entwickelte Kategoriensystem basiert, dargelegt.

6.5.1 Festlegung der Einschätzungsdimensionen

Basierend auf den in der Studie von Abd-El-Khalick (2004) beinhalteten *Nature of Science* Aspekten erscheint bei der Untersuchung von experimentbezogenen *Nature of Science* Vorstellungen die Berücksichtigung von drei Hauptaspekten als bedeutend:

- Vorstellungen der Ziele von Experimenten in der Naturwissenschaft
- Vorstellungen der Charakteristika von naturwissenschaftlichen Experimenten
- Vorstellung der Rolle von Kreativität bei naturwissenschaftlichen Experimenten

Diese drei Faktoren wurden mithilfe der Definition eines naturwissenschaftlichen Experiments von Dewey (2001) (siehe Abschnitt 4.2) und der Auffassungen weiterer *Nature of Science*-Experten und Expertinnen erweitert und geschärft (Carrier, 2001; Lederman et al., 2002; McComas, 1998b).

Die Vorstellungen der Studierenden wurden bezüglich dieser drei Aspekte analysiert und mit dem in Abschnitt 3.2.1 dargestellten Konsens der Experten und Expertinnen verglichen. Gemäß dem Grad der Übereinstimmung der Auffassungen mit adäquaten *Nature of Science* Sichtweisen wurden diese entsprechend dem Kategoriensystem zugeordnet, welches im nächsten Abschnitt verdeutlicht wird.

6.5.2 Bestimmung der Ausprägung

Die Aussagen jedes Probanden und jeder Probandin wurden einer der beiden Codierungsstufen zugeordnet: *informiert* und *naiv*. War eine eindeutig Zuordnung nicht möglich, wurden sie mithilfe einer der beiden weiteren Kategorien (*nicht codierbar* oder *keine Aussage*) codiert. Dieses Codierungsschema basiert stark auf jenem von Abd-El-Khalick (2004) verwendeten. Sowohl die Kategorie „*informiert*“ als auch die Kategorie „*naiv*“ wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit äquivalent zu den in der englischsprachigen Literatur gebräuchlichen Fachbegriffen „*informed*“ und „*naïve*“ verwendet. Besonders bei der Codierung „*naiv*“ sollte darauf hingewiesen werden, dass dadurch keineswegs die im Deutschen existierende negative Konnotation des Begriffes, im Sinne von „beschränkt“ oder „einfältig“ impliziert wird, sondern dieser ausschließlich im neutralen Sinne, ähnlich zu „unbefangen“ oder „unkritisch“ verwendet wird. Vorstellungen, die in einer Kategorie mit „*naiv*“ codiert wurden, entsprechen in diesem Aspekt nicht dem Konsens vieler Experten und Expertinnen. Jene Ansichten, die in einer Kategorie als „*informiert*“ eingestuft wurden, stimmen mit den im Abschnitt 3.2.1 erläuterten und literaturbasierten Standpunkten überein. Dabei ist zu erwähnen, dass bereits ein Aspekt ausreicht, der laut dem entwickelten Kategoriensystem als „*naiv*“ zu codieren wäre, um die gesamte Auswertungseinheit in dieser Kategorie als „*naiv*“ zu codieren. Eine Aussage, die als „*informiert*“ codiert wurde, weist somit aus der Sicht des Autors keine Anzeichen auf, die eine unreflektierte Vorstellung in dieser Kategorien vermuten lassen. Eine zusätzliche Zwischenkategorisierung („*transitional*“), wie sie bei manchen Studien eingeführt wurde, wurde im Rahmen dieser Analyse bewusst vermieden (Khishfe, 2008; Liang et al., 2006). Ein umfassendes *Nature of Science*-Verständnis ist besonders für zukünftige Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftler von großer Bedeutung. Besitzt der/die Studierende nur ein teilweises, adäquates Verständnis eines Aspekts, zeugt dies von keinem umfassenden Verständnis und wurde infolgedessen als „*naiv*“ codiert.

Die Stufe „*keine Aussage*“ wurde bei einer Antwort dann codiert, wenn in der gesamten Auswertungseinheit keine Aussage enthalten ist, die in der betroffenen Kategorie entsprechend codiert werden kann. Dies ist etwa der Fall, wenn ein Proband oder eine Probandin eine der Fragen vollständig ausgelassen hat. Im Gegensatz dazu wird eine Aussage als „*nicht codierbar*“ eingestuft, wenn die gegebenen Antworten zwar Aussagen über die entsprechende Kategorie beinhalten, jedoch so unklar oder widersprüchlich formuliert sind, dass weder eine adäquate Codierung zu „*informiert*“ noch zu „*naiv*“ möglich ist.

Diese Festlegung der Ausprägungen ermöglicht nun die Erstellung eines Kategoriensystems, das im Rahmen der skalierenden Strukturierung ein zentrales Werkzeug darstellt

und die intersubjektivität des Analyseprozesses gewährleisten kann (Mayring, 2007). Mayring (2007) bemerkt jedoch auch, dass die Erstellung eines Kategoriensystems, keinem universalen Schema folgt, welches beliebig eingesetzt oder übertragen werden kann, sondern dabei stets die „Anbindung am konkreten Gegenstand der Analyse“ (Mayring, 2007, S. 44) im Fokus steht. Die bei der Analyse notwendigen Kategorien müssen daher immer anhand des vorliegenden Datenmaterials erarbeitet werden. Der Prozess der Entwicklung des für die Auswertung verwendeten Kategoriensystems, wird im folgenden Abschnitt dargelegt.

6.5.3 Entwicklung des Kategoriensystems

Der erste Prototyp des Kategoriensystems wurde mithilfe eines deduktiven Ansatzes entwickelt. Dieser basiert auf theoretischen Überlegungen, wobei „aus Voruntersuchungen, aus dem bisherigen Forschungsstand, aus neu entwickelten Theorien oder Theoriekonzepten [...] die Kategorien in einem Operationalisierungsprozeß auf das Material hin entwickelt [wurden]“ (Mayring, 2007, S. 74f). Dabei wurde die von Mayring empfohlene Schrittweise für eine strukturierende Inhaltsanalyse befolgt:

- „1. *Definition der Kategorie*: Es wird genau definiert, welche Textbestandteile unter eine Kategorie fallen
2. *Ankerbeispiele*: Es werden konkrete Textstellen angeführt, die unter eine Kategorie fallen und als Beispiele für diese Kategorie gelten sollen.
3. *Codierregeln*: Es werden dort, wo Abgrenzungsprobleme zwischen Kategorien bestehen, Regeln formuliert, um eindeutige Zuordnung zu ermöglichen.“ (Mayring, 2007, S. 83)

Durch die Berücksichtigung jener Eigenschaften, welche aus der Sicht des Autors charakteristisch für naturwissenschaftliche Experimente sind (siehe Abschnitt 4), konnte in Anlehnung an den von Abd-El-Khalick (2004) durchgeführten VNOS-C, eine Rohfassung von Kategorien definiert werden, welche eine qualitative Erhebung von Studierendenvorstellungen von *Nature of Science* Ansichten von Experimenten ermöglicht. Aus den vorliegenden Daten wurden anschließend Ankerbeispiele und Codierregeln erstellt, um die Erstversion des Kategoriensystems zu entwickeln. Zehn Fragebögen wurden aus dem Datensatz zufällig selektiert, wodurch die Eindeutigkeit der Zuordnung sowie die Tauglichkeit des Analyseinstruments überprüft werden sollte. In der Tabelle 6.1 wird die dabei entstandene Version des Kategoriensystems inklusive der Codierungstufen „*naiv*“ und „*informiert*“ dargestellt:

Kategorien	Definition	Codierung	Codierregeln	Ankerbeispiel
K1 – Wofür werden Experimente in den Naturwissenschaften eingesetzt?				
K1.1 – Validieren von Hypothesen durch Experimente	Der/Die Studierende nimmt Bezug auf die Validierung von Hypothesen/Theorien mittels Experimenten	naiv	Erwähnt, dass Experimente als Beweis für Hypothesen notwendig sind. Nimmt Bezug darauf, dass eine Theorie ohne Experimente nichts aussagekräftig ist (Praxis fehlt)	„Es [Ein Experiment] ist ein Versuch etwas zu beweisen.“ C1085
		informiert	Ist sich über den Zweck und die Grenzen (kein Beweis) von Experimenten im Klaren. Validierung von Hypothesen	„Ein Experiment dient dazu, um eine Annahme zu bestätigen oder zu überdenken.“ C1345
K2 – Welche Charakteristika besitzen Experimente in den Naturwissenschaften?				
K2.1 – Was ist ein Experiment?	Der/Die Studierende beschreibt die Charakteristika eines Experiments	naiv	Geht von einer Versuchsanleitung aus. Ist sich nicht klar über Reproduzierbarkeit. Setzt Experiment gleich mit Beobachtung	„Eine Versuchsanordnung, (...)“ C81
		informiert	Erwähnt, dass Experimente kontrolliert durchgeführt werden, mit der Bedingung der Reproduzierbarkeit. Kann zwischen Beobachtung und Experiment unterscheiden	„Ein kontrollierter und kontrollierbarer Nachbau der Natur, der dazu dient, ein Modell zu testen.“ C263
K2.2 – Anfängliche Erwartungen & Manipulation von Experimenten	Der/Die Studierende bezieht sich auf die Rolle anfänglicher Erwartungen von WissenschaftlerInnen im Bezug auf die Gestaltung von Experimenten	naiv	Sieht Ergebnisse von Experimenten als zufällig. Vorausgehende Erwartungen werden als nicht notwendig angesehen. Durchgeführte notwendige Einschränkungen von WissenschaftlerInnen bei Experimenten (Manipulation) ist nicht bewusst	„Wenn man sich Fragen stellt, und diese Versucht zu beantworten indem man einfach etwas ausprobiert. Z.B. schüttet man Flüssigkeiten zusammen und schaut was passiert.“ C557
		informiert	Sowohl Reproduzierbarkeit als auch anfänglicher Erwartungen werden als Notwendigkeit bei Experimenten gesehen. Die Manipulation bei der Durchführung wird erwähnt.	„Man stellt eine Hypothese auf und führt dann entsprechende Experimente (Versuch) durch, die wiederholbar sind (Reproduzierbarkeit).“ C1366
K3 – Rolle der Kreativität bei Experimenten				
K3.1 – ...in der Planung	Der/Die Studierende erklärt die Rolle von Kreativität im Prozess der Planung eines Experiments	naiv	siehe Codierregel informiert	„Neine [sic] denke das [Kreativität] würde ein Experiment ungültig werden lassen. Hier wird absolute Standartisierung [sic] verlangt den [sic] sonst kann man keine Vergleiche ziehen wenn jedes Experiment bissal [bisschen] anderes Kreativ [sic] angehaut [angehaucht] ist.“ C457

Kategorien	Definition	Codierung	Codierregeln	Ankerbeispiel
		informiert	Es besteht Klarheit über die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Planung eines Experiments. Ansonsten Codierung: naiv	„Bei der Überlegung von Hypothesen und bei der Planung des Experiments wird die Phantasie sicher benutzt.“ C550
K3.2 – ... in der Durchführung	Der/Die Studierende erklärt die Rolle von Kreativität im Prozess der Durchführung eines Experiments	naiv	siehe Codierregel informiert	„Beim Durchführen (...) eines Experimentes hat Phantasie nichts zu suchen. Das widerspräche dem Grundsatz, dass das Experiment von jedem anderen Wissenschaftler wiederholt werden kann (mit dem selben Ergebnis!).“ C407
		informiert	Es besteht Klarheit über die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Durchführung eines Experiments. Ansonsten Codierung: naiv	„(...) beim Experimentieren selbst sind Phantasie und Kreativität gefragt.“ C1759
K3.3 – ... in der Auswertung	Der/Die Studierende erklärt die Rolle von Kreativität im Prozess der Auswertung eines Experiments	naiv	siehe Codierregel informiert	„Beim (...) Datenauswerten (...) muss natürlich strengstens darauf geachtet werden, keine Kreativität einfließen zu lassen. Man will ja möglichst objektive Daten.“ C236
		informiert	Es besteht Klarheit über die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Auswertung eines Experiments. Ansonsten Codierung: naiv	„Sicherlich [ist Kreativität] (...) bei der Interpretation der Daten und beim Berichten der Ergebnisse [wichtig].“ C525

Tabelle 6.1: Erstfassung des Kategoriensystems

Nach der Codierung der zehn zufällig ausgewählten Fragebögen wurde das Kategoriensystem überarbeitet, um aufgetretene Schwierigkeiten zu beheben. Dieses vorläufige Kategoriensystem wurde anschließend für die Analyse zusätzlicher Fragebögen angewendet. Durch diesen Arbeitsschritt wurden erneut Schwierigkeiten und Unschärfen bei der Codierung verdeutlicht, welche eine weiterführende Überarbeitung und Präzisierung der einzelnen Kategorien veranlasste. Auch Mayring sieht den Erfolg der Entwicklung eines funktionsfähigen Kategoriensystems „in einem Wechselverhältnis zwischen Theorie und dem konkreten Material“ (Mayring, 2007, S. 53). Darüber hinaus sollte laut Mayring, das erstellte System kein statisches sein, sondern die im Laufe der Analyse auftretenden Unklarheiten in einer ständigen Überarbeitung berücksichtigt und anschließend erneuter Überprüfung unterzogen werden.

Mayring (2007) sieht aufgrund der inhärenten höheren Flexibilität bei der Auswertung der qualitativen Inhaltsanalyse im Vergleich zur quantitativen Vorgehensweise, eine besondere Relevanz in der Evaluierung der Güte der erhaltenen Ergebnisse durch die Kriterien Validität und Reliabilität. Es steht jedoch in der Kritik, ob die der quantitativen Inhaltsanalyse entlehnten Gütekriterien auf die Evaluierung quantitativer Inhaltsanalysen übertragbar sind (Steinke, 2000). Es existieren daher weitere Ansätze, wie etwa jener von Krippendorff (1980), der die inhaltsanalytischen Gütekriterien auf acht erweitert hat.

Eines der Gütekriterien, dessen Bedeutung außer Frage steht, ist jenes der *Reproduzierbarkeit* und ist ein Maß für die Reliabilität der qualitativen Inhaltsanalyse. Sie kann mittels der Interkoderreliabilität evaluiert werden, wobei dasselbe Datenmaterial durch mehrere Inhaltsanalytiker und Inhaltsanalytikerinnen unabhängig voneinander bearbeitet wird und die erhaltenen Ergebnisse gegenübergestellt werden. Bei der Eruierung der Interkoderreliabilität im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden insgesamt vier externe Inhaltsanalytikerinnen mit 20 Fragebögen konfrontiert, welche sie mithilfe des erstellten Kategoriensystems codierten. Die Inhaltsanalytikerinnen waren eine Universitätsprofessorin, eine Post-Doktorandin, eine Dissertantin sowie eine Diplomandin, welche sich bereits alle in der Vergangenheit intensiv mit *Nature of Science* auseinandergesetzt haben und daher mit dieser Thematik sehr vertraut sind. Die dabei erhaltene Reliabilität wurde mithilfe des Kappa-Koeffizienten bestimmt, welche ausführlich von Grouven et al. (2007) beschrieben wird. Allgemein wird dieser mit folgender Formel berechnet:

$$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} ,$$

wobei P_o dem Anteil beobachteter Übereinstimmungen und P_e dem Anteil zufälliger Übereinstimmungen entspricht (Grouven et al., 2007). Daraus folgt, dass der Kappa-Koeffizient stets zwischen 0 und 1 liegt und bei $\kappa = 1$ eine völlige Übereinstimmung zweier Rater oder Raterinnen darstellt sowie $\kappa = 0$ einem rein zufälligen Grad an Übereinstimmung entspricht. Je näher daher κ bei 1 liegt, desto höher ist die Reliabilität und infolgedessen die Güte des verwendeten Kategoriensystems. Um die erhaltenen Ergebnisse interpretieren zu können, werden in Tabelle 6.2 einige Richtwerte angegeben.

Wert von κ	Stärke der Übereinstimmung
$\leq 0,20$	schwach
$0,21 - 0,40$	leicht
$0,41 - 0,60$	mittelmäßig
$0,61 - 0,80$	gut
$0,81 - 1,00$	sehr gut

Tabelle 6.2: Richtwerte zur Interpretation von κ (Altman, 1991; zitiert nach Grouven et al., 2007)

Berechnet man den Kappa-Koeffizienten der vier externen Inhaltsanalytikerinnen im Bezug zur eigenen Codierung, liegt κ zwischen 0,69 und 0,88 und entspricht einem Mittelwert von 0,81 – ein Wert, der durchaus im guten bis sehr guten Bereich der Übereinstimmung liegt. Dennoch sollten vorhandene „Nicht-Reliabilitäten“ (Mayring, 2007, S. 115), deren Existenz bei einem Minimalwert von $\kappa = 0,69$ nicht zu leugnen sind, erkannt, interpretiert und mögliche Ursachen dafür eruiert werden (Mayring, 2007). Im Rahmen der Bestimmung der Interkoderreliabilität wurde offensichtlich, dass die Hauptursache der Unstimmigkeiten in der Codierung der Kategorie 2 „*Welche Charakteristika besitzen Experimente in den Naturwissenschaften?*“ begründet liegen. Es wurde sichtbar, dass die Analytikerinnen besonders in dieser Kategorie mit Schwierigkeiten zu kämpfen hatten, Aussagen der Probanden und Probandinnen einheitlich zu codieren. Diese Tatsache wird insbesondere durch die Betrachtung der Interkoderreliabilität ohne der mit Problemen verknüpften zweiten Kategorie verdeutlicht. Es werden dadurch Werte für κ zwischen 0,91 bis 0,97 mit einem Mittelwert von 0,94 erreicht. Es lassen sich somit die vorhandenen Unstimmigkeiten in der Codierung sehr stark auf eine klare Ursache beschränken. Die zweite Kategorie im erstellten Kategoriensystem wurden daher im Anschluss der Interkoderreliabilitätsbestimmung überarbeitet und ihre Definition präzisiert, um die aufgezeigten Schwierigkeiten zu beheben – eine Vorgehensweise, die auch von Mayring (2007) empfohlen wird.

Durch das ständige Wechselspiel zwischen Codierung, Problemanalyse, Überarbeitung des Kategoriensystems und Rücküberprüfung ihrer Funktionalität sowie die Berücksichtigung der Codierungsschwierigkeiten der externen Inhaltsanalytikerinnen, wurde das Kategoriensystem schrittweise an die Anforderungen der zu analysierenden Daten adaptiert. Im Folgenden werden nun die drei Hauptkategorien des Kategoriensystems ausführlich behandelt und ihr Entwicklungsprozess dargelegt.

K1 – Wofür werden Experimente in der Naturwissenschaft eingesetzt? Die erste zu codierende Kategorie versucht die Vorstellungen der Befragten über die Ziele von Experimenten in den naturwissenschaftlichen Disziplinen zu evaluieren. Sie bezieht sich auf Begründungen, zu welchem Zweck Experimente in der Naturwissenschaften eingesetzt werden. Dabei sollten Experimente in irgendeiner Form als Methode zur Sammlung oder Gewinnung empirischer Daten angesehen werden, wodurch Hypothesen validiert werden können. Werden jedoch Experimente als „ein Versuch einen Vorgang anschaulich (...) darzustellen“ (C116)³ betrachtet, beschreibt dies ein Experiment, wie es häufig im Kontext Schule dargestellt wird, missinterpretiert jedoch dessen Rolle in der naturwissenschaftlichen Forschung. Dabei ist es für eine Codierung zur Kategorie „*informiert*“ vor allem entscheidend, dass nicht nur der Nutzen sondern auch die Grenzen von Experimenten erkannt werden. Dies bedeutet insbesondere, dass Begriffe wie „beweisen“ oder „richtige Theorie“ eine klare Überschätzung des Potentials von Experimenten und den Naturwissenschaften als Gesamtkonstrukt offenbaren und folglich als „naiv“ zu codieren sind. Dies inkludiert auch ein Bewusstsein darüber, dass Experimente zwar eine wichtige, aber keineswegs die einzige Methode darstellen, um neue Erkenntnisse in den Naturwissenschaften zu gewinnen.

Ein Aspekt, der im Laufe des Entwicklungsprozesses des Kategoriensystems ergänzt wurde, ist die „naive“ Vorstellung, dass naturwissenschaftliche Experimente dazu dienen, Modelle zu bestätigen oder zu widerlegen. Dies ist eine klare Fehleinschätzung der Rolle von Modellen und entspricht daher ebenso wenig einer adäquaten Beschreibung der Aufgabe von Experimenten. Wie bereits im Abschnitt 3.2.1 (siehe Seite 26) erwähnt, sind Modelle eine simplifizierte Darstellung der Wirklichkeit, bei welchen die Vernachlässigung bestimmter Aspekte sowie die Inklusion inkorrektur Propositionen in Kauf genommen werden, aber durchaus bewusst sind. Diese Hilfskonstrukte der Naturwissenschaften können somit nicht durch Experimente bestätigt oder widerlegt werden, da diese nicht den Anspruch auf vollständige Konformität mit empirischen Daten erheben.

³Aus Gründen der besseren Zuordnung werden die anonymen Fragebögen oder *Cases*, wie sie in der englischsprachigen Literatur häufig bezeichnet werden, nummeriert und in der Form C# dargestellt.

Ein rein formaler Aspekt, der zu verdeutlichen ist, ist jener, dass die codierte Kategorie „*Ziele von Experimenten in der Wissenschaft*“ als einzige Subkategorie der ersten Kategorie „Wofür werden Experimente in den Naturwissenschaften eingesetzt?“ gehandhabt und infolgedessen als K1.1 bezeichnet wird. Diese Gliederung wird deshalb gewählt, um die codierte Kategorie auf eine strukturelle Ebene mit den Subaspekten der beiden anderen Hauptkategorien zu stellen. Diese Vorgehensweise erleichtert die Auswertung maßgeblich und die Darstellung der vorliegenden Daten mit der verwendeten Analysesoftware MAXQDA.

K2 – Welche Charakteristika besitzen naturwissenschaftliche Experimente?

Die zweite Kategorie bezieht sich auf charakteristische Eigenschaften, welche die naturwissenschaftlichen Experimente entscheidend prägen. Die erste dieser Eigenschaften (K2.1) ist der kontrollierte und manipulative Eingriff durch den Wissenschaftler oder die Wissenschaftlerin bei einem Experiment. Die manipulativen Handlungen implizieren jedoch keine vorgenommenen Verfälschungen am Ergebnis, sondern meinen eine bewusste Kontrolle und Konstanthaltung von Variablen, die die Reproduzierbarkeit des Experiments ermöglichen. Durch dieses Charakteristikum unterscheidet sich ein Experiment explizit von schierer Beobachtung und stellt somit eine bedeutende Methode im Rahmen der naturwissenschaftlichen Forschung dar. Es ist daher unabdingbar, dass bei der Beschreibung eines Experiments, die spezifische Eigenschaft der Kontrolle und Manipulation erwähnt wird, um insbesondere von der empirischen Methode der Beobachtung zu differenzieren. Im Rahmen der Analyse, werden daher nur jene Probanden und Probandinnen als „informiert“ codiert, welche diese Elemente explizit erwähnen. Dieses Auswertungsschema ist analog zu jenem, welches Abd-El-Khalick (2004) in seiner Studie aus vergleichbaren Gründen angewendet hat.

Der zweite wichtige Aspekt (K2.2) ist jener der vorausgehenden Erwartungen, die von den Forschern und Forscherinnen an die möglichen Ergebnisse ihres Experiments gestellt werden. Dabei ist es für eine „informierte“ Codierung entscheidend, dass der Proband oder die Probandin erkennt, dass jedes Experiment für seine Durchführung eine bestimmte Überlegung im Vorfeld erfordert. Experimente sind in keinem Fall ein Zufallsprodukt, sondern bedingen stets eine anfängliche Hypothese, welche gewisse Erwartungen am Ergebnis veranlassen. In diesem Zusammenhang sollte erwähnt sein, dass das Eintreffen des erwarteten Ergebnisses für die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen nicht von Bedeutung ist. Es ist somit durchaus möglich, ein zufälliges Ergebnis im Rahmen eines geplanten Experiments zu erhalten.

Diese Subkategorie erwies sich zu Beginn des Codierungsverfahrens als besonders problematisch, da diese weder von der zweiten Unterkategorie K2.1, noch von der Kategorie K1 klar zu trennen war. Eine maßgebliche Präzisierung der Kategorien war notwendig, um eine deutliche Klarstellung für eine Codierung der Vorstellungen zu erreichen und den oftmals analogen Kategorisierungen entgegenzuwirken. Die beiden Subaspekte der zweiten Kategorie wurden im Laufe der Überarbeitung des Systems mehrfach umformuliert, um die erwünschte Trennschärfe und eine deutlichere Codierbarkeit zu erhalten. Am Ende dieses Prozesses wurde die Eigenschaft der Kontrolle und Manipulation von Experimenten von den anfänglichen Erwartungen der Forscher und Forscherinnen an ein Experiment dezidiert getrennt und von einer Vermischung dieser Charakteristika, wie in der Erstfassung des Kategoriensystems (siehe Tabelle 6.1) Abstand genommen.

Während nun die Kategorie K1 ausschließlich darauf abzielt, die Vorstellungen vom Zweck von Experimenten in den Naturwissenschaften zu evaluieren, beschränkt sich die Kategorie K2.2 auf die Ansichten von anfänglichen Erwartungen bezüglich Experimenten. Somit werden Aussagen wie „Ein Experiment versucht Modelle (...) zu bestätigen“ (C888) zwar in der ersten Kategorie als „naiv“, jedoch in K2.2 als „informiert“ eingestuft. Der Proband oder die Probandin besitzt zwar eine unreflektierte Vorstellung über die Rolle von Modellen und den Zweck von Experimenten, jedoch das Bewusstsein über eine Idee, die im Vorfeld existiert und durch Experimente validiert wird, ist nichtsdestoweniger erkennbar. Diese grundlegenden Präzisierungen der einzelnen Kategorien, haben natürlich auch eine notwendige Änderung der Ankerbeispiele zur Folge, um diese adäquat zu repräsentieren.

K3 – Welche Rolle spielt Kreativität bei naturwissenschaftlichen Experimenten? Die dritte Kategorie innerhalb des Kategoriensystems bezieht sich auf die Rolle der Kreativität in den einzelnen Phasen eines naturwissenschaftlichen Experiments. Wie im Abschnitt 3.2.1 bereits erläutert, besitzt die Kreativität in allen Phasen eines naturwissenschaftlichen Experiments, also in der Planung, der Durchführung und der Datenanalyse eine unabdingbare Relevanz. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Analyseergebnisse, wird diese Kategorie in drei Subkategorien unterteilt, deren Codierung die Ansichten der Studierenden bezüglich der Kreativität in der Planung (K3.1), in der Durchführung (K3.2) und der Auswertung und Interpretation von Daten (K3.3) dokumentiert. Es werden dabei nur explizite Aussagen zu den einzelnen Phasen evaluiert, wie etwa: „Beim (...) Datenauswerten (...) muss natürlich strengstens darauf geachtet werden, keine Kreativität einfließen zu lassen.“ (C236) oder „Bei (...) der Planung des Experiments

wird die Phantasie sicher benutzt.“ (C550). Zusätzlich werden auch pauschale Aussagen, wie dass „in allen bereichen [sic]“(C606) eines Experiments Kreativität benutzt wird, in den drei Subkategorien als „informiert“ codiert. Wird eine der drei Phasen nicht innerhalb der Auswertungseinheit erwähnt, so wird die Antwort in dieser Subkategorie als „keine Aussage“ eingeordnet, da das nicht Erwähnen einer Phase keine Rückschlüsse auf eine naive Vorstellung der Studierenden zulässt.

Durch die Adaption der Erstfassung des Kategoriensystems an auftretende Schwierigkeiten im Laufe des Codierungsprozesses, konnte ein präziseres und eindeutigeres System entwickelt werden. Das dabei entstandene Codierungsschema wird in Tabelle 6.3 dargestellt, in der die im Laufe des Überarbeitungsprozesses vorgenommenen Änderungen im Bezug zur Erstfassung hervorgehoben wurden.

Kategorien	Definition	Codierung	Codierregeln	Ankerbeispiel
K1 – Wofür werden Experimente in den Naturwissenschaften eingesetzt?				
K1.1 – Ziel von Experimenten in der Wissenschaft	Der/Die Studierende begründet zu welchem Zweck Experimente in der Wissenschaft eingesetzt werden.	naiv	Der/Die Studierende ... • bezeichnet Experimente als Beweis für Hypothesen. • nimmt Bezug darauf, dass eine Theorie ohne Experimente nicht aussagekräftig, beziehungsweise zu nüchtern (langweilig) wäre; für bessere(s) Verständnis / Anschaulichkeit (fehlende Praxis) – „Schulexperiment“. • erwähnt, dass Theorien ohne Experimente wertlos sind; bezeichnet Experimente als einzige Möglichkeit um Erkenntnisse zu gewinnen. • erwähnt die Bestätigung / Widerlegung von Modellen (im Gegensatz zum Test von Hypothesen, Theorie)	„Es [Ein Experiment] ist ein Versuch etwas zu beweisen.“ C1085
		informiert	Der/die Studierende ... • erwähnt die Validierung / das Prüfen von Hypothesen bzw. das Ziel der Gewinnung/Sammlung empirischer Daten (Datenerhebung) • vermeidet dabei Begriffe, die das Potential von Experimenten überschätzen, wie „Beweis“ • bezeichnet Experimente nicht als einzige Möglichkeit für die Entwicklung neuer naturwissenschaftlichen Erkenntnisse.	„Ein Experiment dient dazu, um eine Annahme zu bestätigen oder zu überdenken.“ C1345
K2 – Welche Charakteristika besitzen Experimente in den Naturwissenschaften?				
K2.1 – Kontrolle und Manipulation von Experimenten	Der/Die Studierende beschreibt die Charakteristika eines Experiments	naiv	Der/die Studierende ... • erwähnt die Charakteristika Reproduzierbarkeit bzw. Kontrolle von Experimenten nicht explizit. • setzt Experimente gleich mit Beobachtungen.	„Wenn ich Jahre lang beobachte, wie die Sonne aufgeht, kann ich mir an einem weiteren Tag ziemlich sicher sein, dass sie wieder aufgehen wird.“ C437

Kategorien	Definition	Codierung	Codierregeln	Ankerbeispiel
		informiert	Der/die Studierende ... • erwähnt die wichtigen Elemente Reproduzierbarkeit und Kontrolle im Bezug auf Experimente. • unterscheidet bewusst zwischen einer Beobachtung und einem Experiment. • erwähnt die Notwendigkeit der Manipulation bei Experimenten (Welche Parameter werden gemessen, welche nicht, welche variiert?)	„Ein Experiment ist ein Vorgang bei dem unter kontrollierten Bedingungen ein einziger Parameter der für das untersuchte Objekt relevant ist, verändert und auf seine Auswirkung überprüft.“ C1665
K2.2 – Anfängliche Erwartungen bei naturwissenschaftlichen Experimenten	Der/Die Studierende bezieht sich auf die Rolle anfänglicher Erwartungen von WissenschaftlerInnen im Bezug auf die Gestaltung von Experimenten	naiv	Der/die Studierende ... • sieht vorausgehende Erwartungen bei Experimenten als nicht notwendig an. • betrachtet erhaltene Ergebnisse beim Experimentieren als zufällig.	„Wenn man sich Fragen stellt, und diese Versucht zu beantworten indem man einfach etwas ausprobiert. Z.B. schüttet man Flüssigkeiten zusammen und schaut was passiert.“ C557
		informiert	Der/die Studierende ... • sieht anfängliche Erwartungen als Notwendigkeit bei Experimenten. • erkennt, dass <i>jedes</i> Experiment bestimmte Überlegungen im Vorfeld benötigt. In jedem Fall besteht vor dem Experimentieren eine Hypothese/Theorie, die gewisse Erwartungen am Ergebnis veranlassen.	„Ein Experiment ist ein reproduzierbarer Versuch der ein reproduzierbares Ergebnis liefert das benützt wird um eine zuvor postulierte Theorie zu stützen oder zu widerlegen.“ C122

Kategorien	Definition	Codierung	Codierregeln	Ankerbeispiel
K3 – Welche Rolle spielt Kreativität bei naturwissenschaftlichen Experimenten?				
K3.1 – Im Prozess der Planung	Der/Die Studierende erklärt die Rolle von Kreativität im Prozess der Planung eines Experiments	naiv	Der/die Studierende erkennt die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Planung eines Experiments nicht. Kreativität im Prozess der Planung wird als Einschränkung der Objektivität, bzw. als Verfälschung der Ergebnisse betrachtet.	„Neine [sic] denke das [Kreativität] würde ein Experiment ungültig werden lassen. Hier wird absolute Standardisierung [sic] verlangt den sonst kann man keine Vergleiche ziehen wenn jedes Experiment bissal [bisschen] anderes [sic] Kreativ angehaut [angehaucht] ist.“ C457
		informiert	Der/die Studierende erkennt die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Planung eines Experiments.	„Bei der Überlegung von Hypothesen und bei der Planung des Experiments wird die Phantasie sicher benutzt.“ C550
K3.2 – Im Prozess der Durchführung	Der/Die Studierende erklärt die Rolle von Kreativität im Prozess der Durchführung eines Experiments	naiv	Der/die Studierende erkennt die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Durchführung eines Experiments nicht. Kreativität im Prozess der Durchführung wird als Einschränkung der Objektivität, bzw. als Verfälschung der Ergebnisse betrachtet.	„Beim Durchführen (...) eines Experimentes hat Phantasie nichts zu suchen. Das widerspräche dem Grundsatz, dass das Experiment von jedem anderen Wissenschaftler wiederholt werden kann (mit dem selben Ergebnis!).“ C407
		informiert	Der/die Studierende erkennt die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Durchführung eines Experiments.	„(...) beim Experimentieren selbst sind Phantasie und Kreativität gefragt.“ C1759
K3.3 – Im Prozess der Auswertung und Interpretation der Daten	Der/Die Studierende erklärt die Rolle von Kreativität im Prozess der Auswertung eines Experiments	naiv	Der/die Studierende erkennt die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Auswertung/Interpretation eines Experiments nicht. Kreativität im Prozess der Auswertung und Interpretation der Daten wird als Einschränkung der Objektivität, bzw. als Verfälschung der Ergebnisse betrachtet.	„Beim (...) Datenauswerten (...) muss natürlich strengstens darauf geachtet werden, keine Kreativität einfließen zu lassen. Man will ja möglichst objektive Daten.“ C236
		informiert	Der/die Studierende erkennt die Bedeutung von Kreativität im Prozess der Auswertung eines Experiments.	„Sicherlich [ist Kreativität] (...) bei der Interpretation der Daten und beim Berichten der Ergebnisse [sic] [wichtig].“ C525

Tabelle 6.3: Endversion des Kategoriensystems

Bei der Betrachtung der Tabelle 6.3 und der markierten Änderungen kann erkannt werden, dass ein Großteil der Änderungen im Bereich der Codierregeln für die Codierung *naiv* vorgenommen werden mussten. Dies lässt sich dadurch begründen, dass die Codierregeln für eine *informierte* Codierung sehr gut mittels der in Teil I dargelegten theoretischen Grundlagen deduktiv entwickelt werden konnten. Im Gegensatz dazu war es im Laufe der Bearbeitung des Datenmaterials insbesondere notwendig die Codierregeln für eine *naive* Codierung mittels einer induktiven Vorgehensweise zu überarbeiten. Konkrete, im Datenmaterial enthaltene, schwer codierbare Aussagen konnten somit ins Kategoriensystem inkludiert werden und folglich eine bessere intersubjektive Codierbarkeit ermöglichen. Die Ergebnisse, welche durch die Codierung mittels dem überarbeiteten Kategoriensystem (Tabelle 6.3) erhalten wurden, werden im folgenden Kapitel dargestellt und untersucht.

Kapitel 7

Ergebnisdarstellung und Interpretation

Mit dem entwickelten, überprüften und überarbeiteten Kategoriensystem ist es nun möglich, die durch den Online-Fragebogen erhobenen Vorstellungen zu analysieren und interpretieren. Es wird im Rahmen dieser Auswertung versucht, einen Gesamtüberblick der Auffassungen der Probanden und Probandinnen darzustellen. Darüber hinaus werden unterschiedliche Personengruppen gegenübergestellt, um den Einfluss diverser Merkmale, wie Fächerkombination oder Studiendauer zu betrachten. Das Ziel dieser Gegenüberstellung ist das Aufweisen möglicher Zusammenhänge der Merkmale mit den *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden bezüglich Experimenten.

7.1 *Nature of Science* Vorstellungen der Probanden und Probandinnen

Im Diagramm 7.1 werden die Codierungen der Vorstellungen aller Probanden und Probandinnen der unterschiedlichen *Nature of Science* Aspekte zusammengefasst. Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse wird deutlich, dass die Probanden und Probandinnen besonders bezüglich der Aspekte „Ziel von Experimenten“ und „Kontrolle und Manipulation“ ein hohes Maß an naiven Vorstellungen aufweisen. Jedoch auch im Bezug auf die weiteren untersuchten *Nature of Science* Aspekte, besitzen die Studierenden eine Vielzahl naiver Vorstellungen, welche in den folgenden Abschnitten dargelegt werden.

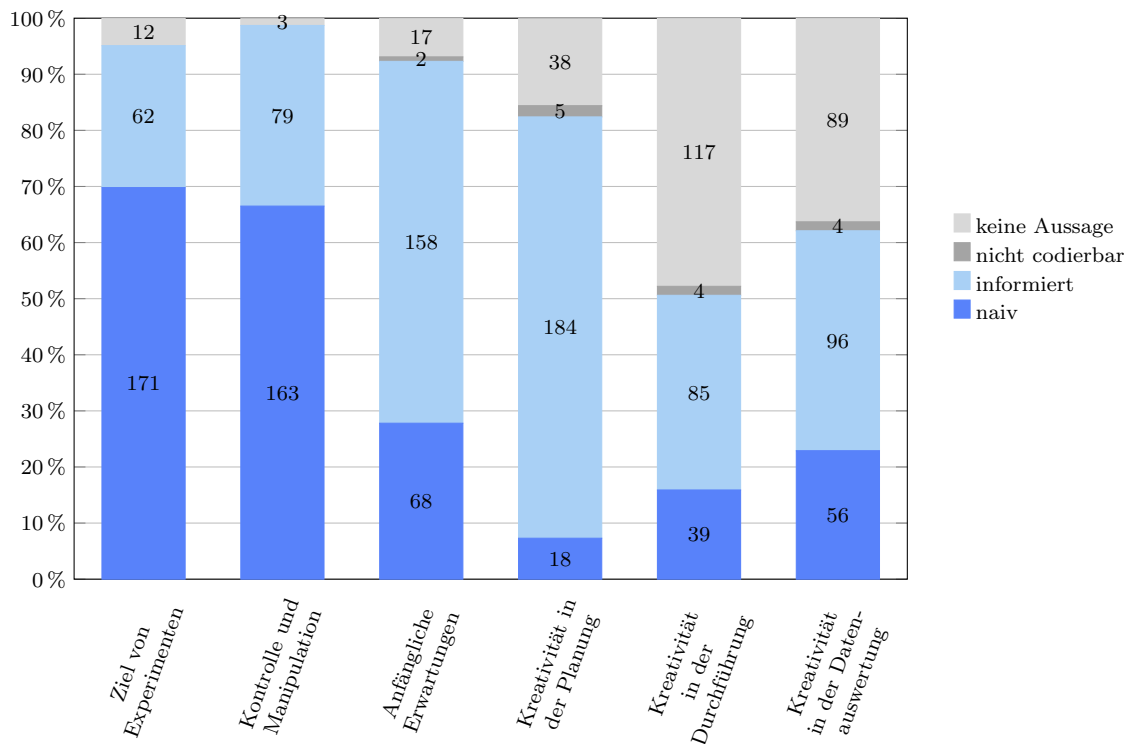


Abbildung 7.1: Codierungen relevanter Aussagen aller an der Studie teilnehmenden Studierenden (N=245)

7.1.1 Vorstellungen der Ziele von Experimenten

Ein Großteil der als naiv codierten Vorstellungen beschreibt das Experiment als „Beweis“ des naturwissenschaftlichen Wissens. Wie jedoch im Abschnitt 4.3 dargelegt, entspricht dies einer Überschätzung des Potentials von Experimenten in den Naturwissenschaften. Darstellungen eines Experiments als ein „Versuch eine Theorie zu beweisen“(C84) oder als ein „Beweis, dass das Wissen richtig ist“(C289), suggerieren ein absolute Sicherheit des naturwissenschaftlichen Wissens, welches diese niemals gewährleisten kann. In dem Zusammenhang der Grenzen von Experimenten, ist eine weitere naive Vorstellung zu erwähnen. Sie bezieht sich auf den Standpunkt, dass Experimente die einzige Möglichkeit für eine Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens darstellen. Es wird die Auffassung vertreten, dass „ohne experimentel [sic] ermittelte Ergebnisse (...) sich keine gültigen Aussagen treffen [lassen]“(C308). Trotz der wichtigen Rolle, die Experimente in den Naturwissenschaften einnehmen, sind sie neben Beobachtungen, Reinterpretation bereits vorhandener Daten oder Gedankenprozessen nur eine der Möglichkeiten für eine naturwissenschaftliche Weiterentwicklung.

Eine weitere naive Vorstellung, die im Rahmen der Untersuchung deutlich wurde, ist jene, dass ein Experiment als ein „versuch [sic] einen vorgang [sic] anschaulich und nachvollziehbar darzustellen“(C116), angesehen wird. Dies zeigt eine klare Missinterpre-

tation des Zwecks von Experimenten in der Wissenschaft und lässt sich auf die häufig kontroverse Darstellung im Unterricht zurückführen. Experimente werden dabei nicht als Möglichkeit der empirischen Erkenntnisgewinnung angesehen, sondern als Methode, die „zum Verständnis notwendig“(C882) ist, da man naturwissenschaftliche Theorien ansonsten „nicht veranschaulichen“(C882) können würde. Sie werden als Unterstützung für das Verständnis angesehen, da man zwar “Theorie[n] (...) aus Büchern herausfischen und lernen [kann,] aber um (...) sich vollständiges Wissen anzueignen muss man auch die Praxis beherrschen..so merkt man sich die Sachen einfacher“(C1100). Diese Vorstellung über den Zweck von Experimenten liegt sehr nahe an der Beschreibung eines „klassischen Schulexperiments“, wie es in Abschnitt 4.1 dargelegt wird, widerspricht jedoch einer adäquaten *Nature of Science* Auffassung der Ziele von wissenschaftlichen Experimenten.

Einige der an der Studie teilnehmenden Studierenden sehen Experimente auch in der Rolle der „Überprüfung eines Modells“(C270). Wie jedoch in Abschnitt 3.2.1 erläutert, stellen Modelle eine Vereinfachung der empirischen Wirklichkeit dar, die durch ihre erwünschte Aspektbezogenheit vorhandene Daten nicht berücksichtigen oder inkorrekte Propositionen inkludieren. Die „bestätigung [sic] oder (...) Widerlegung eines Modells“(C482) durch Experimente ist insofern nur schwer möglich, da auch Modelle, welche den empirischen Daten widersprechen – sei es durch die historische Entwicklung des Wissens oder durch bewusste Vernachlässigung gewisser Daten – eine wichtige Bedeutung in den Naturwissenschaften einnehmen können.

Es ist erstaunlich, dass trotz der naturwissenschaftlichen Vorbildung der Studierenden, nur 62 von 245 (25,3%) ein adäquates Verstehen der Ziele von Experimenten aufweisen. Dieser Anteil der Studenten und Studentinnen erkennt, dass ein Experiment „ein Versuch [ist,] eine Theorie zu bestätigen (wahrscheinlicher zu machen) oder auszuschließen (unwahrscheinlicher zu machen)“(C245). Jene 62 als informiert codierten Erläuterungen lassen nicht nur auf ein adäquates Maß an Verstehen der Ziele von naturwissenschaftlichen Experimenten schließen, sondern auch auf ein Bewusstsein über deren Grenzen. Weiters wird von jenem Viertel der Studierenden erkannt, dass Experimente eine wichtige, aber nicht alleinige Rolle in der Weiterentwicklung naturwissenschaftlichen Wissens spielen. Es ist bewusst, dass man auch „durch beobachtung [sic] von gegebenem [sic] an wissen [sic] kommen“(C849) kann oder „Theorien (...) auch allein durch Berechnungen oder Schlussfolgerungen entstehen“(C98) können.

7.1.2 Vorstellungen der Kontrolle und den anfänglichen Erwartungen von Experimenten

Betrachtet man das Diagramm 7.1 im Bezug auf die Kontrolle und Manipulation von Experimenten, erkennt man, dass auch in diesem Bereich knapp zwei Drittel der Studierenden naive Vorstellungen besitzen. Wissenschaftliche Experimente werden unter anderem als eine „bewusste Beobachtung eines Vorgangs“(C56) gesehen. Diese Vorstellung lässt jedoch keinen Bezug auf die besonderen Charakteristika von Experimenten der Kontrolle und Manipulation erkennen und unterscheidet sich nicht von der empirischen Methode der Beobachtung. Es ist daher unerlässlich, ein Experiment in irgendeiner Form als eine „Untersuchung, die unter kontrollierbaren Bedingungen methodisch abgehalten wird“(C570) darzustellen. 79 von 245 Studierenden (32,2%) weisen in ihren Antworten ein adäquates Verständnis über diese wichtige Eigenschaft der Experimente auf.

Weiters sollte erkannt werden, dass jedes naturwissenschaftliche Experiment stets Überlegungen im Vorfeld erfordert und die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen bestimmte Erwartungen an die möglichen Resultate stellen. Bei 68 der teilnehmenden Studierenden (28,2%) ist dieses Bewusstsein jedoch nicht in den gegebenen Antworten erkennbar. Es werden vielfach Experimente als planloses Probieren aufgefasst, bei dem man „einfach etwas ausprobiert. Z.B. schüttet man Flüssigkeiten zusammen und schaut was passiert“(C557). Es besteht die Vorstellung, dass durch dieses Probieren neue Erkenntnisse gewonnen werden, welche die Grundlagen für Hypothesen darstellen: „Man führt etwas durch, entdeckt etwas Neues (...) und stellt dann eine Hypothese auf“(C959). Experimente stehen aber unweigerlich im Zusammenhang mit einer Hypothese, die im Vorfeld formuliert werden. Ein Experiment ist daher stets darauf angelegt, „eine zuvor postulierte Theorie zu stützen oder zu widerlegen“(C122). Diese vorhergehenden Erwartungen sind in den Antworten von 158 Studierenden (64,5%) deutlich erkennbar.

7.1.3 Vorstellungen der Rolle der Kreativität bei Experimenten

Das Bewusstseins der Studierenden über die Rolle von Kreativität in den einzelnen Phasen des Experimentierens scheint durchaus präsent zu sein. Insbesondere das Verständnis für die Notwendigkeit von Kreativität bei der Planung von Experimenten ist bei den meisten Probanden und Probandinnen erkennbar. 184 Personen (75,1%) erwähnen explizit, dass „bereits die Planung des Experiments (...) einiges an Kreativität [erfordert]“(C1820). In den Phasen der Durchführung und Datenauswertung scheint die Rolle von Kreativität jedoch weitaus weniger selbstverständlich zu sein. Bei der Durchführung sehen nur 85 der Befragten (34,7%) die Kreativität in einer wichtigen Rolle und bei der Datenauswertung

und Interpretation nur 96 (39,2%). Ähnliche Vorstellungen wie: „Kreativität und Flexibilität ist bei jedem Schritt eines Experiments notwendig“(C1604) werden nur von 53 der befragten Studierenden (21,6%) explizit erwähnt.

Von den restlichen Probanden und Probandinnen werden entweder bestimmte Phasen nicht erwähnt oder es wird auf die fehlende Kreativität in unterschiedlichen Phasen ausdrücklich hingewiesen. Dabei wird der Einfluss von Kreativität in den Naturwissenschaften als Mangel an Objektivität aufgefasst, da die Kreativität „ein Experiment ungültig werden lassen [würde]. Hier wird absolute Standardisierung [sic] verlangt den [sic] sonst kann man keine Vergleiche ziehen wenn jedes Experiment bissal [bisschen] anderes [sic] Kreativ [sic] angehaut [angehaucht] ist“(C431). Die Betrachtung des Diagramms 7.1 legt nahe, dass nach den Vorstellungen der teilnehmenden Studierenden insbesondere bei der Durchführung und der Datenanalyse, eine Objektivität ohne Kreativität notwendig ist: „Beim Experimentieren, Datenauswertung, etc. – also dem wissenschaftlichen Teil des ganzen [sic] – muss natürlich strengstens darauf geachtet werden, keine Kreativität einfließen zu lassen. Man will ja möglichst objektive Daten.“(C236)

Darüber hinaus sehen einige Studierende die Kreativität, besonders in der Datenauswertung zwar als präsent, betrachten diese aber als verfälschenden Faktor, welcher „unbewusst leider (...) immer teil [sic] unserer Arbeiten (...) [ist], vor allem [sic] wenn es sich um schwerer zu beurteilende Daten handelt“(C1157). In manchen Fällen wird der Einsatz von Kreativität bei Experimenten sogar als bewusste Verfälschung der Daten angesehen: „Bei der Interpretation der Daten findet leider durchaus auch im schlechten Sinne Phantasie statt, sprich es wird gefälscht.“(C557)

Nach der Betrachtung der Auffassungen der teilnehmenden Studierenden unterschiedlicher experimentbezogener *Nature of Science* Aspekte, wird im folgenden Abschnitt untersucht, ob diverse Merkmale einen Einfluss auf die Vorstellungen der Studierenden haben.

7.2 Gegenüberstellung der Vorstellungen unterschiedlicher Personengruppen

Im Rahmen der Untersuchung werden unterschiedliche Personengruppen separiert betrachtet, um mögliche Unterschiede über die *Nature of Science* Vorstellungen im Fokus

Experimente zu erkennen. Die Personengruppen werden aufgrund verschiedener Merkmale eingeteilt, die von den Fragebogenentwicklern, -entwicklerinnen und dem Autor als sinnvoll erachtet wurden. Diese inkludieren unter anderem eine Unterscheidung der Studierenden in Lehramt oder Fachwissenschaft, Fächerkombinationen oder Studiendauer und Studienerfolg und werden in den folgenden Abschnitten untersucht. In diesem Zusammenhang sollte erwähnt sein, dass eine Gegenüberstellung der Ergebnisse mit Schwierigkeiten verbunden ist, da die zu vergleichenden Gruppengrößen zum Teil sehr unterschiedlich sind. Die prozentualen Angaben in den Diagrammen sind daher mit etwas Vorsicht zu genießen. Dennoch kann ihnen ein gewisses Maß an Aussagekraft zugemessen werden, da sie einen Trend erkennen lassen können.

7.2.1 Vergleich der Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Ausbildungsrichtungen Lehramt und Fachwissenschaft zeigt mögliche Unterschiede der *Nature of Science* Auffassungen. Das Diagramm 7.2 zeigt die Vorstellungen von den Zielen von Experimenten, also jener Aspekt, der im erstellten Kategoriensystem als K1.1 bezeichnet wird (siehe Seite 72), im Unterschied von Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden. Als Vergleichswerte werden in der ersten Säule des Diagramms jene Werte für die Kategorie K1.1 abgebildet, die für die Gesamtheit der Probanden und Probandinnen erhalten wurden.

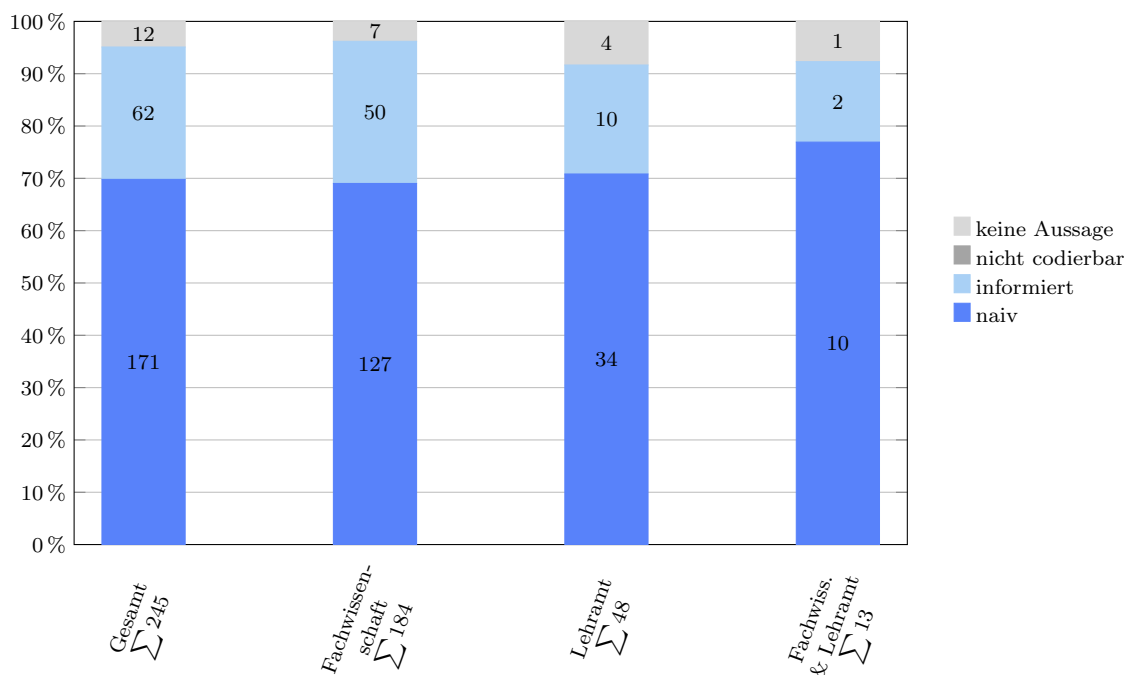


Abbildung 7.2: Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) von Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden

Betrachtet man die Ergebnisse in dieser Kategorie, wird deutlich, dass keine nennenswerten Unterschiede bei den Vorstellungen von Lehramts- beziehungsweise Fachwissenschaftsstudierenden zu erkennen sind. Der Anteil von etwa 70% naiven Vorstellungen bezüglich der Ziele von Experimenten, ist bei allen Personengruppen ähnlich und entspricht auch dem Gesamtergebnis aller Probanden und Probandinnen. Diese Ähnlichkeit der Ergebnisse spiegelt sich jedoch nicht nur in der Kategorie 1.1 wider, sondern ist ebenso in den weiteren Kategorien erkennbar. Auch die Abbildung 7.3, welche die Ergebnisse der Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation (K2.1) von Experimenten zeigen, verdeutlicht diese Annahme.

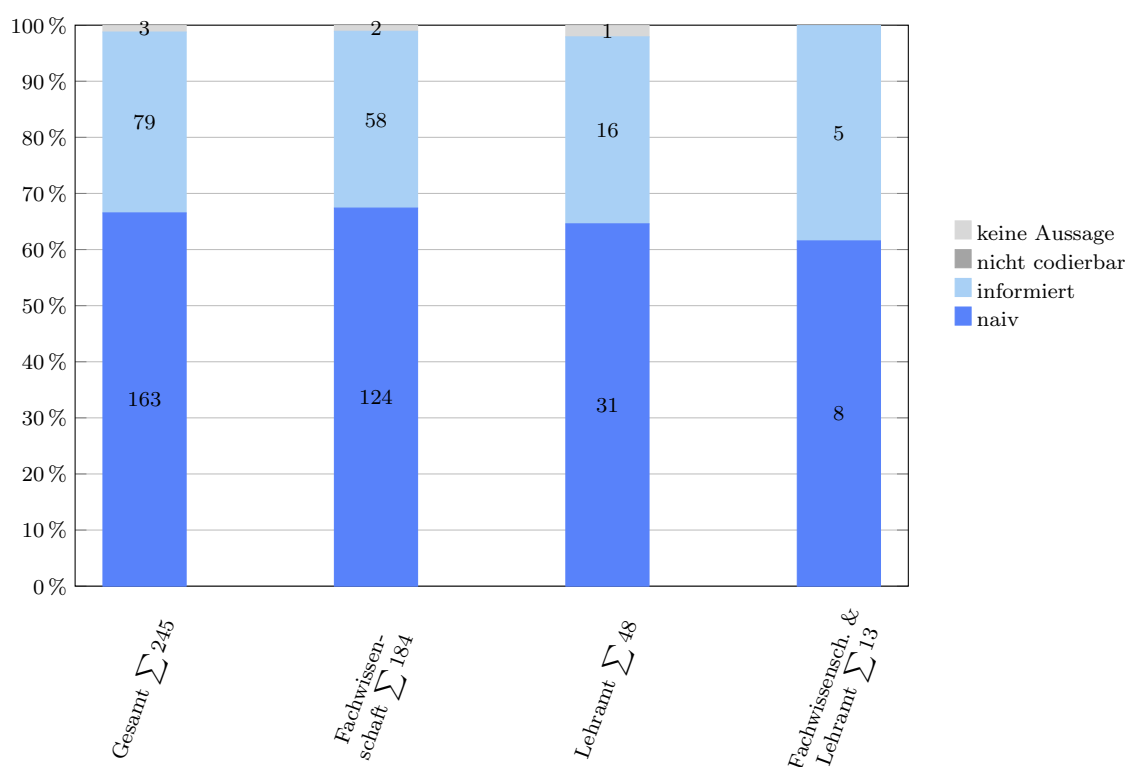


Abbildung 7.3: Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) von Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden

Auch in dieser Kategorie unterscheiden sich die einzelnen Personengruppen nur kaum von einander. Sowohl die Gruppe der Studenten und Studentinnen der Fachwissenschaft, als auch jene des Lehramtsstudiums weisen einen Anteil von etwa zwei Drittel mit naiven Vorstellungen bezüglich der Kontrolle und Manipulation von Experimenten auf. Ebenso zeigen die weiteren Ergebnisse im Bezug auf die Auffassungen der anfänglichen Erwartungen bei Experimenten und der Rolle von Kreativität in den Phasen des Experimentierens, ein ähnliches Bild. Aus den vorliegenden Daten lässt sich infolgedessen kein signifikanter Unterschied der *Nature of Science* Vorstellungen zwischen Lehramts-

und Fachwissenschaftsstudierenden erkennen. In beiden Studienrichtungen zeigen die Probanden und Probandinnen vergleichbare Anteile von naiven sowie informierten Ansichten.

7.2.2 Vergleich der Studierenden der naturwissenschaftlichen Fächer: Biologie, Chemie und Physik

Im folgenden Abschnitt werden die Vorstellungen der Studierenden der naturwissenschaftlichen Studienrichtungen Biologie, Chemie und Physik – sowohl Fachwissenschaft als auch Lehramt – gegenübergestellt. Im Diagramm 7.4 können die Ergebnisse der drei Studienrichtungen abgelesen werden, die in der Kategorie *K2.1 – Kontrolle und Manipulation von Experimenten* erhalten wurden.

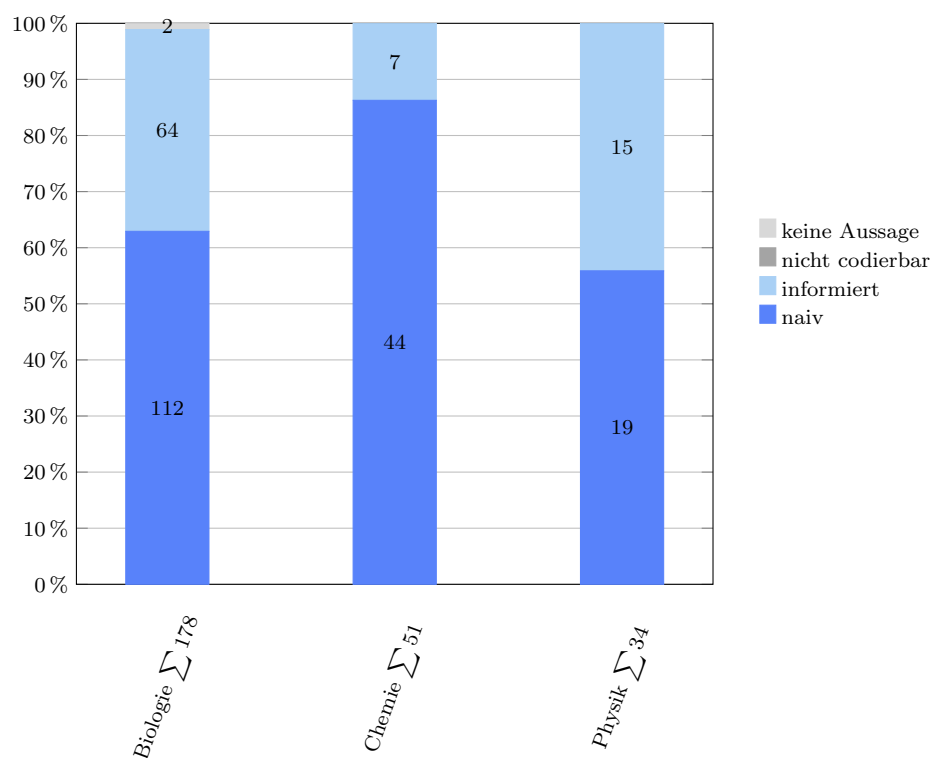


Abbildung 7.4: Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) von Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden

Bei der Betrachtung des Diagramms 7.4 kann man erkennen, dass die Gruppe der Chemie-Studierende einen höheren Anteil an naiven Vorstellungen besitzt als die Gruppe der beiden anderen Studienrichtungen. Es zeigt sich, dass sie im Vergleich zu den Biologie- und Physikstudierenden einen knapp 20% höheren Anteil an naiven Vorstellungen in dieser Kategorie besitzen. Dieser Trend zeigt sich ebenso bei den Kategorien *K1.1 – Ziele von Experimenten* und *K2.2 – Anfängliche Erwartungen bei Experimenten*. Auch

bei diesen Aspekten ist der Anteil der naiven Vorstellungen der Chemie- Studierenden um mindestens 10% höher als in den Fächern Biologie und Physik. Es scheint, als wären sich besonders Studenten und Studentinnen der Fachrichtung Chemie nicht über die Ziele und Charakteristika von wissenschaftlichen Experimenten im Klaren.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt auch die ausschließliche Gegenüberstellung der Lehramtsstudierenden der drei naturwissenschaftlichen Fächer, die in Abbildung 7.5 für die Kategorie K2.1 dargestellt wird.

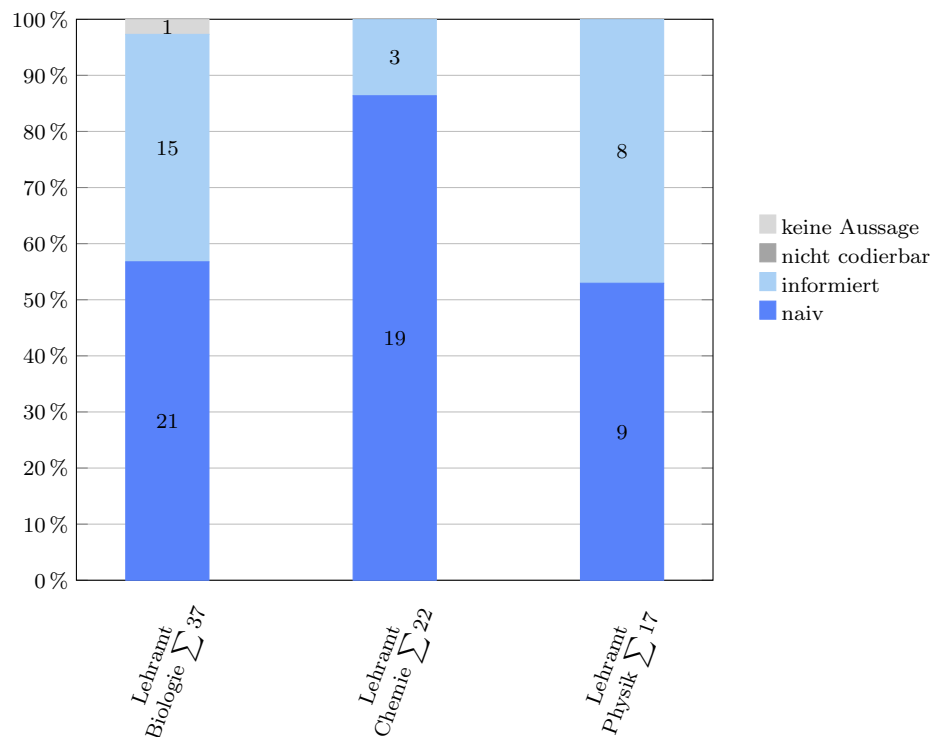


Abbildung 7.5: Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) von Biologie-, Chemie- und Physiklehramtsstudierenden

In diesem Fall ist der Unterschied zwischen Chemiestudierenden und Studierenden der beiden anderen naturwissenschaftlichen Fächer noch eklatanter. Der Anteil an naiven Vorstellungen der Lehramtsstudierenden des Fachs Chemie ist um knapp 30% höher. Auch in diesem Vergleich zeigen die Kategorien *K1.1* und *K2.2* ähnlich deutliche Unterschiede.

Die Ergebnisse für die dritte Kategorie zeigen jedoch ein anderes Bild. Zum einen scheint die Rolle der Kreativität im Prozess der Planung eines Experiments (K3.1) bei dem Großteil der Studierenden aller drei Studienrichtungen deutlich zu sein. Der Anteil der naiv codierten Vorstellungen ist in allen Fällen weit unter 10%. Zum anderen weisen auch die im Diagramm 7.6 dargestellten Ergebnisse der Kategorie *K3.2 – Rolle der Kreativität*

im Prozess der Durchführung auf keinen vergleichbaren Trend wie die ersten beiden Kategorien K1 und K2 hin.

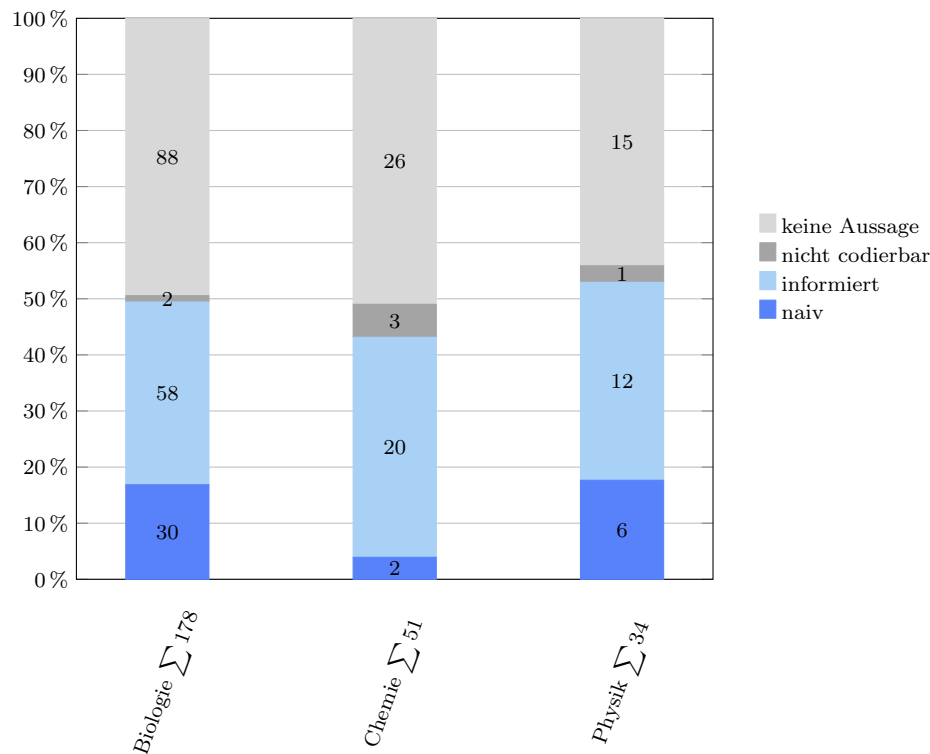


Abbildung 7.6: Vorstellungen der Rolle von Kreativität bei Experimenten im Prozess der Durchführung (K3.2) von Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden

Betrachtet man das Diagramm 7.6, erkennt man, dass der Anteil der Studierenden des Fachs Chemie mit informierten Ansichten über die Rolle von Kreativität beim Experimentieren keineswegs geringer ist als jene der Fächer Biologie und Physik, sondern auf ähnlichem Niveau steht. Auch in der Kategorie 3.3 – *Die Rolle von Kreativität im Prozess der Auswertung und Interpretation von Daten* ist der Anteil informierter Vorstellungen bei Chemie-Studierenden vergleichbar zu jenem der Biologie- und Physik-Studierenden. Auch diese Erkenntnis kann durch die ausschließliche Betrachtung der Lehramtsstudierenden bestätigt werden.

Während die Ergebnisse der drei naturwissenschaftlichen Studienrichtungen den Eindruck erwecken, dass ein Bewusstsein über die Rolle von Kreativität in den unterschiedlichen Phasen eines Experiments ähnlich präsent ist, ist der Anteil der naiven Vorstellungen bei den Studierenden des Fachs Chemie in den Kategorien K1 und K2 weitaus höher. Die Ergebnisse lassen dabei vermuten, dass Chemie-Studierende weniger informierte Ansichten bezüglich der Ziele und der Charakteristika von Experimenten aufweisen,

als jene in den Fächern Biologie und Physik. Eine mögliche Ursache für den erkennbaren Unterschied könnte in den Studienplänen der einzelnen Studienrichtungen liegen. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass diverse Lehrveranstaltungen im Biologie- oder Physik-Studium eine bessere Unterstützung für die Genese adäquater *Nature of Science* Vorstellungen für die Studierenden darstellen als jene im Chemie-Studium. Um diese Hypothese zu prüfen, werden im folgenden Diagramm (7.7) die Entwicklungen der Vorstellungen der Studierenden der drei naturwissenschaftlichen Fächer bezüglich der Ziele von Experimenten (K1.1) gegenübergestellt. Hierzu werden die Studierenden jedes Fachgebiets in Studienanfänger beziehungsweise -anfängerinnen (1.-5.Semester) und Studienfortgeschrittene (>5.Semester) unterteilt.

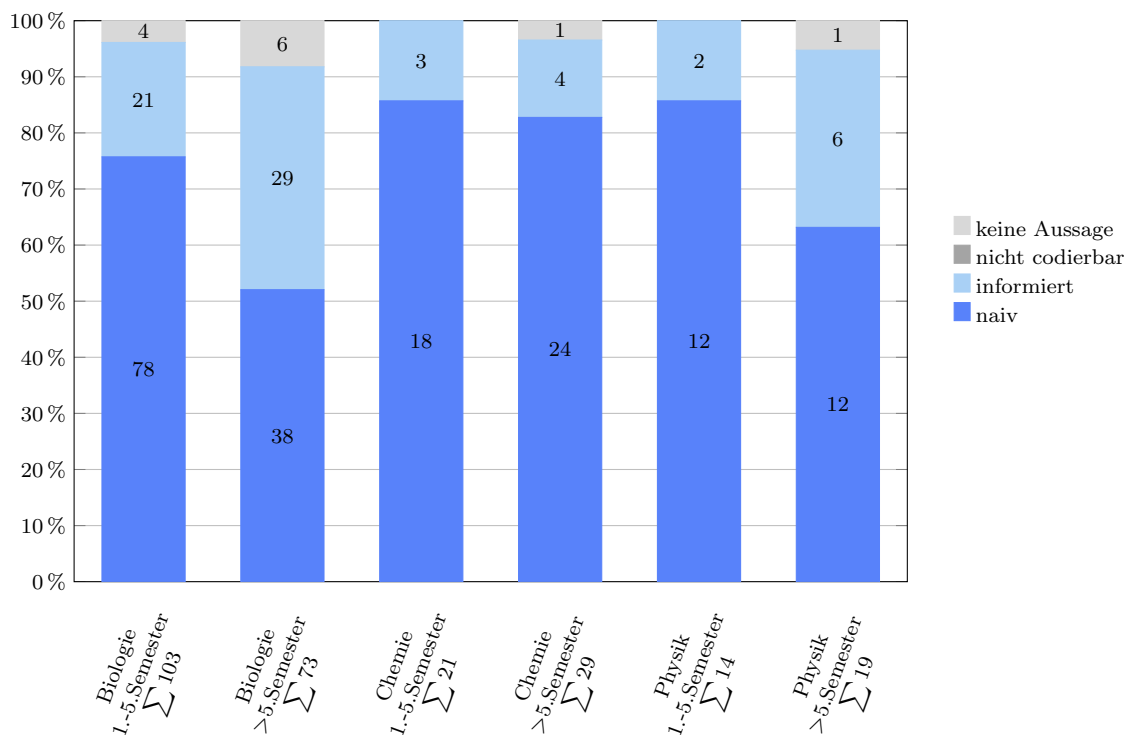


Abbildung 7.7: Entwicklung der Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) bei Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden

Die Betrachtung des Diagramms 7.7 unterstützt die aufgestellte Hypothese deutlich. Während sowohl im Fach Biologie als auch im Fach Physik eine klare Steigerung des Anteils an Studierenden mit informierten Ansichten zu erkennen ist, bleibt dieser unter den Chemiestudierenden beinahe konstant. Diese Beobachtung lässt auf fehlende Lehrveranstaltungen im Chemiestudium schließen, welche die Studierenden unterstützt adäquate Vorstellungen bezüglich der Ziele von Experimenten zu entwickeln. Neben diesem Aspekt kann ein ähnlicher Trend bezüglich der Kategorie *K2.1 – Kontrolle und*

Manipulation von Experimenten erkannt werden, wie im Diagramm 7.8 sichtbar.

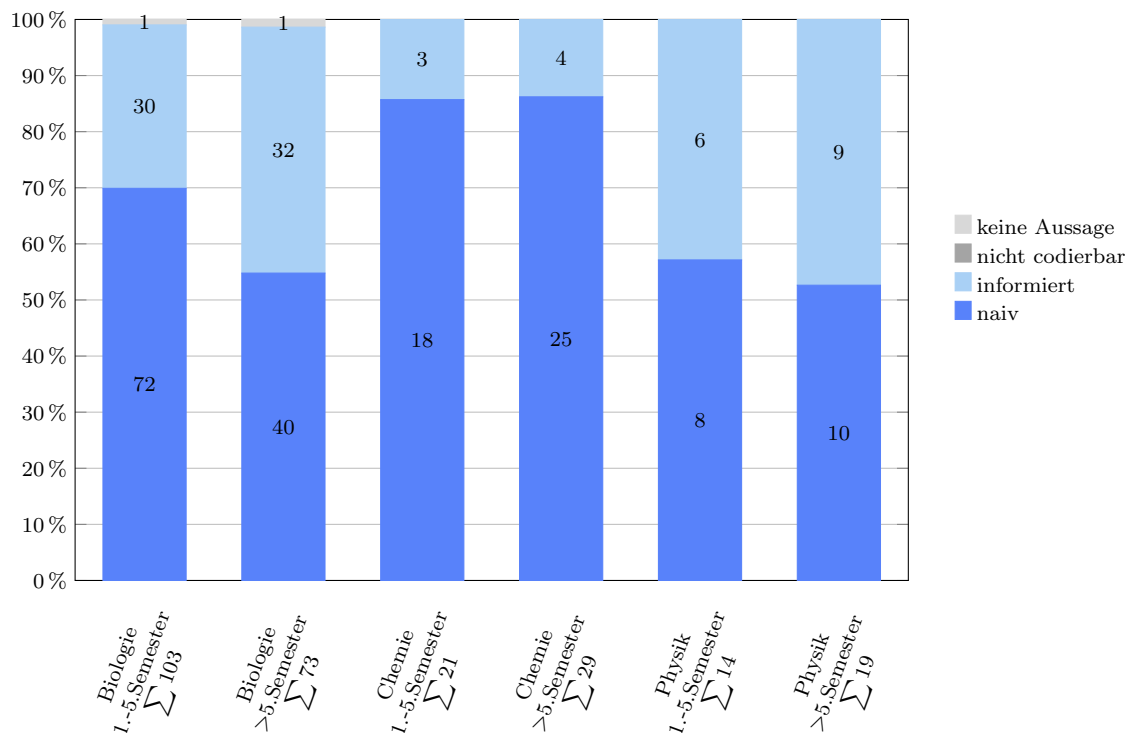


Abbildung 7.8: Entwicklung der Vorstellungen der Kontrolle und Manipulation von Experimenten (K2.1) bei Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden

Während wiederum die Biologiestudierenden eine deutliche Verbesserung bezüglich dieser Kategorie aufweisen, stagniert der Anteil der Chemiestudierenden mit naiven Vorstellungen bezüglich der Kontrolle und Manipulation auf konstant hohem Niveau. Die Studierenden des Fachs Physik weisen in dieser Kategorie einheitlich einen weitaus geringeren Anteil an naiven Vorstellungen auf als jene des Fachs Chemie.

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, sollten die erhalten Ergebnisse mit angemessener Vorsicht betrachtet werden, insbesondere aufgrund der zum Teil stark unterschiedlichen Gruppengrößen. Im Vergleich der Studierenden bezüglich ihrer gewählten naturwissenschaftlichen Fächer ist jedoch ein deutlicher Trend erkennbar, der einen Anlass für weiterführende, detaillierte Analysen in diesem Bereich bietet.

7.2.3 Vergleich der Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Zweitfächern

Bei einer Gegenüberstellung von Studierenden mit unterschiedlichen Fächerkombinationen, erscheint es ebenso sinnvoll, die Ergebnisse von Lehramtsstudierenden aufgrund ihrer gewählten Zweitfächer zu untersuchen. Es stellt sich die Frage, ob Studenten und Studentinnen, die zwei naturwissenschaftliche Fachgebiete inskribiert haben und folglich einer intensiveren Konfrontation mit naturwissenschaftlichen Themengebieten ausgesetzt sind, adäquatere Vorstellungen der *Nature of Science* Aspekte von Experimenten besitzen, als jene Studierenden mit nur einem naturwissenschaftlichen Studienfach. Dazu können die Ergebnisse der Vorstellungen der Ziele von Experimenten betrachtet werden, die im Diagramm 7.9 dargestellt werden.

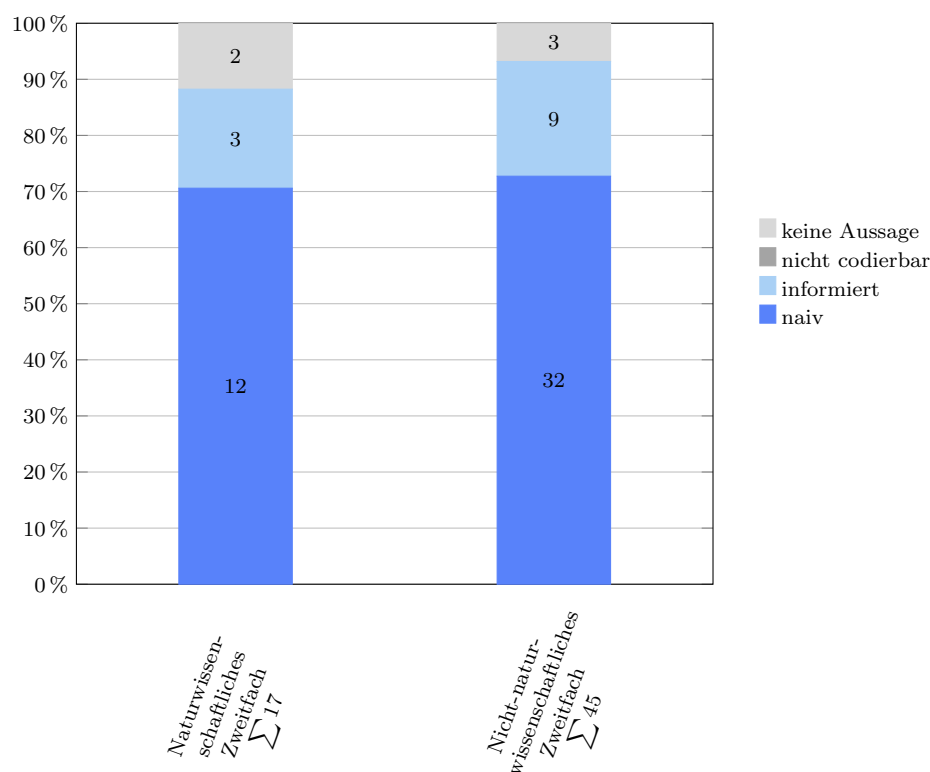


Abbildung 7.9: Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) von Lehramtsstudierenden bezüglich ihrem Zweitfach

Durch die Betrachtung des Diagramms 7.9 erkennt man, dass die Anteile von naiven und informierten Ansichten beider Studierendengruppen keine Unterschiedlichkeiten aufweisen. In beiden Vergleichsgruppen liegt der Anteil der Studierenden mit naive Vorstellung über die Ziele von Experimenten bei über 70%. Sehr ähnliche Ergebnisse

liefern auch die vorliegenden Daten in den Kategorien K2 und K3. Obwohl eine leichte Tendenz eines höheren Anteils informierter Vorstellungen bei den Lehramtsstudierenden mit zwei Naturwissenschaftsfächern zu erkennen sind, sind diese keineswegs eklatant. Insbesondere aufgrund der sehr niedrigen absoluten Zahlen (naturwissenschaftliches Fach: 17, nicht-naturwissenschaftliches Fach: 45), sind Unterschiede im Bereich von 10% kaum als Grundlage für mögliche Trends ausreichend. Es scheint daher, dass die Wahl eines zweiten naturwissenschaftlichen Faches bei Lehramtskandidaten und -kandidatinnen keinen erkennbaren Einfluss auf die *Nature of Science* Vorstellungen von Experimenten hat.

7.2.4 Vergleich der Studierenden aufgrund der unterschiedlichen Studiendauer

In diesem Abschnitt wird untersucht, ob die Studiendauer in den naturwissenschaftlichen Fächern einen Einfluss auf die *Nature of Science* Vorstellungen von Studierenden im Bezug auf Experimente ausübt. Dabei werden die Studierenden bezüglich ihrer Studiendauer in vier Gruppen unterteilt und ihre Ergebnisse in den drei Kategorien K1, K2 und K3 gegenübergestellt. Im Diagramm 7.10 werden die Daten der Kategorie *K1.1 – Ziele von wissenschaftlichen Experimenten* dargestellt.

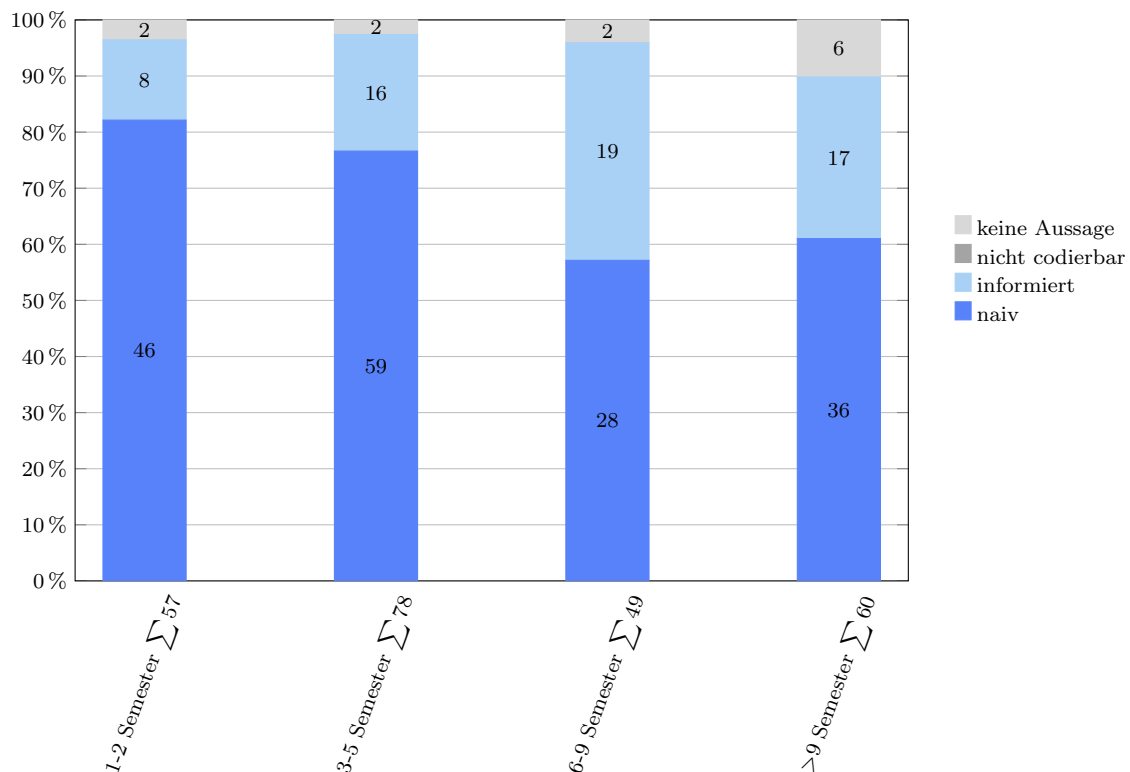


Abbildung 7.10: Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) bezüglich der Studiendauer

Dabei kann erkannt werden, dass sich der Anteil der informierten Vorstellungen von Studierenden bei steigender Studiendauer erhöht. Der Wert der höhersemestrigen Studenten und Studentinnen von knapp 40%, weist einen deutlichen Unterschied zum Anteil der Studienanfänger und -anfängerinnen auf, der bei 14,3% liegt. Dennoch ist ein Anteil von 60% naiver Vorstellungen der Ziele von Experimenten für Studierende, die sich bereits mehrere Semester mit naturwissenschaftlichen Fachrichtungen beschäftigen, ein sehr hoher Wert. Die Tendenz, welche in dem Diagramm 7.10 erkannt werden kann, spiegelt sich auch in den Ergebnissen weiterer Kategorien wider. Gleichermäßen wird in der Kategorie K2 ein deutlicher Rückgang naiver Vorstellungen mit steigender Studiendauer sichtbar.

Auffallend im Diagramm 7.10 ist jedoch, dass der Anteil der informierten Vorstellungen in der Gruppe der Studierenden, die bereits mehr als neun Semester studieren im Vergleich zur Gruppe der Studenten und Studentinnen im sechsten bis neunten Semester geringer ist. Dieses Merkmal ist bei den vorliegenden Daten kein einmalig auftretendes Phänomen, sondern kann ebenso bei den Aspekten *Kontrolle und Manipulation von Experimenten* (K2.1) und *Anfängliche Erwartungen bei Experimenten* (K2.2) beobachtet werden. Eine mögliche Ursache für diesen Effekt ist, dass die Studiendauer kein eindeutiges Indiz für die Intensität des Studierens darstellen kann. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll die Kategorien auch unter dem Aspekt des *Studienerfolgs* zu beleuchten (Diagramm 7.11).

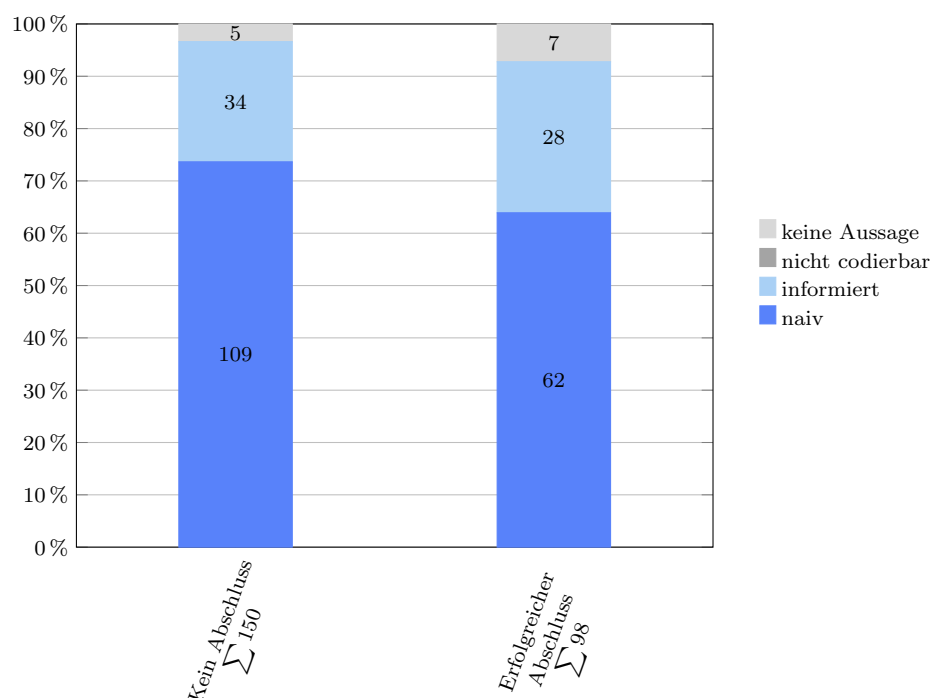


Abbildung 7.11: Vorstellungen der Ziele von Experimenten (K1.1) bezüglich des Studienerfolgs

Hierbei wird jene Gruppe von Studierenden, welche ein Bachelorstudium beziehungsweise den ersten Studienabschnitt abgeschlossen haben, mit jenen Studierenden, die diesen Studienerfolg nicht aufweisen können, verglichen. Im Diagramm 7.11 werden exemplarisch die Daten der Vorstellungen der Ziele von Experimenten in diesem Zusammenhang gegenübergestellt. Das Diagramm zeigt eine deutliche Reduktion des Anteils von Studierenden mit naiven Vorstellungen bei diesem Aspekt. Auch in den Kategorien K2.1 und K2.2 zeigen die Daten einen ähnlichen Rückgang. Es lässt sich daher vermuten, dass besonders der Nachweis eines Studienerfolgs ein Indiz für eine Weiterentwicklung der *Nature of Science* Vorstellungen darstellt.

Bei den Daten der Auffassungen von der Rolle der Kreativität bei Experimenten (K3) ist ein ähnlich positiver Trend im Bezug auf die Studiendauer erkennbar, wenn auch mit einer geringeren Intensität. Das Diagramm 7.12 stellt die Daten für die Kategorie K3.1 – *Die Rolle der Kreativität bei Experimenten im Prozess der Planung* dar.

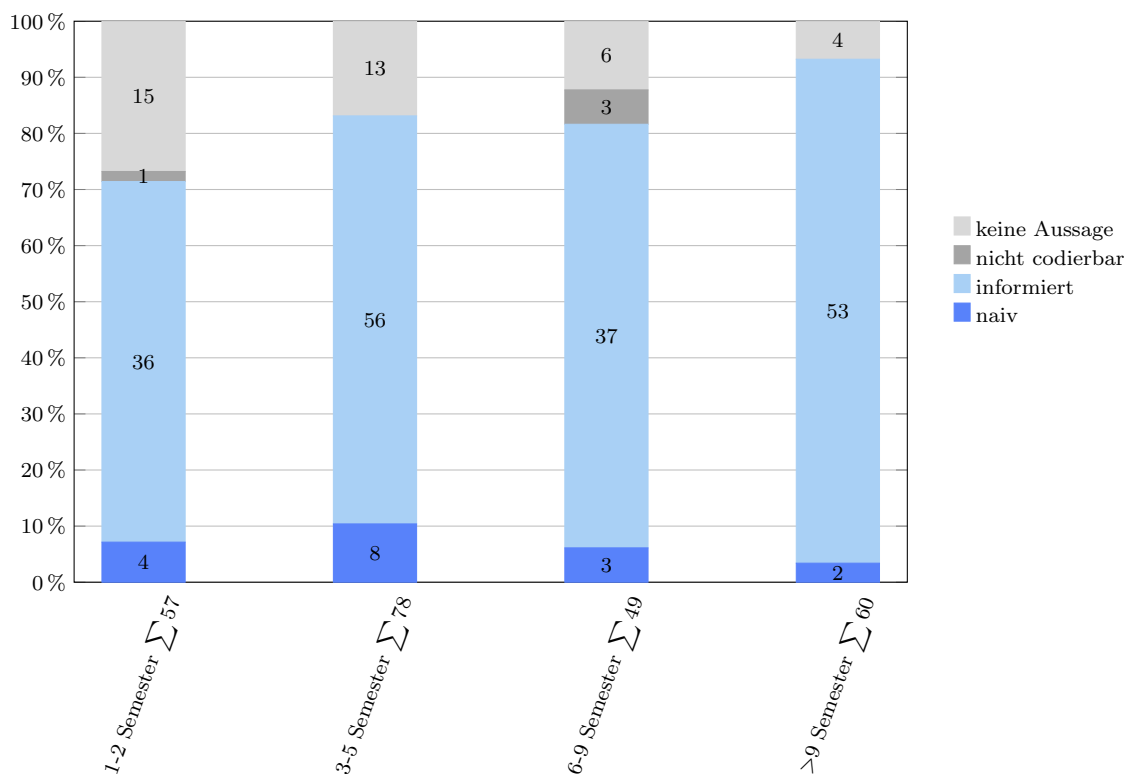


Abbildung 7.12: Vorstellungen der Rolle von Kreativität bei Experimenten im Prozess der Planung (K3.1) im Bezug auf die Studiendauer

Im Diagramm 7.12 wird sichtbar, dass der Anteil der Studierenden mit informierten Ansichten mit steigender Studiendauer konstant zunimmt. Ähnliche Ergebnisunterschiede weisen auch die Vorstellungen von der Rolle der Kreativität im Prozess der Durchführung

(K3.2) und der Auswertung und Interpretation (K3.3) auf. Es kann eine leicht positive Entwicklung erkannt werden, wenn auch weniger eklatant wie in den Kategorien K1 und K2. Auch in diesem Zusammenhang scheint die Untersuchung der Ergebnisse in der Kategorie K3 unter dem Aspekt des Studienerfolgs sinnvoll und werden infolgedessen im Diagramm 7.13 für die Kategorie K3.1 dargestellt.

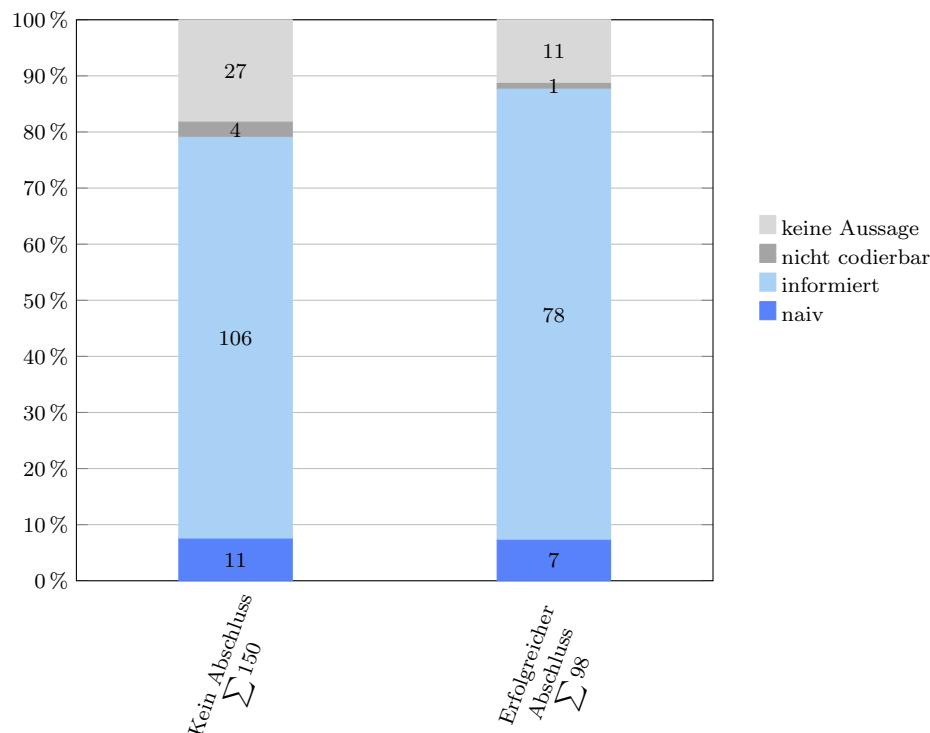


Abbildung 7.13: Vorstellungen der Rolle von Kreativität bei Experimenten im Prozess der Planung (K3.1) bezüglich des Studienerfolgs

Auch in diesem Diagramm (7.13) kann man einen leichten Unterschied zwischen den Studierenden mit dem erfolgreichen Abschluss eines Bachelorstudiums oder der ersten Studienabschnitts und jenen Studierenden ohne einem vergleichbaren Studienerfolg erkennen. Der Anteil der Studierenden mit informierten Vorstellungen ist um etwa 8% höher. Ähnlich geringe Unterschiede im Bezug auf den Anteil der informierten Vorstellungen können auch in den Kategorien K3.2 und K3.3 erkannt werden. Interessant dabei ist jedoch, dass in allen drei Kategorien die Anteile jener Studierenden mit naiven Auffassungen, der beiden gegenübergestellten Probanden- und Probandinnengruppen kaum Unterschiede aufweisen. Dies ist auch im Diagramm 7.13 sichtbar. Im Gegensatz dazu, sinkt der Anteil jener Antworten, die als „keine Aussage“ codiert wurden. Dies zeigt, dass vorwiegend die Studierenden mit einem erfolgreichen Studienabschluss, die Rolle der Kreativität explizit für den Prozess der Planung, der Durchführung sowie

der Datenauswertung und Interpretation erwähnen. Auch diese explizite Erwähnung zeugt von einem erhöhten Bewusstsein der Bedeutung von Kreativität im Rahmen eines Experiments.

Der Vergleich der Daten im Bezug auf die Studiendauer beziehungsweise den Studienerfolg der Probanden und Probandinnen, kann einen Aspekt klar verdeutlichen: Die *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden über Experimente werden im Rahmen der universitären Bildung schrittweise verbessert. Dennoch ist ein Anteil von informierten Vorstellung aller teilnehmenden Naturwissenschaftsstudierenden, der in vielen Kategorien unter 40% liegt, alarmierend. Insbesondere bei den Zielen von wissenschaftlichen Experimenten (K1.1) sowie bei den Charakteristika der Kontrolle und Manipulation (K2.1) zeigen die Ergebnisse einen sehr hohen Anteil naiver Vorstellungen von über 60%. Die Verbesserung der *Nature of Science* Vorstellungen scheint daher kaum durch mögliche universitäre Lehrveranstaltungen bewirkt zu werden, die einen konkreten Fokus auf das Thema *Nature of Science* legen und infolgedessen eine explizite Konfrontation der Studierenden mit dieser Thematik forcieren. Die offengelegten Unterschiede der Vorstellungen zwischen Studienanfänger sowie -anfängerinnen und Fortgeschrittenen sind dafür viel zu gering. Eine weitaus plausiblere Ursache für den Anstieg informierter *Nature of Science* Vorstellungen im Rahmen der universitären Bildung, ist die implizite Auseinandersetzung der Studierenden mit dem Thema. Studenten und Studentinnen erhalten im Laufe ihres Studiums praktische Einblicke in viele naturwissenschaftliche Themengebiete. Dabei wird häufig ein selbständiges Arbeiten von den Lernenden verlangt, um sie für ihr späteres Aufgabenprofil vorzubereiten. Insbesondere in höheren Semestern werden die Studierenden somit an die Arbeitsprozesse der wissenschaftlichen Forschung herangeführt. Durch die eigenen Erfahrungen werden auch Aspekte von *Nature of Science* implizit transportiert. Die Studierenden erfahren über die Ziele und die bewusste Manipulation und Kontrolle von Experimenten, anfänglichen Erwartungen an ein Experiment sowie über die Notwendigkeit von Kreativität bei naturwissenschaftlichen Arbeitsprozessen.

Dieser implizite Lernprozess der Studierenden an der Universität könnte die leichte Verbesserung im Vergleich zu den Vorstellungen von Studienanfängern und -anfängerinnen bewirken. Die dargestellten Ergebnisse zeigen jedoch, dass der Anteil der naiven *Nature of Science* Auffassungen im Bezug auf Experimente, insbesondere in den Kategorien K1 und K2, zu hoch ist, um von einem umfassenden Verständnis der Natur der Naturwissenschaften sprechen zu können. Eine Bildungseinrichtung, die Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen ausbildet, sollte *Nature of Science* Aspekte weitaus effektiver vermitteln, als es die vorliegenden Daten darlegen. Um dieses Ziel zu erreichen genügt

jedoch die implizite Vermittlung von *Nature of Science* Inhalten nicht, sondern es bedarf einer expliziten Konfrontation der Studierenden mit dieser Thematik (Sodian et al., 2006). Erst bewusste Gedankenprozesse über die Veränderlichkeit der Naturwissenschaften, die Bedeutung wichtiger Begriffe wie Theorie, Beweis oder Modell oder die Arbeitsprozesse der Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen, ermöglichen die Konstruktion adäquaterer Vorstellungen von *Nature of Science*.

Abgesehen von den in diesem Kapitel detailliert dargestellten Ergebnisvergleichen, wurden darüber hinaus unterschiedliche Personengruppen unter Berücksichtigung weiterer Merkmale gegenübergestellt. Die Antworten der Studienteilnehmer und -teilnehmerinnen wurden zusätzlich im Bezug auf die Variablen Geschlecht, Alter und anderer Fächerkombinationen untersucht. In keiner dieser Fälle konnten jedoch nennenswerten Unterschiede festgestellt werden und sind infolgedessen in dieser Arbeit nicht im Detail dargestellt. Im Anschluss an die Datenanalyse wird nun im folgenden Abschnitt der gesamte Arbeitsprozess im Rahmen dieser Auswertung reflektiert.

7.3 Methodenreflexion

Die Analyse die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführt wurde, basiert auf den Daten, die durch einen bereits im Jahre 2010 erstellten und durchgeführten Online-Fragebogen erhalten wurden. Der Fragebogen wurde somit nicht spezifisch im Bezug zur Forschungsfrage der Diplomarbeit entwickelt. Vielen Antworten der Studierenden waren infolgedessen nicht relevant für die Auswertung der Daten und wurden daher nicht bei der Codierung berücksichtigt. Ein weiterer Nachteil, der mit der Tatsache der Fragebogenerstellung im Jahre 2010 einher geht, ist, dass sich die Studierenden, die sich im Rahmen der Befragung bereit erklärt hatten, für ein weiterführendes Interview bereit zu stehen, zum Zeitpunkt der Datenauswertung nicht mehr verfügbar waren. Die geplante kommunikative Validierung, wie sie auch etwa von Lederman und O'Malley (1990) oder Abd-El-Khalick (2004) praktiziert wurde, konnte aus diesem Grund leider nicht durchgeführt werden. Darüber hinaus wäre bei der tatsächlichen Durchführung weiterführender Interviews eine weitere Problematik denkbar gewesen. Die *Nature of Science* Ansichten der teilnehmenden Studierenden haben sich mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum zwischen Datenerhebung und Datenauswertung weiterentwickelt und es könnte somit schwierig für die Studierenden sein, sich in damalige Vorstellungen hineinzusetzen und diese weiter auszuführen. Diesen Schwierigkeiten könnte man entgegen wirken, indem man die Datenauswertung zeitnah zur Datenerhebung durchführt. Dies würde sowohl die Kontaktaufnahme mit den Studierenden sowie die Durchführung der kommunikativen

Validierung mittels Interviews erleichtern.

Ein weiterer Aspekt, der im Rahmen der Methodenreflexion erwähnt werden sollte, ist die Auswahl der Stichprobe. Die Teilnahme der Studierenden an dem Online-Fragebogen war freiwillig, wodurch die erhaltene Stichprobe rein zufällig verteilt war. Dadurch wurde eine sehr ungleichmäßige Verteilung bezüglich unterschiedlicher Merkmale erreicht. Die Verteilung von Biologie- (178), Chemie- (51) und Physikstudierenden (34) ist zwar ähnlich zur Verteilung der Studierendenanzahl dieser Naturwissenschaftsfächer an der Universität Wien laut Statistik Austria im Jahr der Durchführung 2010, erschwert jedoch dennoch den Vergleich der einzelnen Studiengruppen. Im Rahmen der Auswertung sollte man sich daher der unterschiedlichen Gruppengrößen bewusst sein. Ein möglicher Ausweg wäre eine bewusste Kontrolle der an der Studie teilnehmenden Studierenden, um eine ausgewogene Stichprobe zu erhalten.

Der verwendete offene Fragebogen und die qualitative Inhaltsanalyse für die Datenauswertung angewendet wurde, ermöglicht eine erhöhte Detailgenauigkeit gegenüber quantitativer Auswertungsmethoden, besitzt jedoch den Nachteil einer verringerten Stichprobenzahl. Es sollte bewusst sein, dass eine Stichprobengröße von 245 Studierenden kein repräsentatives Ergebnis für alle Naturwissenschaftsstudierenden der Universität Wien darstellen kann und keine endgültigen, generalisierenden Schlussfolgerungen auf die *Nature of Science* Vorstellungen im Bezug auf Experimente zulässt. Besonders bei den Fächergruppen der Lehramtsstudierenden (Biologie: 37, Chemie: 22, Physik: 17) erscheinen verallgemeinernde Aussagen schwer möglich. Die erhaltenen Ergebnisse sind jedoch in der Lage, gewisse Tatsachen offen zu legen und diverse Trends erkennen zu lassen, die Grundlagen für weitere, detaillierte Analysen bieten, was im Folgenden dargelegt wird.

Kapitel 8

Resümee

Zusammenfassend kann aus den durch die Studie erhaltenen Daten eine Vielzahl an naiven *Nature of Science* Vorstellungen bezüglich des Aspekts „Experimente“ erkannt werden. Die Studierenden zeigen zum einen inadäquate Auffassungen über die Ziele von naturwissenschaftlichen Experimenten. Sowohl die Betrachtung des Experiments als Mittel für bessere Verständlichkeit und Anschaulichkeit, als auch die Betrachtung als „Beweis“ des naturwissenschaftlichen Wissens widersprechen einer adäquaten *Nature of Science* Sichtweise, wie sie in Abschnitt 3.2.1 dargestellt werden. Zum anderen zeigen die Daten bestehende naive Vorstellungen von den Charakteristika von Experimenten sowie von den anfänglichen Erwartungen an ein Experiment. Dabei werden vielfach Experimente mit Beobachtungen gleichgesetzt und die Eigenschaft der bewussten Kontrolle und Manipulation von Parametern nicht berücksichtigt. Darüber hinaus wird in manchen Fällen die Notwendigkeit einer anfänglichen Hypothese im Rahmen des Experimentierens nicht erkannt und empirische Ergebnisse werden als Zufallsprodukte unstrukturierter, experimenteller Tätigkeiten angesehen. Auch bezüglich der Rolle von Kreativität bei Experimenten weisen die vorliegenden Daten unterschiedliche, naive *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden auf und sehen den Einfluss der Kreativität in den unterschiedlichen Phasen des Experimentierens insbesondere bei der Datenauswertung als irrelevanten oder verfälschenden Faktor an.

Mittels dem erstellten Kategoriensystem nach Mayring (2007) konnten die erhobenen *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden codiert und bezüglich diverser Merkmale gegenübergestellt werden, um mögliche Einflüsse der Variablen evaluieren zu können. Einige dieser Vergleiche wiesen keine nennenswerten Unterschiede auf. Dies betrifft die Vergleiche zwischen Lehramts- und Fachwissenschaftsstudierenden, zwischen Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Zweitfächern sowie die Gegenüberstellung allgemeiner Merkmale, wie Alter oder Geschlecht. Es kann

daher in diesen Fällen die Schlussfolgerung gezogen werden, dass keine Relation zwischen den erwähnten Merkmalen und den *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden im Bezug auf Experimente erkennbar sind.

Sichtbar wurde durch die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführten Studie jedoch, dass Studienanfänger und Studienanfängerinnen mit einer Vielzahl naiver *Nature of Science* Vorstellungen bezüglich Experimenten an die Universitäten kommen. Naive Anteile von bis zu über 80% lassen vermuten, dass die naturwissenschaftliche Bildung an den Schulen den Fokus „Natur der Naturwissenschaften“ außer Acht lässt. Die Konfrontation mit wichtigen *Nature of Science* Aspekten sollten jedoch nicht erst im Rahmen einer naturwissenschaftlichen, universitären Bildung beginnen, sondern in allen Bildungseinrichtungen Einzug finden. Besonders im Kontext Schule, wenn Kinder erstmalig explizit mit den Naturwissenschaften konfrontiert werden, sollten neben den fachwissenschaftlichen Themengebieten, auch wichtige *Nature of Science* Aspekte besprochen werden. Diese frühe Klarstellung wirkt einer Bildung inadäquater *Nature of Science* Vorstellungen entgegen, die ansonsten entweder bestehen bleiben oder im Rahmen der weiteren Bildungslaufbahn erst wieder abgebaut werden müssen. Wie jedoch in Abschnitt 3.4 dargestellt, bedingt diese Forderung ein adäquates Verstehen von *Nature of Science* Aspekten der unterrichtenden Lehrperson selbst. Lehrer und Lehrerinnen sollten daher im Rahmen ihrer Ausbildung mit adäquaten *Nature of Science* Sichtweisen konfrontiert werden und bei der Entwicklung eines angemessenen Bewusstseins unterstützt werden.

Der Vergleich der Naturwissenschaftsstudierenden bezüglich der Studiendauer beziehungsweise des Studienerfolgs (Abschnitt 7.2.4) lässt vermuten, dass diese Merkmale in Verbindung zu ihren *Nature of Science* Vorstellungen stehen. Bei zunehmender Studiendauer steigt auch der Anteil der Studenten und Studentinnen mit informierten *Nature of Science* Auffassungen bezüglich Experimenten. Dies gilt gleichermaßen für die Ziele und Charakteristika von Experimenten wie für die Rolle der Kreativität. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse bezüglich des Studienerfolgs unterstützt diese Beobachtung. Es liegt somit die Vermutung nahe, dass Studierende im Rahmen ihrer universitären Bildung ein zunehmend adäquates Verständnis über *Nature of Science* Aspekte im Bezug auf Experimente gewinnen. Die erhaltenen Daten zeigen jedoch auch, dass trotz des sichtbar positiven Trends, ein alarmierend hoher Anteil von Studierenden aller naturwissenschaftlichen Disziplinen mit naiven *Nature of Science* Vorstellungen bezüglich Experimenten bestehen bleibt. Dieses Phänomen kann insbesondere im Studienfach Chemie beobachtet werden, bei dem der Anteil der Studierenden mit naiven *Nature of Science* Vorstellung auch bei steigender Studiendauer beinahe konstant bleibt.

Die hohen Anteile der Studierenden mit naiven Vorstellungen, auch unter den höhersemestrigen Studenten und Studentinnen lassen vermuten, dass die universitäre Naturwissenschaftsbildung keine effiziente Unterstützung bei der Genese adäquater *Nature of Science* Vorstellungen darstellt. Informierte Auffassungen von der Natur der Naturwissenschaften sind jedoch sowohl für zukünftige Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen, als auch für die Lehramtsstudierenden unerlässlich. Es ist daher von großer Bedeutung, dass im Anschluss an eine naturwissenschaftliche Schulbildung, die die Aspekte der Natur der Naturwissenschaften miteinbeziehen sollte, auch an den Universitäten die Weiterentwicklung der *Nature of Science* Auffassungen der Studierenden gefördert wird. Die Integration von konkreten Lehrveranstaltungen in naturwissenschaftlichen Studienfächern scheint äußerst sinnvoll, um die explizite Konfrontation mit dieser Thematik forcieren und adäquate Vorstellungen ausbauen zu können. Der im Abschnitt 7.2.2 dargelegte Unterschied der *Nature of Science* Auffassungen der Studierenden der einzelnen Naturwissenschaftsfächer, lässt hierbei die Ursache in den unterschiedlichen Studienplänen vermuten und bietet daher in diesem Zusammenhang einen Anlass für weitere Untersuchungen.

Viele Experten und Expertinnen forderten in den vergangenen Jahren die Vermittlung adäquater *Nature of Science* Aspekte als wichtiger Bestandteil der *Scientific Literacy* (Collins et al., 2000; McComas et al., 2002; Osborne et al., 2003). Auch die Universitäten müssen bezüglich dieser Forderung einen wichtigen Beitrag leisten. Die bewusste Einbeziehung von *Nature of Science* Inhalten in naturwissenschaftlichen Studien ist von großer Bedeutung, nicht nur um Forscher und Forscherinnen adäquat auszubilden sondern auch zukünftige Lehrer und Lehrerinnen. Wie bereits im Abschnitt 3.4 erläutert, ist ein umfassendes *Nature of Science* Verständnis der Lehrperson unerlässlich, um dieses an die Schülerinnen und Schüler weitergeben zu können. Die Universitäten stellen daher ein wichtiges Bindeglied im Bildungskreislauf dar. Ein Studienplan, der die Aspekte der Natur der Naturwissenschaften konkret integriert, unterstützt Lehramtsstudierende bei der Genese eigener adäquater *Nature of Science* Auffassungen. Dies unterstützt die zukünftigen Lehrer und Lehrerinnen wiederum bei der Entwicklung der Kompetenz eine Form des Schulunterrichts zu gestalten, welche eine explizite Konfrontation mit *Nature of Science* Aspekten fördert und somit die Bildung einer angemessenen, naturwissenschaftlichen Grundbildung gewährleisten kann – sowohl für zukünftige Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen, als auch für mündige Mitglieder einer von Naturwissenschaften geprägten Gesellschaft.

Literaturverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms. In *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (S. 41–61). Springer.
- Abd-El-Khalick, F. (2004). Over and over and over again: College students' views of nature of science. In *Scientific inquiry and nature of science* (S. 389–425). Springer.
- Abd-El-Khalick, F. & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785–810.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International journal of science education*, 22(7), 665–701.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000b). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 37(10), 1057–1095.
- Akerson, V. L. & Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 377–394.
- Altman, D. G. (1991). *Practical statistics for medical research*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press.
- Bailer-Jones, D. M. (2000a). Modelling extended extragalactic radio sources. *Studies In History and Philosophy of Science Part B: Studies In History and Philosophy of Modern Physics*, 31(1), 49–74.
- Bailer-Jones, D. M. (2000b). Naturwissenschaftliche Modelle: Von Epistemologie zu Ontologie. *Argument und Analyse: Ausgewählte Sektionsvorträge des*, 4, 1–11.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616.
- Bruns, J. (2009). *Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden: Chancen und Grenzen eines kombinierten*

- theoretisch-expliziten und praktisch-reflektierten Ansatzes*. Berlin: Logos Verlag.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Carey, S. & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational psychologist*, 28(3), 235–251.
- Carrier, R. (2001). *Test your scientific literacy!* (URL: http://www.infidels.org/library/modern/richard_carrier/SciLit.html. 09.04.2013)
- Cartwright, N. (1999). *The dappled world: A study of the boundaries of science*. Cambridge University Press.
- Clough, M. P. (1995). Longitudinal understanding of the nature of science as facilitated by an introductory high school biology course. In *Proceedings of the third international history, philosophy, and science teaching conference* (S. 212–221).
- Collins, H., French, S., Millar, R., Osborne, J., Vinen, W. F. & Wright, P. (2000). Forum: Beyond 2000. *Studies in Science Education*, 35(1), 167–173.
- Cooley, W. W. & Klopfer, L. E. (1961). Test on understanding science. *Princeton, NJ: Educational Testing Service*.
- Crumb, G. H. (1965). Understanding of science in high school physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(3), 246–250.
- Deutsches PISA-Konsortium. (2001). Pisa 2000. *Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen, 29.
- Dewey, J. (2001). *Die Suche nach Gewissheit: eine Untersuchung des Verhältnisses von Erkenntnis und Handeln*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. ERIC.
- Duden. (2007). *Duden - das große Fremdwörterbuch - Herkunft und Bedeutung der Fremdwörter, neu nach der verbindlichen Rechtschreibregelung* (4. aktualisierte Aufl.). Mannheim: Dudenverlag.
- Duhem, P. (1954). *The aim and structure of physical theory*. Princeton: Princeton University Press.
- Einstein, A. & Infeld, L. (1971). *The evolution of physics*. CUP Archive.
- Etkina, E., Warren, A. & Gentile, M. (2006). The role of models in physics instruction. *The physics teacher*, 44, 34.
- Europäische Kommission. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. Luxemburg: Amt für Amtliche Veröff. der Europ. Gemeinschaften. Zugriff auf http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_de.pdf

- Fensham, P. J. (2002). Time to change drivers for scientific literacy. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 2(1), 9–24.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 41–52.
- Giere, R. N. (1999). Using models to represent reality. In *Model-based reasoning in scientific discovery* (S. 41–57). Springer.
- Gillies, D. (1998). *Philosophy of science in the twentieth century: four central themes*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Verlag Leske+ Budrich.
- Grouven, U., Bender, R., Ziegler, A. & Lange, S. (2007). Der Kappa-Koeffizient. *Dtsch Med Wochenschr*, 132(1), 65–68.
- Guerra-Ramos, M. T., Ryder, J. & Leach, J. (2010). Ideas about the nature of science in pedagogically relevant contexts: Insights from a situated perspective of primary teachers' knowledge. *Science Education*, 94(2), 282–307.
- Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P. & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about creativity in science education. *Creative Education*, 3(5), 603–611.
- Hanuscin, D. L., Lee, M. H. & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145–167.
- Harré, R. (2002). *Great scientific experiments: Twenty experiments that changed our view of the world*. Ontario: Courier Dover Publications.
- Hesse, M. B. (1966). *Models and analogies in science* (Bd. 7). University of Notre Dame Press Notre Dame.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational Psychology Review*, 13(4), 353–383.
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of educational research*, 67(1), 88–140.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7(1), 7–23.
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften-eine explorative Studie. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(6), 01–14.
- Jonen, A. (2008). Anspruchsvolles Lernen durch Auseinandersetzung mit natur-

- wissenschaftlichen Themen im Sachunterricht. *Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule*, 1, 121.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470–496.
- Kimball, M. E. (1967). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 5(2), 110–120.
- King, P. & Kitchener, K. (1994). Developing reflective judgment: understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults. *The Jossey-Bas higher and adult education series*.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75–86.
- Kleinman, G. S. (1965). Teachers' questions and student understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(4), 307–317.
- Klopfer, L. E. & Cooley, W. W. (1963). *The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists: A report of the hosc instruction project*. Journal of research in science teaching.
- Knefelkamp, L. (1999). Introduction. *Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: A Scheme*, xi–xxxviii.
- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik-und Physikunterricht. *Dritte Internationale Mathematik-und Naturwissenschaftsstudie-Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Kapitel VI in*, 2, 229–269.
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage Publications (Beverly Hills).
- Kuhn, T. S. (1988). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching*, 29(4), 331–359.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916–929.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497–521.

- Lederman, N. G. & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225–239.
- Lembens, A. & Rehm, M. (2010). Chemie und Demokratielernen – zwei unvereinbare Welten. *Politisches Lernen. Der Beitrag der Unterrichtsfächer zur politischen Bildung*, 281–302.
- Lembens, A., Weiglhofer, H. & Stadler, H. (2013). *PISA 2006 Naturwissenschaft: Das Konzept aus fachdidaktischer Sicht*. (URL: <https://www.bifie.at/buch/815/3/> 2. 02.09.2013)
- Leuchter, M., Saalbach, H. & Hardy, I. (2011). Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses von Kindern in der Schuleingangsstufe. *Entwicklung und Lernen junger Kinder*, 37.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M. & Ebenezer, J. (2006). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): revision and further validation of an assessment instrument. In *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*. San Francisco, CA.
- Mayring, P. (2007). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (Bd. 9). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- McComas, W. F. (1996). Ten myths of science: Reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10–16.
- McComas, W. F. (1998a). *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (1. Aufl.). Springer.
- McComas, W. F. (1998b). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. *Education*, 53, 70.
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (2002). *The role and character of the nature of science in science education*. Springer.
- McMullin, E. (1976). The fertility of theory and the unit for appraisal in science. In *Essays in memory of imre lakatos* (S. 395–432). Springer.
- Mead, M. & Metraux, R. (1957). Image of the scientist among high-school students. *Science*.
- Möller, K. (2008). Fordern und fördern in der Grundschule–Wie sollte naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet werden? *Individuelle Förderung: Begabungen entfalten – Persönlichkeit entwickeln: Fachbezogene Förder- und Förderkonzepte*, 2, 106.
- Moore, W. S. (1989). The learning environment preferences: Exploring the construct validity of an objective measure of the Perry scheme of intellectual development. *Journal of College Student Development*, 30(6), 504–14.
- Moore, W. S. (2001). Understanding learning in a postmodern world: Reconsidering

- the Perry scheme of intellectual and ethical development. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. (S. 17–36). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Morgan, M. S. & Morrison, M. (1999). *Models as mediators: Perspectives on natural and social science* (Bd. 52). Cambridge University Press.
- National Science Board. (2012). Science and engineering indicators 2012. Arlington VA: National Science Foundation.
- Newton, I. (1872). *Mathematische Principien der Naturlehre*. R. Oppenheim.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What „ideas-about-science“ should be taught in school science? a delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692–720.
- Osborne, J., Ratcliffe, M., Collins, S., Millar, R. & Duschl, R. (2001). What should we teach about science: A delphi study. *Evidence-based Practice in Science Education (EPSE) Report*.
- Pearson, K. (1937). *The grammar of science*. London: Dutton.
- Popper, K. R. (1960). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12(1), 159–175.
- Rosenblueth, A. & Wiener, N. (1945). The role of models in science. *Philosophy of science*, 316–321.
- Rubba, P. A. & Andersen, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449–458.
- Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systemic model and coordinated research approach. *Educational Psychologist*, 39(1), 19–29.
- Schwartz, R. S. & Lederman, N. G. (2002). „It’s the nature of the beast“: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in science teaching*, 39(3), 205–236.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education*, 88(4), 610–645.
- Sodian, B., Jonen, A., Thoermer, C. & Kircher, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen Implementierung wissenschaftstheoretischen. *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule: Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*, 147.
- Songer, N. B. & Linn, M. C. (1991). How do students’ views of science influence knowledge

- integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761–784.
- Stark, R. (2003). Conceptual change: kognitiv oder situiert? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(2), 133–144.
- Statistik Austria. (2013). *Klassenschülerzahlen im Schuljahr 2011/12 nach detaillierten Ausbildungsarten*. (URL: http://www.statistik.at/web_de/static/klassenschuelerzahlen_im_schuljahr_201112_nach_detaillierten_ausbildungsar_020959.pdf. 09.09.2013)
- Steinke, I. (2000). Gütekriterien qualitativer Forschung. *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*, 5, 319–331.
- Suárez, M. (1999). Theories, models, and representations. In *Model-based reasoning in scientific discovery* (S. 75–83). Springer.
- Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10(1), 71–87.
- Wan, Z., Wong, S. & Zhan, Y. (2013). Teaching nature of science to preservice science teachers: A phenomenographic study of chinese teacher educators' conceptions. *Science & Education*, 1-27.
- Wilson, L. L. (1954). A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, 38(2), 159–164.
- Woolman, M. (2000). *Ways of knowing: An introduction to theory of knowledge (for use with international baccalaureate)*. Victoria: IBID Press.
- Yager, R. E. (1966). Teacher effects upon the outcomes of science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 4(4), 236–242.

Anhang

Vollständiger Fragebogen

Erhebungsbogen zu deinen Vorstellungen über ausgewählte Aspekte der „Natur der Naturwissenschaften“

In diesem Fragebogen geht es darum zu erfahren, welches Bild Studierende eine naturwissenschaftlichen Fachrichtung von Wissenschaft und Forschung haben.

Deine Mitwirkung an dieser Befragung ist freiwillig. Wenn du nicht an dieser Befragung teilnehmen möchtest, wirst du in keiner Weise benachteiligt. Die Befragung ist **anonym**.

Der Fragebogen besteht aus 13 offenen Fragen, die durch kurze Texte zu beantworten sind (der Rest ist Statistik). Du benötigst etwa eine halbe Stunde, um alle Fragen ausführlich zu beantworten. Bitte nimm dir diese Zeit!

1. Da wir gerne später ein paar vertiefende Interviews mit einzelnen TeilnehmerInnen führen möchten, bitten wir euch, einen Code nach folgenden Regeln zu erstellen und in dem dafür vorgesehenen Feld einzutragen. Somit ist eine Anfrage per Mail möglich, die Anonymität bleibt dabei trotzdem gewahrt:

- 3. Buchstabe des eigenen Vornamens
- 1. Buchstabe des Vornamens der Mutter
- 3. Buchstabe des Vornamens der Mutter
- Tag deiner Geburt (1-31)

2. Zu Beginn beschreibe bitte knapp deine Vorerfahrungen mit dem Thema „Natur der Naturwissenschaft“.

(Besuchte Seminare auch in anderen Fächern, in denen du bereits Vorerfahrungen mit dem Thema gewonnen hast oder Literatur, die du hierzu gelesen hast. Solltest du noch nichts darüber wissen, ist das völlig ok.)

Hier geht es richtig los:

Bitte beantworte jede der folgenden Fragen in Form geschlossener Texte (keine Stichworte).

Einige Fragen bestehen aus mehreren Teilen. Bitte achte darauf, dass du zu jedem Teil eine Antwort schreibst.

Dieser Fragebogen ist kein Test und wird nicht bewertet. Bei den folgenden Fragen gibt es keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten. Es interessieren uns nur deine Vorstellung zu den folgenden Fragen.

3. Was ist für dich Naturwissenschaft?

4. Was unterscheidet für dich Naturwissenschaft (oder eine naturwissenschaftliche Disziplin wie Biologie, Chemie, Physik etc.) von anderen Fächern/Disziplinen?

5. NaturwissenschaftlerInnen erzeugen naturwissenschaftliches Wissen. Denkst du, dass sich dieses Wissen in der Zukunft verändern kann? Erkläre bitte deine Antwort und gib ein Beispiel an.

6. Dinosaurier

a) Woher wissen NaturwissenschaftlerInnen, dass es die Dinosaurier tatsächlich gab?

- b) Wie sicher sind sich NaturwissenschaftlerInnen darüber, wie die Dinosaurier aussahen?
 - c) Die NaturwissenschaftlerInnen sind sich darüber einig, dass die Dinosaurier vor etwa 65 Millionen Jahren ausstarben. Sie sind sich aber nicht darüber einig, was die Ursache dafür war.
Was denkst du, warum die Wissenschaftlerinnen sich nicht einig sind, obwohl sie doch alle dieselben Informationen haben?
7. In Lehrbüchern findet man oft Abbildungen, die Atome zeigen. Dargestellt wird ein zentraler Kern aus Protonen und Neutronen, der von Elektronen umgeben ist.
- a) Was denkst du: Sind sich die Wissenschaftlerinnen über den Aufbau von Atomen sicher? Begründe bitte deine Entscheidung!
 - b) Auf welche Beweise stützen sich die Wissenschaftlerinnen dabei?
8. Was ist ein naturwissenschaftliches Modell?
9. Wofür dienen naturwissenschaftliche Modelle?
10. Was ist ein Experiment?
11. Sind Experimente notwendig für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens? Bitte begründe deine Antwort!

... nur noch vier Hauptfragen ...

12. NaturwissenschaftlerInnen versuchen, mit Untersuchungen bzw. Experimenten Antworten auf ihre Fragen zu finden. Denkst du, dass die NaturwissenschaftlerInnen ihre Phantasie und Kreativität benutzen, wenn sie diese Untersuchungen bzw. Experimente durchführen?

☐ **NEIN**

Bitte erkläre warum.

☐ **JA**

In welchem Teil / welchen Teilen ihrer Untersuchung (Planung, Experimentieren, Beobachten, Datenauswertung, Interpretation der Daten, Bericht der Ergebnisse etc.) denkst du, benutzen sie ihre Phantasie und Kreativität? Bitte gib Beispiele an, wenn du kannst.

13. Gibt es einen Unterschied zwischen einer naturwissenschaftlichen Theorie und einem naturwissenschaftlichen Gesetz?

Illustriere bitte deine Antwort mit einem Beispiel.

14. Ändert sich eine naturwissenschaftliche Theorie (z.B. Atomtheorie, Evolutionstheorie) irgendwann einmal nachdem NaturwissenschaftlerInnen sie entwickelt haben?

Bitte begründe deine Antwort!

15. Denkst du, dass Naturwissenschaft gesellschaftliche und kulturelle Werte widerspiegeln?

☐ **JA**

Ich glaube, dass Naturwissenschaft gesellschaftliche und kulturelle Werte widerspiegeln.

Erkläre bitte warum und wie! Begründe deine Antwort und illustriere diese mit Beispielen.

○ **NEIN Ich glaube, dass Naturwissenschaft allgemeingültig ist**

Erkläre bitte warum und wie! Begründe deine Antwort und illustriere diese mit Beispielen.

...und zum Schluss noch ein paar statistische Daten:

16. Angabe zur Person

☐ männlich

☐ weiblich

Ich bin Jahre alt.

17. Welche(s) naturwissenschaftliche(n) Fach/Fächer studierst du?

(Bitte ankreuzen; Mehrfachnennungen möglich)

☐ Biologie

☐ Physik

☐ Chemie

☐ andere:

18. Welche(s) weitere(n) Fach/Fächer studierst du?

(Bitte angeben)

19. Studierst du ein Lehramtsstudium oder ein fachwissenschaftliches Studium?

- ☐ Lehramt
☐ Fachwissenschaft

20. In welchem Semester studierst du in deinen Fächern?

(Bitte Fach eintragen und Semesterzahl auswählen)

	1.-2. Semester	3.-5. Semester	6.-9. Semester	>9. Semester
Fach:	☐	☐	☐	☐
Fach:	☐	☐	☐	☐
Fach:	☐	☐	☐	☐

21. Hast du den ersten Studienabschnitt / den Bachelor bereits abgeschlossen?

(Bitte ankreuzen)

- ☐ Ja, 1.Studienabschnitt abgeschlossen
☐ Nein, 1. Studienabschnitt noch nicht abgeschlossen
☐ Ja, Bachelor abgeschlossen
☐ Nein, Bachelor noch nicht abgeschlossen

22. OPTIONAL: E-Mail Adresse

Nach Auswertung der Fragebögen würden wir gerne mit einzelnen TeilnehmerInnen Interviews führen. Wenn du prinzipiell dafür bereit wärst, gib bitte in folgendem Feld deine e-Mail Adresse an.

Die Adressen werden ausschließlich für diesen Zweck verwendet und keinesfalls in irgendeiner Form weitergegeben!

Die Angabe einer e-Mail Adresse erfolgt nur auf freiwilliger Basis und ist nicht notwendig, um den Fragebogen abzuschließen!

gültige e-Mail Adresse

Zusammenfassung

Die grundlegende Bedeutung von Naturwissenschaft und Technologie in der heutigen Gesellschaft ist unbestritten. Viele Bereiche wären ohne die Erkenntnisse dieser Disziplinen undenkbar. Eine von Naturwissenschaften geprägte Gesellschaft erfordert jedoch naturwissenschaftlich gebildete Bürgerinnen und Bürger. Erst eine naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht ihnen als mündige Mitglieder verantwortungsvoll zu handeln und informierte Urteile zu fällen (Gräber & Nentwig, 2002; Lembens & Rehm, 2010). Eine naturwissenschaftliche Grundbildung reicht jedoch, basierend auf dem Konsens vieler Expertinnen und Experten über ein reines Fachwissen hinaus und impliziert weiters die Kenntnis allgemeiner Charakteristika und Grenzen der Naturwissenschaften (Abd-El-Khalick, 2004; Gräber & Nentwig, 2002; Fischer, 1998; Lembens & Rehm, 2010). Eine angemessene naturwissenschaftliche Grundbildung umfasst damit auch das Bewusstsein der Natur der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) und sollte infolgedessen auch im Rahmen einer schulischen Naturwissenschaftsbildung behandelt werden. Lernumgebungen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten, die ein explizites Lernen von Fachinhalten und *Nature of Science* Aspekten ermöglichen, ist jedoch eine anspruchsvolle Herausforderung für Lehrende. Aus der Literatur ist bekannt, dass sich die epistemologischen Vorstellungen von Lehrerinnen und Lehrer stark auf die Art und Weise auswirken, wie sie ihren Unterricht planen und gestalten (Akerson & Volrich, 2006; Hofer, 2001). Daher ist es wichtig, dass sich die Lehrenden ihrer eigenen Vorstellungen bewusst werden und diese im Rahmen ihrer universitären Ausbildung reflektieren und weiterentwickeln können. Es scheint daher von besonderem Interesse die *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer – sowohl Fachwissenschaft als auch Lehramt – zu erheben, um mögliche Schlussfolgerungen auf die derzeitige universitäre Naturwissenschaftsbildung ziehen zu können. Die vorliegende Diplomarbeit fokussiert dabei auf die *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden im Bezug auf naturwissenschaftliche Experimente. Zum einen werden dabei die Auffassungen der Studenten und Studentinnen bezüglich der Aspekte Ziele, Kontrolle und Manipulation von Experimenten und anfängliche Erwartungen an Experimente sowie Rolle der Kreativität in den experimentellen Phasen erhoben. Zum anderen werden Personengruppen gegenübergestellt, um den Einfluss diverser Merkmale wie Studienfächer, Fächerkombinationen, Studiendauer, Alter oder Geschlecht zu untersuchen.

Um die Vorstellungen der Naturwissenschaftsstudierenden an der Universität Wien von experimentbezogenen *Nature of Science* Aspekten zu erheben, wurde ein Onlinefragebogen eingesetzt, der basierend auf dem von Abd-El-Khalick (2004) VNOS-C

Fragebogen entwickelten, gestaltet wurde. Die erhaltenen Antworten wurden mittels strukturierter, qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2007) und mithilfe der Software MAXQDA analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer eine Vielzahl inadäquater *Nature of Science* Vorstellungen bezüglich Experimenten aufweisen. Die Gegenüberstellungen von Personengruppen unterschiedlicher Merkmale konnten zeigen, dass dieser hohe Anteil an Studierenden mit unangemessenen *Nature of Science* Auffassungen unabhängig vom Geschlecht, Alter oder von diversen Fächerkombinationen sind. Erkannt werden konnte jedoch ein ansteigender Trend des Anteils informierter Vorstellungen im Bezug auf die Studiendauer. Darüber hinaus wurde auch ein erhöhter Anteil von Chemiestudierenden mit inadäquaten *Nature of Science* Vorstellungen bezüglich Experimenten im Vergleich zu Studierenden der Fächer Biologie und Physik sichtbar. Die erhaltenen Ergebnisse bieten daher Anlass anzunehmen, dass die Studienpläne der naturwissenschaftlichen Fachgebiete einen wichtigen Einfluss auf die *Nature of Science* Vorstellungen der Studierenden ausüben und stellen daher die Grundlage für notwendige, weiterführende Untersuchungen dar.

Abstract

The importance of science and technology in today's society seems beyond controversy. However, a society which is extensively influenced by science and its accomplishments also requires members with a scientific education. This enables them to act responsibly and make informed judgments (Gräber & Nentwig, 2002; Lembens & Rehm, 2010). Many experts agree that scientific literacy is more than sheer factual knowledge. It also includes the awareness of general characteristics and limitations of science (Abd-El-Khalick, 2004; Gräber & Nentwig, 2002; Fischer, 1998; Lembens & Rehm, 2010). Hence, scientific literacy implies the issue of nature of science and should as well be discussed in school education. Creating an environment which fosters the learning of subject content as well as aspects of nature of science is, however, an ambitious challenge. Scientists argue that epistemological beliefs of teachers are reflected in the way they plan their lessons (Akerson & Volrich, 2006; Hofer, 2001). It is therefore of considerable importance that science teachers are aware of their individual conceptions of nature of science and get the opportunity to reflect and develop these during university education. The investigation of science students' views of nature of science allows to draw possible conclusions about the current university science education. In this context the diploma thesis focuses on students' ideas of nature of science with respect to scientific experiments. On the one hand, it investigates students' views on specific aspects as experimental aims and the role of control and manipulation, prior expectations and creativity in experiments. On the other hand, the influence of different variables, like subject combinations, duration of study, age or gender is evaluated.

In order to survey the experimental aspects of nature of science views of science students at the University of Vienna an online questionnaire has been used, which was based on the VNOS-C (*Views of Nature of Science Questionnaire – Form C*) questionnaire developed by Abd-El-Khalick (2004). The structured, qualitative content analysis proposed by Mayring (2007) and the software MAXQDA have been used to analyze the obtained results. The analysis shows that a considerable amount of students have inadequate beliefs about experimental aspects of nature of science. The comparison of the results with respect to different variables indicates that the high ratio of students with naïve views is independent of age, gender and various subject combinations. It shows, however, that the ratio of students with informed conceptions of nature of science increases with the duration of study. Moreover, the analysis indicates that a higher percentage of chemistry students hold naïve views about experimental aspects of nature of science compared to biology or physics students. The obtained results give rise to the assumption that the curricula of scientific subjects have a considerable influence on the students' views of

nature of science and represent the basis for further investigations.

Christoph Weberndorfer

Lebenslauf

		Ausbildung
		Schule
1998 – 2006		LISA – Linz International School Auhof ◦ Unterrichtssprache Englisch ◦ Abschluss im Juni 2006 mit Matura und International Baccalaureate
		Studium
2007 – 2013		Lehramtsstudium Mathematik und Chemie an der Universität Wien
		Berufserfahrung
2006 – 2013		Nachhilfeunterricht in den Fächern Mathematik und Chemie
2008 – 2013		Betreuer bei <i>Kinderfreunde Oberösterreich</i> ◦ Ferien- sowie Lerncamps (Mathematik) ◦ Ferienlager im Auftrag der Jugendwohlfahrt Oberösterreich
2012 – 2013		Teamleiter bei Ferienlager der <i>Kinderfreunde Oberösterreich</i>
		Sprachen
Deutsch		Muttersprache
Englisch		Fließend
Französisch		Grundkenntnisse
Italienisch		Grundkenntnisse



EDV-Kenntnisse
Führerschein

Weitere Qualifikationen

Office, L^AT_EX
Klasse A, B